

DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE LOS TRASTORNOS DE LA VOZ



RAFAEL GARCIA-TAPIA URRUTIA
IGNACIO COBETA MARCO

**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE OTORRINOLARINGOLOGÍA
Y PATOLOGÍA CERVICO-FACIAL**



**PONENCIA OFICIAL
DEL
XVI CONGRESO NACIONAL**

**DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO
DE LOS TRASTORNOS
DE LA VOZ**

© Editorial Garsi, S. A., Sociedad Española de Otorrinolaringología
y Patología Cérvico-Facial, R. García-Tapia Urrutia e I. Cobeta Marco
Primera edición: Octubre de 1996.
Prohibida la reproducción total o parcial sin el permiso de los autores
Edición: Editorial Garsi, S. A. Juan Bravo, 46. 28006 Madrid
ISBN: 84-7391-222-5
Depósito Legal: M-33222-1996
Imprenta: ADS Printing. Madrid

Ref 114

DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE LOS TRASTORNOS DE LA VOZ

Prof. RAFAEL GARCÍA-TAPIA URRUTIA

Profesor Agregado. Director del Departamento de Otorrinolaringología.
Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona.

Prof. IGNACIO COBETA MARCO

Profesor Titular. Jefe del Servicio de Otorrinolaringología.
Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid.

Junta Directiva de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial

Presidentes de Honor	<i>Prof. Andrés Sánchez Rodríguez</i> <i>Prof. Enrique Ager Muguerza</i> <i>Prof. Felipe Rodríguez Adrados</i> <i>Prof. Manuel Maños Gonzalbo</i> <i>Prof. Casimiro del Cañizo Suárez</i> <i>Prof. Jaime Marco Clemente</i> <i>Prof. Francisco Antolí-Candela Cebrián</i> <i>Prof. Luis García-Ibáñez</i>
Presidente	<i>Dr. Teodoro Sacristán Alonso</i>
Vicepresidente General	<i>Dr. José Traserra Parareda</i>
Vicepresidente de Relaciones Culturales con el Exterior	<i>Dr. Carlos Suárez Nieto</i>
Vicepresidente de la Comisión Científica	<i>Dr. Joaquín Poch Broto</i>
Vicepresidente de la Comisión Profesional	<i>Dr. César Gavilán Alonso</i>
Secretario General	<i>Dr. Primitivo Ortega del Alamo</i>
Secretario de Actas	<i>Dr. Pedro López Villarejo</i>
Secretario de Registro y Bibliografías y Bibliotecario	<i>Dr. Julio Rama Quintela</i>
Secretario de Protocolo o de Relaciones Públicas	<i>Dr. Carlos Sprekelsen Gassó</i>
Tesorero	<i>Dr. Luis M. Gil-Carcedo García</i>
Contador	<i>Dr. Jaime Marco Algarra</i>

VOCALES NATOS

Presidente de la Sociedad Catalana de Otorrinolaringología	<i>Dr. José María Fabra Llopis</i>
Presidente de la Sociedad Andaluza de Otorrinolaringología	<i>Dr. Fernando Navarro Ortiz</i>
Presidente de la Sociedad Canaria de Otorrinolaringología	
Presidente de la Sociedad Gallega de Otorrinolaringología	<i>Dr. Torcuato Labella Caballero</i>
Presidente de la Sociedad Extremeña de Otorrinolaringología	<i>Dr. Benjamín García García</i>
Presidente de la Sociedad Navarra de Otorrinolaringología	<i>Dr. J. Ramón Mozota Ortiz</i>
Presidente de la Sociedad Valenciana de Otorrinolaringología	<i>Dr. Ramón López Martínez</i>
Presidente de la Sociedad Vasca de Otorrinolaringología	<i>Dr. Enrique Rodríguez Gómez</i>
Presidente de la Sociedad Sureste de España de Otorrinolaringología	<i>Dr. Juan Calero del Castillo</i>
Presidente de la Sociedad Aragonesa de Otorrinolaringología	<i>Dr. Alfonso Mateo Blanco</i>
Presidente de la Sociedad de Castilla-La Mancha de Otorrinolaringología	<i>Dr. Carlos García Linares</i>
Presidente de la Sociedad Castellano-Leonesa de Otorrinolaringología	<i>Dr. Luis M.ª Gil-Carcedo García</i>
Vocal 1.º	<i>Dr. Jorge Basterra Alegría</i>
Vocal 2.º	<i>Dr. Manuel Maños Pujol</i>
Vocal 3.º	<i>Dr. Manuel Dicenta Sousa</i>
Vocal 4.º	<i>Dr. Jesús Algaba Guimerá</i>
Vocal 5.º	<i>Dr. Juan Jesús Herranz González-Botas</i>
Vocal 6.º	<i>Dr. Juan Bartual Pastor</i>

COMISION DE RELACIONES CULTURALES CON EL EXTERIOR

Secretario	<i>Dr. Humbert Massegur Solench</i>
Vocal 1.º	<i>Dr. Manuel Bernal Sprekelsen</i>
Vocal 2.º	<i>Dr. José Luis Llorente Pendas</i>

COMISION PROFESIONAL

Secretario	<i>Dr. Carlos Kaiser Ramos</i>
Vocal 1.º	<i>Dr. Javier Gavilán Bouzas</i>
Vocal 2.º	<i>Dr. José Martínez Vidal</i>

COMISION CIENTIFICA

Secretario	<i>Dr. Fausto Bronchalo Butragueño</i>
Vocal 1.º	<i>Dr. Pedro Clarós Blanch</i>
Vocal 2.º	<i>Dr. Misol Pérez Carretero</i>

AUTORES

Prof. MARA BEHLAU, Ph. D.

Profesora Adjunta del Departamento de Otorrinolaringología y Alteraciones de la Comunicación Humana. Escuela Paulista de Medicina. Universidad Federal de São Paulo. Coordinadora del Curso de Especialización de la Voz y Directora del Centro de Estudios de la Voz. São Paulo (Brasil)

Prof. ALFREDO BONAVIDA ESTUPIÑÁ

Doctor en Ciencias Físicas. Profesor Agregado Emérito de la Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones de Barcelona. Director del Laboratorio Electroacústico del Instituto Auditivo Español Salesa

Dr. FRANCISCO JAVIER CERVERA PAZ

Médico Residente de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Prof. IGNACIO COBETA MARCO

Profesor Titular. Jefe de Servicio de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

ROXANA COLL

Fonoaudióloga. Universidad de Buenos Aires. Centro RV Alfa. Madrid

Dra. ROSA ECHARRI SAN MARTÍN

Médico Residente de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dr. JUAN MANUEL ESPINOSA SÁNCHEZ

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Residencia en Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dr. SECUNDINO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Profesor Adjunto. Médico Especialista de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dr. JAVIER GAMBOA MUTUBERRÍA

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Prof. RAFAEL GARCÍA-TAPIA URRUTIA

Profesor Agregado. Director del Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dra. JOSANA GUERRERO RÍOS

Médico Especialista en Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. ALICIA HUARTE IRUJO

Médico Foniatra. Departamento de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

CRISTINA A. JACKSON-MENALDI, Ph. D.

Profesora Adjunta. Wayne State University. Facultad de Medicina. Departamento de Otorrinolaringología. Directora del Centro de Voz Profesional Lakeshore. Centro de Otorrinolaringología de P. C. St. Clair Shores, Michigan (Estados Unidos)

Dr. FRANCISCO LORENZO MOLINA

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Residencia en Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. CARMEN MARTÍN ROIGE

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. ANGELES MATE BAYÓN

Médico Residente de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dr. ANDRÉS MICÓ MARTÍN

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. ISABEL MIRANDA GARCÍA

Médico Residente de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dr. JOSÉ MONTOJO WOODSON

Médico Residente de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dr. ALBERTO NIETO ALTUZARRA

Profesor Asociado. Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. BLANCA ORTIZ AGUADO

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dr. ANTONIO DEL PALACIO MUÑOZ

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Residencia en Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dra. MARÍA ASUNCIÓN PASTOR MUÑOZ

Profesora Adjunta. Médico Especialista de Neurología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dra. M.ª LOURDES PÉREZ-ESTEBAN RODRÍGUEZ

Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Dr. JUAN LUIS QUESADA MARTÍNEZ

Médico Residente de Otorrinolaringología. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dra. TERESA RIVERA RODRÍGUEZ

Profesora Asociada. Médico Especialista de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid

Prof. Dr. HARM K. SCHUTTE

Profesor de Fisiología. Otorrinolaringólogo-Foniatra. Director del Laboratorio de Investigación de la Voz. Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina de la Universidad de Gröningen (Holanda)

Dr. FRANCISCO VEGA VÁZQUEZ

Médico Residente de Anatomía Patológica. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. Pamplona

Dr. ALBERTO VEGAS MIGUEL

Médico Residente de Otorrinolaringología. Hospital Universitario Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá. Madrid



INDICE

Páginas

INTRODUCCION

<i>Prólogo</i>	1
<i>Antecedentes históricos.</i> R. García-Tapia Urrutia	3

CIENCIAS BASICAS Y VOZ

<i>Anatomía del sistema fonatorio.</i> R. García-Tapia Urrutia y S. Fernández González	17
<i>Estructura histológica de la cuerda vocal.</i> F. J. Cervera Paz, F. Vega Vázquez y R. García-Tapia	48
<i>Fisiología de la fonación.</i> R. García-Tapia Urrutia y S. Fernández González	54
<i>Notas básicas de acústica vocal.</i> A. Bonavida Estupiña	75

EXPLORACION DE LA VOZ

<i>Valoración subjetiva de la voz e historia clínica.</i> I. Cobeta Marco, T. Rivera Rodríguez y B. Ortiz Aguado	89
<i>Tiempo de fonación. Índice S/Z. Volúmenes. Escalas.</i> I. Cobeta Marco y A. Mate Bayón ...	98
<i>Fonetograma.</i> J. Gamboa Mutuberria, C. Martín Roige y A. del Palacio Muñoz	102
<i>Fibroscoopia y telefaringoscopia.</i> R. García-Tapia Urrutia	107
<i>Estroboscopia.</i> R. García-Tapia Urrutia	111
<i>Fotografía laríngea y videoimpresoras.</i> J. M. Espinosa Sánchez	125
<i>Estudio aerodinámico de función vocal y laríngea.</i> H. K. Schutte	132
<i>Estudio comparativo de los distintos sistemas de análisis de la voz.</i> A. Nieto Altuzarra	139
<i>Técnicas básicas de espectrografía.</i> S. Fernández González	148
<i>Aplicaciones clínicas de la espectrografía.</i> A. Nieto Altuzarra	154
<i>Electroglotografía.</i> A. Nieto Altuzarra y R. Echarri San Martín	163
<i>Filtrado inverso.</i> A. Nieto Altuzarra	170
<i>Electromiografía laríngea.</i> S. Fernández González, M. ^a A. Pastor Muñoz y R. García-Tapia Urrutia	177
<i>Unidad básica de valoración acústica.</i> S. Fernández González	186
<i>Radiología laríngea.</i> J. M. Espinosa Sánchez	192

PATOLOGIA DE LA VOZ

<i>Aspectos generales de la voz.</i> C. A. Jackson-Menaldi	205
<i>Clasificación de las disfonías.</i> R. García-Tapia e I. Cobeta Marco	217
<i>Lesiones glóticas congénitas.</i> I. Cobeta Marco, M. ^a L. Pérez Esteban y J. Montojo Woodeson	219
<i>Lesiones benignas de las cuerdas vocales.</i> F. J. Cervera Paz, F. Vega Vázquez y R. García-Tapia Urrutia	223

<i>Laringitis crónicas.</i> I. Miranda García y R. García-Tapia Urrutia	241
<i>Alteraciones de la voz causadas por enfermedades neurológicas.</i> J. Gamboa Mutuberría y A. Vegas Miguel	247
<i>Parálisis laríngeas periféricas.</i> R. García-Tapia Urrutia	262
<i>Disfonía infantil.</i> A. Huarte Irujo	273
<i>Secuelas de los traumatismos internos de la laringe.</i> R. García-Tapia Urrutia	285

TRATAMIENTO DE LA PATOLOGÍA DE LA VOZ

<i>FonOMICROCIRUGÍA.</i> I. Cobeta Marco, A. Mico Martín y A. Vegas Miguel	299
<i>Tiroplastia.</i> I. Cobeta Marco y J. Guerrero Ríos	313
<i>El láser en la fonocirugía.</i> R. García-Tapia Urrutia	323
<i>Técnicas de inyección de la cuerda vocal.</i> J. L. Quesada Martínez y R. García-Tapia Urrutia ...	332
<i>Rehabilitación vocal.</i> M. Behlau	339

VOZ PROFESIONAL

<i>Voz cantada.</i> I. Cobeta Marco	357
<i>Voz hablada.</i> R. Coll e I. Cobeta Marco	366

PROLOGO

Hace tres años, en el Congreso de la Sociedad Española de Otorrinolaringología celebrado en Cádiz con tanto éxito, se aprobó la redacción de dos ponencias destinadas a realizar una actualización del conocimiento relacionado con la patología laríngea. De ellas, la referente a las lesiones benignas y trastornos funcionales nos fue atribuida. Desde hacía algún tiempo el conocimiento de los trastornos de la voz estaba aumentando de prisa al hilo de los progresos técnicos y de un renovado y creciente interés general, lo que nos hizo insistir una vez más sobre la conveniencia de abordar este capítulo, a nuestro juicio de tan gran importancia. De aquella encomienda ha resultado este libro sobre «Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz».

La inquietud por alcanzar en el estudio de la función laríngea cotas similares a las conseguidas por la audiolología comenzó a satisfacerse en la década de los ochenta. La aplicación de los progresos tecnológicos hace posible la cuantificación de parámetros que definen la normalidad de la función y el grado de desviación con respecto a aquélla. Ya es posible utilizar las características acústicas que acompañan a una disfonía para definirla en lugar de calificarla de «ronquera» más o menos acusada. Los resultados terapéuticos se evidencian de forma precisa y los estudios comparativos adquieren valor objetivo.

La laringología experimenta un cambio radical; casi siglo y medio separan la aplicación inicial del espejillo laríngeo de la fibrovideoscopia, cuya utilización ha dado lugar a un incremento y difusión del conocimiento espectacular, propio del final del siglo en que vivimos. La enseñanza ha pasado de basarse en una visión fugaz, por encima del hombro del explorador experto, a hacerlo sobre imágenes grabadas con sonido incorporado en tiempo real cuya visualización repetida facilita la comprensión y discusión. La estroboscopia, durante tantos años limitada en su uso a muy pocos centros y aplicada casi exclusivamente con fines de investigación, adquiere todo su significado diagnóstico al combinar la imagen con el sonido en condiciones óptimas y ser posible la visión repetida y la medida de parámetros.

También en el terreno de la exploración funcional de la voz los progresos han sido enormes, pues lo que antes se medía por medio de instrumentos independientes que analizaban lentamente señales repetidas ahora se hace mediante ordenadores personales con programas múltiples de fácil manejo e interpretación. Estas facilidades están dando lugar a la creación de laboratorios de voz, en donde, con una finalidad clínica y/o de investigación, se aúnan esfuerzos de personas al servicio de un mejor conocimiento y tratamiento de las alteraciones de la voz. La integración de los equipos humanos es imprescindible en el buen funcionamiento de los laboratorios o unidades de voz.

Paralelamente a estos avances, condicionados por los de la tecnología, se producen cambios sociales y culturales que hacen cada vez más necesarios los cuidados de la voz, no sólo al nivel profesional clásico —cantantes, actores y locutores—, sino al de las personas para quienes la voz adquiere valor desde la consideración de su profesión e imagen personal.

Vivimos el mundo de la comunicación de forma intensa y en él se debe integrar plenamente el otorrinolaringólogo dada su dedicación profesional a la emisión y recepción de la voz humana. La voz aporta al lenguaje aspectos que van más allá de la comunicación cognoscitiva. La voz traduce nuestro sentir, nuestras emociones, más por el timbre y el acento que por el contenido de las palabras. Entre el grito con que nos abrimos al mundo y el canto se extiende un intervalo que por medio de la voz abarca la expresión de la emoción pura y espontánea y la idea más elaborada.

Voz, lenguaje hablado y comunicación tienen una íntima relación a la que los otorrinolaringólogos no debemos ni podemos estar ajenos. Esta ponencia tiene la voluntad de afir-

mar un camino que hemos de recorrer tratando de aunar esfuerzos con otros profesionales interesados también en la comunicación humana.

Además del encargo en la presente ponencia, la Junta Directiva de la Sociedad Española de Otorrinolaringología tiene el empeño de clarificar y modernizar los contenidos de distintos campos de la especialidad mediante la creación de diversas comisiones, entre ellas las de Foniatría. Aunque existen otros foros en los que explicaremos los puntos de vista de la Comisión, queremos decir aquí que la ponencia está en la línea de ofrecer un oportuno material de trabajo a todos los miembros de la Sociedad y a cuantos médicos y logopedas estén interesados también en el campo de la foniatría.

Los departamentos de otorrinolaringología de la Clínica Universitaria de Navarra, desde hace mucho tiempo, y del Hospital Universitario de Alcalá de Henares contamos con sendos laboratorios de voz y con personas interesadas que llevamos adelante el diagnóstico y el tratamiento de la patología de la voz junto con proyectos de investigación en este terreno. Esta ponencia es el fruto de nuestro trabajo y nuestra ilusión, contando además con otros profesionales cuya colaboración nos ha parecido muy necesaria. Hemos creído conveniente estructurarla en forma que abarque los aspectos que apreciamos más interesantes, no sólo buscando una exclusiva actualización, sino incluyendo en ella conocimientos fundamentales sobre la ciencia foniátrica.

En el primer capítulo se expone un resumen de los antecedentes históricos que da idea de la evolución del saber de la función laríngea y de los métodos de valoración visual, incluyendo aspectos fundamentales referentes a la fisiología laríngea.

Las ciencias básicas: anatomía, fisiología y acústica, se han tratado bajo el concepto de que su conocimiento es ineludible a la hora de diagnosticar y tratar los trastornos vocales, pretendiendo con ello fijar la idea de la absoluta necesidad de la terapéutica funcional.

El capítulo de la exploración de la voz quizá sea al que más importancia hemos dado, pues en él se concretan de forma muy definida los avances tecnológicos que establecen la diferencia con el pasado y abren campos de investigación muy interesantes en laringología.

En el apartado de la patología de la voz se ha buscado la máxima actualización y, aunque conciso, creemos que abarca la más frecuente.

El tratamiento quirúrgico y logopédico se hermanan en esta obra, queriendo significar con ello que tanto monta uno como otro en lo que se refiere a importancia a la hora de tratar los trastornos de la voz y procurar su preservación.

Nuestro agradecimiento más sincero a la Sociedad Española de Otorrinolaringología por la confianza que significó su encargo.

Nos consta que el esfuerzo realizado por todos los que han tomado parte en la redacción de esta ponencia ha sido muy grande. Para ellos también nuestro máximo agradecimiento, que extendemos de forma particular a quienes no figurando con su nombre están detrás de cada párrafo, de cada corrección y que han transcrito los manuscritos con el máximo cuidado.

Alcalá de Henares y Pamplona. Septiembre de 1996

Antecedentes históricos

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

Se tratan en esta ponencia distintas áreas de la laringología, por lo que referirse a la mayoría de ellas nos obliga a una concreción, por nuestra parte no deseada pero inevitable. Ello nos lleva a iniciar este capítulo a partir de una época en la que la inquietud por conocer los mecanismos que participan en la producción de la voz es manifiesta, la cual comienza con los trabajos de PERRAUT (1613-1688), quien en su «Tratado del ruido» publicado en 1680, ya al final de su vida, presenta ideas sobre la producción del sonido y de la voz muy ajustadas a la realidad.

Dice de él FOURNIER (1866) que su memoria se hizo popular por medio de una sátira: *«Laissant de Galien le science suspectée, de mauvais medecin devint bon architect»*. Sátira ésta cierta en el sentido de que como arquitecto diseñó una de las fachadas del Louvre, e injusta porque las observaciones que hizo acerca de la generación de la voz fueron bastantes acertadas. Define el ruido como el efecto del movimiento oscilatorio de las moléculas de aire generado por la oscilación de las partículas que componen el cuerpo sonoro, y precisa que desde su lugar de origen el movimiento de las partículas de aire se produce con una velocidad proporcional a la elasticidad del cuerpo vibrante, velocidad que considera como de máxima importancia en relación a la generación del sonido. Basándose en estos principios divide a los sistemas sonoros en dos categorías: instrumentos de percusión e instrumentos por verberación. Entre éstos sitúa al órgano productor de la voz, a la que considera como un ruido de verberación producido por la salida violenta del aire pulmonar que en su paso hacia el exterior frota las dos membranas de las cuales se compone la glotis. En relación a los distintos tonos de la voz humana explica su producción mediante las variaciones de longitud y de tensión de las cuerdas.

Plantea PERRAUT con sus estudios una discusión que continuará hasta muy avanzado el siglo XIX, cuya base es tratar de explicar el funcionamiento laríngeo mediante comparación con instrumentos sonoros cuyos principios físicos y mecanismos eran conocidos.

Continúa en esta línea DODART (1634-1707), alumno de PERRAUT, miembro de la Academia Real de Ciencias, médico de la duquesa de Longueville y del

rey Luis XIV, quien en 1700 presenta a la Academia Real de Ciencias una memoria y suplementos posteriores sobre la producción de la voz por el hombre y sus diferentes tonos. Al igual que PERRAUT, sus ideas fueron expuestas siete años antes de su muerte, siendo fruto de una larga experiencia.

En relación a la producción sonora concluye que la materia de la voz es el aire contenido en los pulmones, empujado de abajo hacia arriba por la acción muscular torácica. La resonancia la considera como una continuación del sonido producido por la laringe, cuerpo sonante, y establece que tanto los cuerpos sonantes como resonantes suenan y resueñan según sus dimensiones, dependiendo de ello las características del tono.

En colaboración con MERY, su secretario, estudian la anatomía de la laringe definiendo en el plano glótico la existencia de un espesamiento tendinoso de dirección paralela al músculo tiroaritenoides que considera se trata de un ligamento que califica de estructura extraordinaria e indispensable en relación a la tensión para la apertura y cierre de la glotis, que debe ser realizada de forma más delicada que aquella de la que son capaces los movimientos groseros producidos por el músculo.

Para DODART la voz se produce exclusivamente en la glotis; la «áspera arteria» sólo aporta la materia de la voz y no resuena más que en la voz inspiratoria. La concavidad de la boca no toma parte en la producción de la voz, pero por las diferentes consistencias de sus partes contribuye al aliño de las resonancias bajas, dando a la voz el carácter que posee agradable al oído del hombre.

En relación a cómo se produce el tono manifiesta que la glotis es capaz de producir la modificación de la longitud de la cuerda y la aproximación entre ellas, reconociendo como fundamental el hecho de que las cuerdas se elongan a medida que aumenta la frecuencia, y que cuanto más se elongan más se aproximan sus bordes. Esta última propiedad le permite realizar la identificación con los instrumentos de lengüeta.

En 1741, ANTONIO FERREIN (1693-1769), considerado como el iniciador de la fisiología experimental de la laringe, cirujano y profesor de anatomía en Marsella y París, distinguido como profesor del Co-

legio de Francia y miembro de la Academia Real de Ciencias, presentó ante esta Academia los resultados de las experiencias realizadas sobre laringes aisladas humanas y de animales.

En su comunicación describe la forma en que, aproximando entre sí los labios que forman la glotis y soplando fuertemente a través de la tráquea, la laringe produjo un sonido, una voz real, más placentera a su oído que el mejor de los conciertos. El sonido desaparecía al tocar las estructuras vibrantes. Cuando comprimía parcialmente el segmento anterior o posterior de la glotis, acortando así la longitud del repliegue vocal, la frecuencia de vibración descendía, produciendo un tono más agudo, como ocurre cuando se acorta una cuerda en un instrumento musical. Sus experiencias le llevan a apreciar una gran analogía entre el órgano vocal y los instrumentos de cuerda, en lo que difiere de DODART, lo que le lleva a decir: «Esas bandas que denominaré, por tanto, cuerdas vocales pueden ser comparadas a las cuerdas dobles del clavicordio», denominación que ha permanecido vigente hasta nuestros días y muy difícil de desterrar del léxico laringológico.

Coincide con DODART en que el ascenso del tono se consigue parcialmente por el aumento de tensión y elongación de las cuerdas vocales y que la aproximación entre los cartílagos tiroideos y cricoides influye de forma notable en la producción de ambos efectos: elongación y ascensión del tono.

Al comienzo del siglo XIX DUTROCHET (1806) y MAGENDIE (1816) señalan la importancia del músculo tiroaritenóideo en la modificación del tono y comparan la laringe con las boquillas vibrantes de los instrumentos de viento. MAGENDIE experimenta sobre los cambios que produce la sección de los nervios laríngeos, concluyendo que del nervio laríngeo superior depende el cierre de la glotis y del inferior la apertura.

Posteriormente, FELIX SAVART publica en los *Anales de Física y Química Franceses* en 1825, bajo el título «Memorias sobre la voz humana», sus experiencias sobre los sonidos producidos por tubos de paredes membranosas y húmedas. Compara la laringe con el reclamo de los pajareros: pequeño tubo de sección cuadrangular de 20 mm. de anchura por 10 mm. de altura y perforado por dos orificios de 3 mm. de diámetro, enfrentados entre sí, que colocado entre dientes y labios genera con la aspiración del aire sonidos similares a los que produce la laringe humana.

Estas experiencias llevaron a SAVART a concluir que los repliegues vocales regulan el flujo aéreo y que éste penetra en los ventrículos en su ascenso hacia fuera, reflejándose en el borde libre de la banda ventricular, que, aunque redondeada, cumple la misma función que el bisel de los tubos del órgano.

Con pocos años de diferencia, ROBERT WILLIS (1800-1875), profesor de mecánica aplicada en Cambridge, estudia la articulación cricoaritenóidea describiendo su configuración y los movimientos que permite, que interpreta como de rotación.

Los años siguientes son ricos en comunicaciones referentes a la voz humana. En Francia nuevamente, MALGAIGNE, en los *Archivos Generales de Medicina*, publica en 1831 sus conceptos sobre la producción vocal. Destacan en ellos las valoraciones que hace sobre la anatomía funcional de la laringe, de las cuales la de mayor valor es la de considerar al músculo de la cuerda vocal como el más importante en lo que se refiere a la producción de la voz, pues es el único que responde a la voluntad, siendo los otros exclusivamente respiratorios. Coincide con la idea de que la laringe responde a los principios mecánicos de los instrumentos de lengüeta.

En 1837 se produce uno de los momentos cumbres de la experimentación sobre la fisiología de la generación de la voz humana. JOHAN MÜLLER (1801-1858), profesor de fisiología en Berlín, presenta el resultado de sus estudios experimentales. Inicialmente trabajó sobre lengüetas membranosas elásticas, pasando posteriormente a realizar experimentos con laringes obtenidas de cadáver. Con éstas dispuestas sobre un soporte especial que denominó *Compresorium* (fig. 1) pudo realizar medidas precisas de los cambios de posición, grado de tensión y vibración de las cuerdas vocales, así como experimentar sobre el significado de las variaciones de presión del aire que utiliza como efector de la vibración laríngea.

Sus experimentos aportan datos concretos que se pueden resumir en los puntos siguientes:

- Las cuerdas vocales aducidas vibran al paso del aire, produciendo el sonido denominado voz.

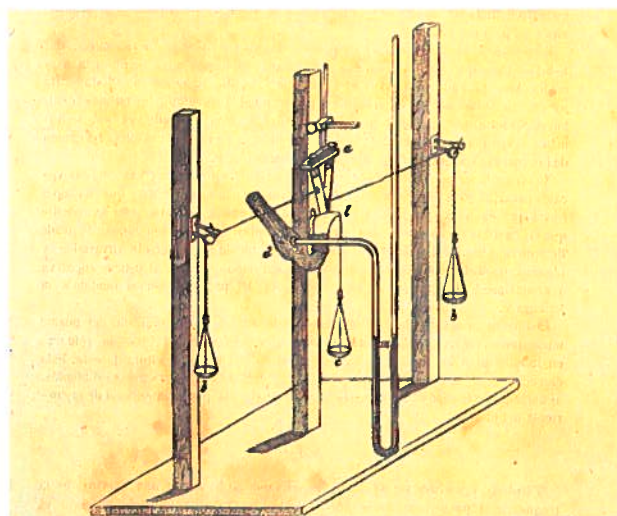


FIG. 1—Soporte de Müller para experimentación laríngea.

- La ausencia en la preparación anatómica de epiglotis y bandas ventriculares reduce el volumen del sonido emitido.
- El tono asciende cuando aumenta la tensión de las cuerdas vocales.
- Cuando la tensión de las cuerdas vocales es mantenida, un aumento de la presión del aire significa un ascenso del tono equivalente a una quinta.
- Valora las diferencias existentes entre el registro de pecho y el de falsete.

El dispositivo que utilizó MÜLLER para sus experiencias y que se representa en la figura 1 merece ser descrito por lo ingenioso.

En el pilar central se fija la laringe por medio del cartílago cricoides. El platillo c, que cuelga del borde inferior del cartílago tiroides, simula el músculo cricotiroides; regulando su fuerza cargándolo con pesos diferentes produce un movimiento de báscula hacia abajo y adelante, elongando las cuerdas vocales. Sobre la laringe, el mecanismo a, fijo igualmente sobre el soporte central, está formado por dos láminas móviles que entran en la laringe, desprovista de epiglotis y bandas ventriculares, las cuales conectadas con dos platillos (b, b), que mediante una troquea descomponen la fuerza para hacerla vertical, actúan como si fuesen los músculos cricoaritenoides laterales, aproximando los bordes de las cuerdas vocales. El aire llega a la laringe por el tubo d, que sustituye la tráquea, el cual conecta con un manómetro de mercurio para la medición de la presión subglótica.

Los estudios de MÜLLER no se limitaron al estudio del comportamiento del área glótica, sino que los amplió con las experiencias relacionadas con el efecto de las cavidades de resonancia sobre el timbre y el refuerzo de la voz. En la figura 2 se representa el verdadero Compresorium, que consta de un sistema (a) destinado a la compresión de las alas tiroideas cuya misión es reducir el área glótica en combinación con la fuerza que sustituye a la acción del músculo cricotiroides. En este caso lo que se fija no es una laringe, sino una pieza disecada obtenida de forma cuidadosa para preservar todo el tracto bucofaríngeo.

Las investigaciones de MÜLLER dieron lugar a la emisión de la teoría mioelástica de la fonación, la cual con modificaciones menores relacionadas con la aerodinámica mantienen toda su vigencia en el momento actual.

Los estudios de MÜLLER fueron continuados por HARLESS (1852), quien concibió un dispositivo bastante más complicado que el de MÜLLER (fig. 3), destinado a comprobar las teorías de aquél.

A pesar de la rigurosamente estudiada y convincente teoría de MÜLLER, ésta no fue totalmente ad-

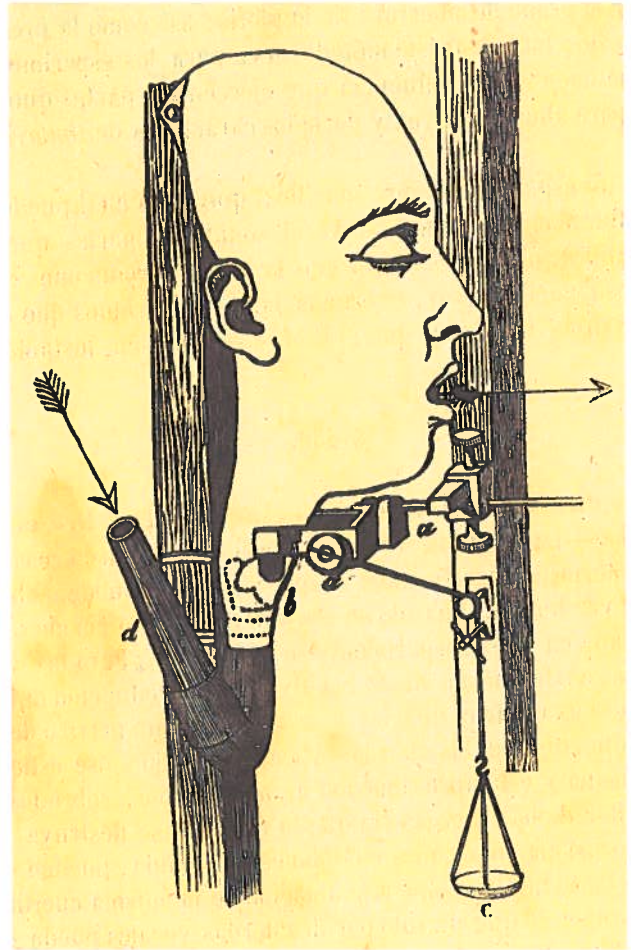


FIG. 2.—Soporte de Müller con la pieza anatómica en posición.

mitida por sus coetáneos. A lo largo de todo lo que resta del siglo XIX persiste la idea de comparar a la laringe con un instrumento de viento de diversos

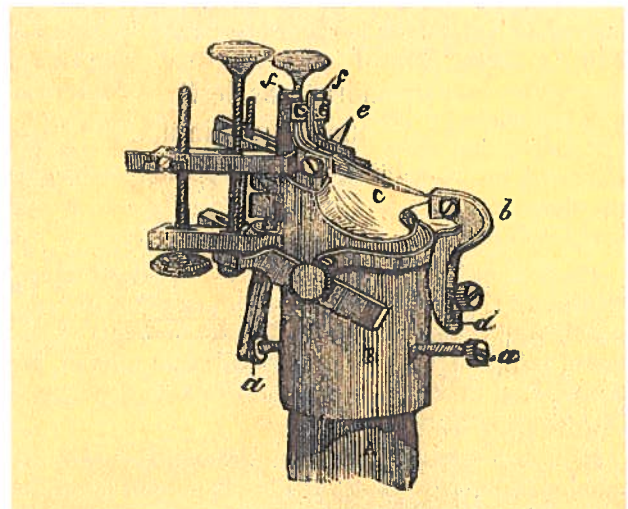


FIG. 3.—Soporte de Harless para experimentación laríngea

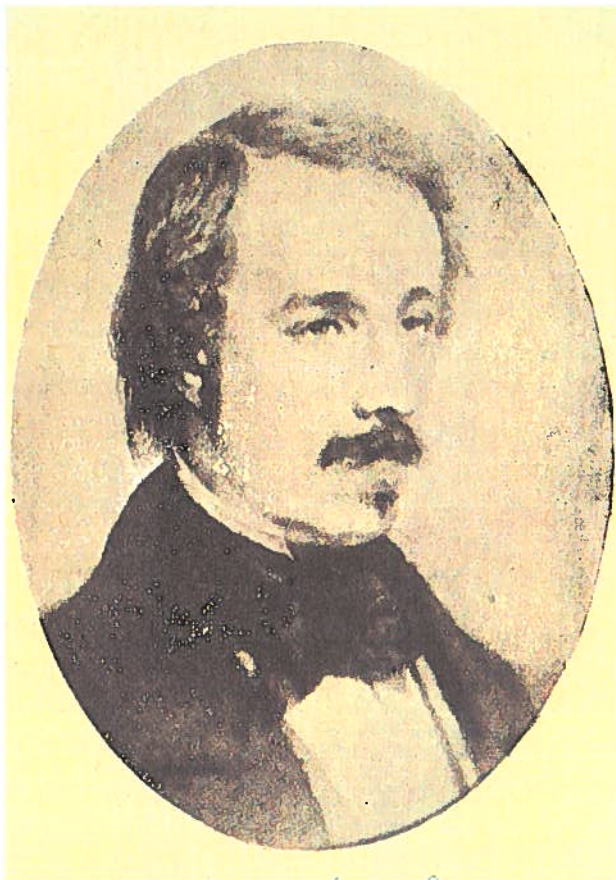


FIG. 4.—Manuel García, 1855.

tipos, lo que genera una viva discusión durante varios años, que GUILLEMIN en la segunda edición de su tratado «Generación de la voz y del timbre» (1901), mantiene abierta y en un tono ciertamente agrio. Reconoce este autor la confusión existente al respecto, que la define «como una ceguera incurable presente desde el día en que FERREIN tuvo la suerte de ¡ver vibrar las cuerdas vocales en una laringe muerta! ¡Vibran, luego suenan! ¡Vibran en el muerto, luego suenan en el vivo!». Considera a MÜLLER como un profeta, oráculo de las teorías de entonces, que será creído durante largo tiempo hasta en su afirmación que confirma las cuerdas vocales como capaces por sí solas de producir los sonidos de la voz humana.

Pocos años después de la enunciación de la teoría mioelástica se produce otro acontecimiento de importancia máxima que merece ser considerado como el punto de partida de nuestra especialidad. Se trata de la invención por MANUEL GARCÍA del espejillo laríngeo (fig. 4).

Rebasa las posibilidades de este capítulo profundizar en su obra y en su vida, pues mucho se ha escrito sobre él. En el libro «Manuel García, su influencia en la laringología y en el arte del canto»,

Señor Doctor A. G. Tapia

Con sumo placer recibí a Ud. la
autorización de copiar = la memoria
«sur la voix humaine» ^(originales) que fui
a l'Académie des Sciences de Paris,
l'année 1840.

Londres 1905, le 6 octobre.

Manuel García

FIG. 5.—Autógrafo de Manuel García en carta dirigida al profesor A. García Tapia.

publicada por el profesor ANTONIO GARCÍA TAPIA en 1905, se reflejan tanto sus valores humanos como científicos, apareciendo en él la traducción al español de sus memorias sobre la voz humana, muy difícil de conseguir actualmente (fig. 5).

Su mérito no radica solamente sobre el hecho de aplicar la laringoscopia refleja.

Ya en 1840 leyó ante la Academia de Ciencias del Instituto de Francia el resumen de sus investigaciones previas bajo el título de «Memoria sobre la voz humana». Los doctores MAGENDIE, SAVART y DODART fueron comisionados por la Academia para informar sobre el valor de la exposición, lo cual hicieron a total satisfacción de MANUEL GARCÍA. En 1847 publicó en París el «Tratado completo del arte del canto». Fue en esta época cuando concibió la idea de ver la laringe en el vivo y en el acto de emitir un sonido para comprobar su funcionamiento y los hipotéticos hechos sugeridos por la experimentación en piezas aisladas. Con su comunicación en la Real Academia de Londres sobre «Observaciones fisiológicas sobre la voz humana», hecha el día 13 de marzo de 1855, abre el camino a la ciencia laringológica.

El descubrimiento de MANUEL GARCÍA pasó inicialmente ignorado hasta que TÜRCK, director del Hospital General de Viena en 1857, ensaya su uso como método de exploración, comunicando los resultados de su experiencia a la Sociedad Imperial de Viena en abril del mismo año. En sus primeras experiencias utilizó la luz solar para la iluminación de la laringe, lo que suponía una limitación que enfrió el entusiasmo inicial de TÜRCK, que aparentemente interrumpió la aplicación clínica de la laringoscopia refleja. En 1858, JOHAN CZERMAK, profesor de Fisiología en la Universidad de Pesth, solicitó en préstamo a TÜRCK los espejos por él diseñados.

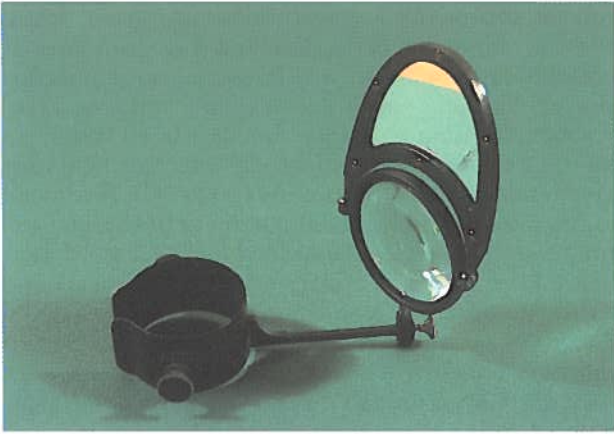


FIG. 6.—Autolaringoscopio. Consta de una abrazadera destinada a fijar el aparato al tubo de cristal del quinqué. Mediante un vástago se unen a aquélla una lupa condensadora y un espejo articulado orientable sobre el que se refleja la imagen que recoge el espejillo laríngeo.

Aplicando la luz artificial mediante el condensador oftalmoscópico de Ruete y un espejo cóncavo similar a los de hoy en uso, sujeto entre los dientes o fijado sobre la frente, comenzó sus experiencias, que culminaron en la expansión del procedimiento de GARCIA y en el desarrollo de la laringología hasta entonces extremadamente limitada. Entre TÜRCK y CZERMAK se estableció una intensa pugna por establecer la prioridad de la aplicación clínica del laringoscopia, lo que en cierta medida avivó el interés general por el procedimiento. La Academia de Ciencias del Instituto Imperial decidió, en sesión pública del lunes 25 de marzo de 1861, otorgar a ambos el premio de Medicina y Cirugía por considerar que tanto uno como otro eran merecedores de dicho premio por contribuir a hacer de la laringoscopia un método usual y susceptible de rendir servicios a través del diagnóstico de las enfermedades de la faringe y la laringe.

En los años siguientes la práctica de la laringoscopia se extendió rápidamente. De aquellos años datan el autolaringoscopio representado en la figura 6, que se empleaba tanto para el aprendizaje como para la exhibición del método.

Sobre el espejo que empleó MANUEL GARCIA no existen datos sobre su forma y tamaño. Lo habitual en aquella época para los espejos de dentista era la forma cuadrangular, por lo que muy probablemente esa era la forma del de GARCIA, como lo fue la de los que empleó CZERMAK. En la figura 7 se representan los diseñados por TÜRCK, que en su última configuración fueron idénticos a los actuales.

Ya impuesta como método de valoración visual de la laringe con fines diagnósticos se asocian a la laringoscopia refleja sistemas destinados a profundizar más en los detalles finos de su comportamiento. La magnificación empleada por GARCIA o

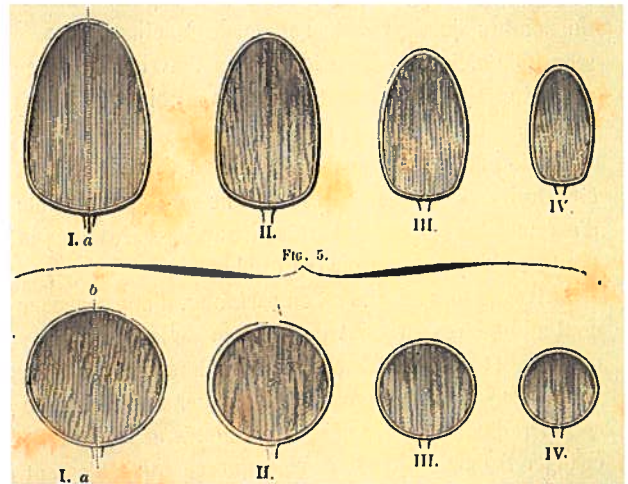


FIG. 7.—Espejos de Türk. Inicialmente ovales, posteriormente circulares, de diámetros entre 13-22 mm., unidos a un vástago con una angulación de 120°.

los espejos milimetrados de MERKEL y BROECKART son ejemplos del interés por conocer más sobre los mecanismos de la fonación.

Entre ellos destaca la estroboscopia. Fue empleada sobre laringes aisladas por primera vez por LEHFELDT sobre laringes artificiales en 1835 y posteriormente aplicada a la laringe humana por TOEPLER (1866) y por OERTEL en 1878, quien actúa de impulsor de esta técnica que despierta rápidamente el interés en el medio laringológico aplicándose en Centroeuropa por numerosos investigadores. Destacan entre ellos MUSHEOLD, que publica varios trabajos entre 1898 y 1913, y WETHLO, quien publica en 1908 sus investigaciones sobre laringes artificiales. Le sigue una lista interminable, en la que merecen ser destacados nombres como FLATEAU, PANCONCELLI-CALCIA, NADOLECZNY, GUTZMANN y TARNEAUD por los datos clínicos y fisiológicos que aportaron (fig. 8).



FIG. 8.—Esfera del stroboret de Tarneaud graduado en notas, frecuencias y octavas musicales. En este aparato se incorpora la lámpara en el interior de la caja.

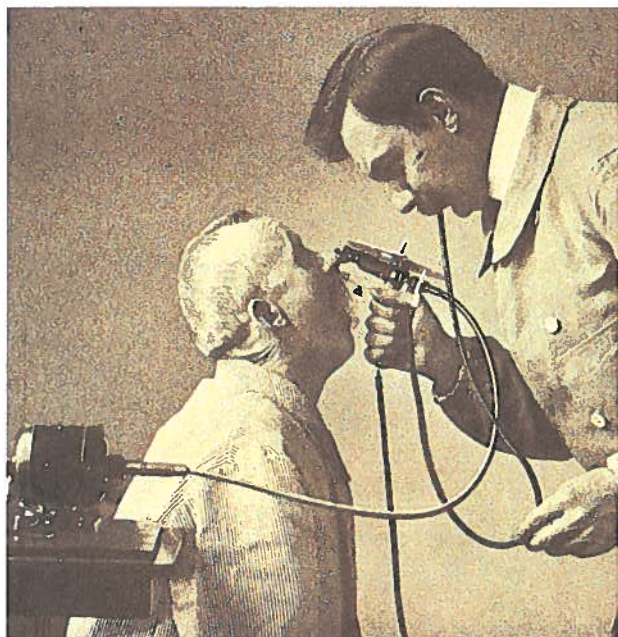


FIG. 9.—*Estroboscopia directa bajo anestesia local. Brünings, 1910.*

En 1932, WEISS recoge un total de 275 publicaciones referentes a la estroboscopia, lo que da una clara idea de la frecuencia de su utilización en aquel tiempo. Los primeros estroboscopios se basaban en el principio del disco de Plateau, descubridor del principio de la estroboscopia (1833). Constan de un disco perforado que girando interrumpía el paso de la luz destinada a iluminar la laringe, produciendo el efecto de enlentecimiento.

Una forma de estroboscopia no muy conocida fue la estroboscopia mediante laringoscopia directa mediante anestesia tópica (fig. 9). En 1950, TIMCKE diseña el primer estroboscopio capaz de regular los destellos lumínicos mediante la frecuencia de la voz captada por un micrófono o por medio de un generador de frecuencias incorporado al aparato que hace posible la valoración automática de la fase y la visión de las cuerdas inmóviles en cualquier fase de su movimiento. Estos avances hacen posible el análisis preciso del ciclo vibratorio, lo que le permitió a TIMCKE definir y medir las distintas fases del ciclo vibratorio y establecer, junto a VON LEDEN y MOORE, las características de éste en diversas circunstancias patológicas. Para entonces la estroboscopia ya es un método moderno e idóneo, lo que se refleja en la monografía de SCHÖNHARL (1960), quien nos lega su magnífico esquema sobre las fases del ciclo.

Sorprendentemente surge en 1950 una disensión importante respecto a los conceptos de MÜLLER, aceptados y matizados en los primeros años del siglo XX. A pesar del conocimiento acumulado hasta ese momento vuelve la polémica sobre el mecanis-

mo de vibración y regulación del tono. RAUL HUSSON, fundador de la Sociedad Francesa para el estudio de la fonación y el lenguaje, no admite los postulados de la teoría mioelástica y emite una teoría complejísima en la que define a la vibración como un fenómeno dependiente de impulsos nerviosos gobernados por los centros corticales. Un fenómeno neuromuscular activo en el que nada tienen que ver ni el aire efector ni la elasticidad de la cuerda. Inmediatamente surgen partidarios dentro de Francia que colaboran con HUSSON en demostrar esta posibilidad y detractores acérrimos. La discusión termina con la intervención de VON LEDEN (1961), a quien le brinda HUSSON la oportunidad de escribir un artículo lapidario cuya lectura recomendamos.

Poco tiempo después, en España, JORGE PERELLO (1962) propone una nueva teoría con respecto a la vibración de las cuerdas vocales. La denomina teoría mucocondulatoria porque considera que no es exactamente una vibración lo que produce el sonido laríngeo, sino la ondulación de la mucosa o las partes blandas que recubren las cuerdas vocales que se comportan como una bandera o superficie líquida agitadas por el viento.

Considera PERELLO modestamente que su teoría viene a completar la teoría mioelástica, y digo modestamente porque su observación fue realmente fundamental. Desde la perspectiva actual la importancia de la elasticidad e integridad mecánica de la mucosa supera con mucho la del músculo. Es la mucosa la que ondula y poco cuenta en el hecho en sí de la vibración la elasticidad del cuerpo de la cuerda vocal. De la situación de la mucosa regulada en su grado de elasticidad por la acción muscular depende totalmente la calidad de la voz. Su teoría en forma precisa y referida a PERELLO es desgraciadamente poco mencionada. Desde estas páginas le manifiesto, si es que las lee, mi reconocimiento y respeto.

Paralelamente a la evolución de la estroboscopia se realizan ensayos sobre la filmación de las cuerdas vocales en movimiento. CHEVRETON y VLES hacen las primeras filmaciones con cinematografía convencional, cuyos resultados presentan a la Academia de Ciencias de París en 1913. Les sigue en su intento de obtener filmaciones demostrativas PALCONCELLI-CALCIA, director del Instituto de Fonetica de Hamburgo, quien emplea la cinematografía normal y la filmación mediante iluminación por luz estroboscópica entre 1920 y 1930, siendo el primero en emplear la filmación a alta velocidad sobre laringes artificiales.

En 1931, HALLA y ONTI publican sus experiencias sobre filmación estroboscópica y filmación a alta velocidad, 64U/S9, mediante las cuales obtienen imágenes excepcionales para aquella época.

Buscando mayor objetividad e intentando obviar la virtualidad del enlentecimiento que se obtiene

con la filmación estroboscópica o la filmación a alta velocidad, FARMSWORTH y su equipo de científicos de la compañía telefónica Bell consiguen filmar las cuerdas vocales vibrando mediante un método que les permite obtener hasta 4.000 imágenes por segundo, película que proyectada a 24 imágenes por segundo produce un efecto de cámara lenta que hace posible observar el ciclo vibratorio imagen por imagen con todo detalle. El análisis de estas filmaciones ha sido la base de numerosos estudios sobre las características del ciclo vibratorio y la dinámica de la onda mucosa. A esta primera experiencia le siguieron otros muchos (DUNKER, SCHLOSSHAUER, 1958; ISSHIKI, 1958; LUSHINGER y PFISTER, 1959; SONNESSON, 1960; LECOVER y RUBIN, 1960; MOORE y VON LEDEN, 1962, y HIROTO, 1966), que estudiaron el comportamiento normal y patológico del ciclo vibratorio, estudios que culminaron con la aplicación por HIRANO (1974) de un sistema capaz de filmar a 10.000 imágenes por segundo, con lo que estudia el ciclo normal y patológico en circunstancias reales, lo que le permite diferenciar el comportamiento mecánico de los distintos planos y emitir su teoría sobre la vibración de las cuerdas vocales.

De los estudios sobre la patología de la voz creemos interesante ofrecer una visión histórica de los antecedentes que se refieren a las parálisis laríngeas, que cronológicamente conectan con la aplicación generalizada de la laringoscopia refleja.

En 1881, SEMON (fig. 9) recoge en su trabajo «El estudio de las parálisis laríngeas desde la introducción del laringoscopio» 232 publicaciones referentes a esta patología, lo que da idea del significado del simple espejillo de MANUEL GARCIA. Destacan en esta primera época las publicaciones de GERHARDT de 1863, en las que describe por primera vez las parálisis bilaterales de cuerdas vocales, y el capítulo que TÜRCK dedica a las parálisis laríngeas en su libro «Clínica de las enfermedades laríngeas» publicado en 1866.

Hacia 1876 comienza lo que constituirá durante muchos años una gran polémica. Esta estimación cronológica la realiza SEMON (fig. 10), que será sin lugar a dudas quien mantenga encendida la llama de esta discusión. Se refiere a un cuadro clínico que define como «una forma muy interesante de parálisis laríngea caracterizada por una sonora inspiración, disnea severa puramente inspiratoria, voz perfectamente conservada y espiración libre». Sobre este cuadro clínico, «parálisis bilateral de los músculos abductores de las cuerdas vocales», del que habían hecho comunicaciones GERHARDT, TÜRCK y McKENZIE y RIEGEL pretende trazar unas leyes generales que expliquen la razón de la aparente parálisis aislada de los músculos abductores ante procesos patológicos centrales o periféricos del nervio recurrente.

La observación de seis casos de parálisis bilaterales junto con la de otros más numerosos de pará-



FIG. 10.—Félix Semon, 1905.

lisis unilateral en la que apreciaba la constancia del fenómeno de la para él exclusiva parálisis de los abductores, presente también en los casos de GERHARDT, KOCH, McKENZIE, RIEGEL, PENZOLDT y WEBER, revisados por SEMON, le llevó a presentar en 1881 una publicación cuyo título ya permite apreciar la curiosa personalidad del autor. En él mantiene que en casos de lesión de raíces o troncos de los nervios espinal, accesorio, neumográstico y recurrente se manifiesta una clara proclividad por parte de las fibras responsables de la abducción de la cuerda vocal a verse afectadas antes y aún exclusivamente que las fibras adductoras, y afirma que la situación paramediana de la cuerda vocal se debe a una parálisis de las fibras abductoras puras, mientras que la posición intermedia sería la consecuencia de una parálisis completa del recurrente. Descripción a la que da el carácter de ley.

Polemizó con ROSENBACH, a pesar de haber expuesto el mismo concepto un año antes que él, por considerar su afirmación, aunque acertada, desprovista de argumentación y sin suficiente base clínica. Lo mismo hizo con KRAUSE (1885), SOLIS-COHEN (1886) con HELENFFY (1889) entre otros muchos.

Sus oponentes más importantes fueron WAGNER (1890) y GROSSMAN (1897), que mantenían que la posición paramediana de la cuerda vocal paralizada se debía a la acción del músculo cricotiroideo, cuya inervación depende de la rama externa del laríngeo superior y no a una parálisis exclusiva de los músculos abductores inervados por los nervios laríngeos inferiores o recurrentes.

Esta teoría, que es la generalmente admitida en el momento actual, tan simple, fue rechazada por SEMON y sus seguidores de forma descomedida, permaneciendo la inmensa mayoría de los investigadores al lado de SEMON hasta fechas recientes en las que se seguía especulando sobre la situación relativa de la cuerda vocal, tomando como base las leyes de SEMON o de ROSENBAACH-SEMON.

El comienzo de los estudios sobre la innervación y reinervación de la laringe y sobre la distribución topográfica de las fibras en el nervio recurrente coincide con esta época. Son EXNER y su escuela quienes hacen las primeras descripciones sobre la innervación laríngea y la atrofia de los músculos laríngeos. Estos estudios reflejados en los trabajos de EXNER y los de MANDELSTAMM y WEINZWEIG de 1884 interpretan que los músculos intrínsecos de la laringe reciben innervación doble y bilateral por ambos nervios recurrentes y ramas interna y externa del laríngeo superior.

En 1889, RISIEN RUSSEL establece, mediante sus experimentos, que en el nervio recurrente las fibras abductoras y adductoras están contenidas en varios haces diferentes entre sí e independientes los unos de los otros a lo largo de todo el nervio recurrente hasta su terminación en los diferentes músculos. Considera que las fibras abductoras están situadas en la región interna del nervio recurrente, próximas a tráquea, mientras que las adductoras se sitúan en su región externa. Este aspecto topográfico explicaría la mayor facilidad para ser lesionadas las fibras abductoras y más precozmente por los procesos expansivos de la línea media. Señala también que es factible separar esos haces y que pueden ser seccionados selectivamente aquellos responsables de una función sin alterar los que realizan función opuesta, produciendo su sección una trofia de los músculos correspondientes, permaneciendo indemnes los de función opuesta.

ONODI en 1902 realiza lo que se ha denominado descripción clásica de la innervación laríngea: los músculos intrínsecos de la laringe están innervados por el nervio laríngeo inferior o recurrente, a excepción del músculo cricotiroides, que recibe su innervación de la rama externa del nervio laríngeo superior.

Aunque TERRACOL en 1931 llama nuevamente la atención sobre la potente acción adductora del músculo cricotiroides, el estado del conocimiento sobre la fisiología laríngea permanece sin sufrir variaciones dignas de mención durante algunos años. Se mantiene una actitud general dirigida a confirmar las teorías de SEMON, como demuestran los trabajos de NEGUS, que muy interesado por la filogenia de la laringe propone una explicación en este sentido de los asertos de SEMON. Concluye que los músculos esfíntéricos adductores sirven a una función vital de la que depende la existencia del individuo: la protección de las vías respiratorias des-

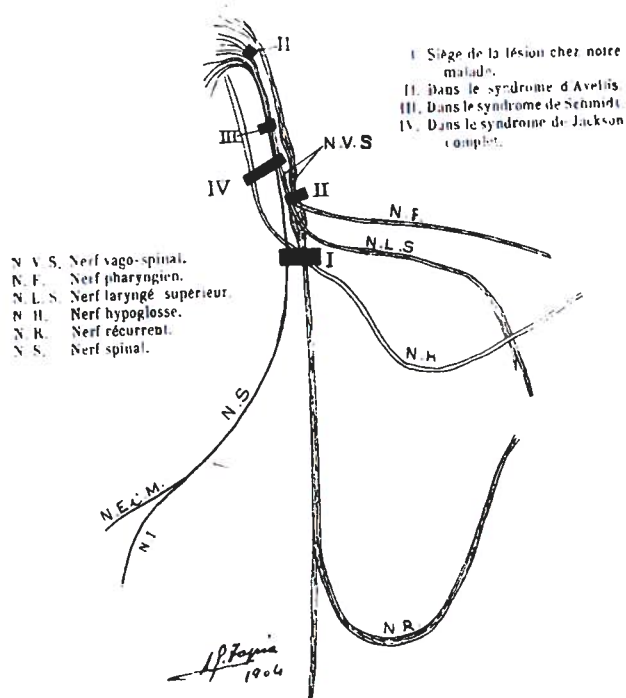


FIG. 11.—Dibujo original de A. García Tapia.

pués de la transición de la vida acuática a la terrestre. Los músculos abductores representan en cambio una función de relajación, de significado y aparición más modernas y por tanto más susceptibles de deterioro que la primitiva, que al permanecer incólume, ante una lesión progresiva del nervio recurrente, durante largo tiempo mantendría las cuerdas vocales en posición paramediana, de cierre, de protección al fin.

En relación a las parálisis asociadas, recordamos aquí la comunicación de un síndrome nuevo que se añade a los ya descritos por AVELLIS, SCHMIDT y JACKSON.

Esa descripción fue hecha por ANTONIO GARCIA TAPIA (1875-1950), quien presentó en sesión del 8 de febrero de 1904 ante la Academia Médico-Quirúrgica Española un caso de hemiplejia lingual y laríngea derechas con parálisis del esternocleidomastoideo y trapecio del mismo lado. En la figura 11 se representa la situación topográfica de la lesión.

La cirugía bajo control visual destinada a tratar las lesiones benignas de la laringe y los pequeños tumores con fines biopsicos o de exéresis surge también de la aplicación de la laringoscopia refleja. Las primeras operaciones o maniobras instrumentales sobre las cuerdas vocales realizadas por este sistema corren a cargo de Sir MORELL MCKENZIE (1837-1892), quien después de realizar un viaje de estudios a Peshth recibe de CZERMAK los detalles del método laringoscópico. En 1897 publica un tratado



FIG. 12.—Doctor Killian.

sobre el empleo de la laringoscopia en las enfermedades de la laringe en el que, entre otros complementos al método, incluye instrumental para la cirugía por vía refleja. Su habilidad y experiencia con ese procedimiento le aportan una gran fama, que le lleva a ocuparse de la enfermedad del príncipe Federico de Alemania, al que biopsia en repetidas ocasiones. Desde entonces la cirugía de la laringe por vía refleja como procedimiento fonocirúrgico ha sido empleado durante varias generaciones de laringólogos, que entrenados en esta técnica obtenían resultados excelentes.

La cirugía por vía directa parte igualmente de la aplicación de un método de observación de la laringe, la laringoscopia directa. Como analiza A. GARCIA-TAPIA (1905) nace de la mano de KIRSTEIN (1885) como una evolución de la esofagoscopia cuyos tubos utilizó inicialmente para ver la laringe. Posteriormente utilizó espátulas, denominadas por él prelaríngeas o intralaríngeas, según el nivel de introducción, combinándolas con el mango iluminador de Kasper para la exploración y utilizando el fotóforo frontal para la realización de intervenciones. Utilizó tanto la posición sentada como la supina, definiendo la posición correcta de la cabeza para exponer la comisura anterior.

El camino que abre dicho autor se ensancha y allana rápidamente y la laringoscopia directa toma cuerpo. KILLIAN (1911) presenta al Congreso Internacional de ese año un sistema de suspensión para

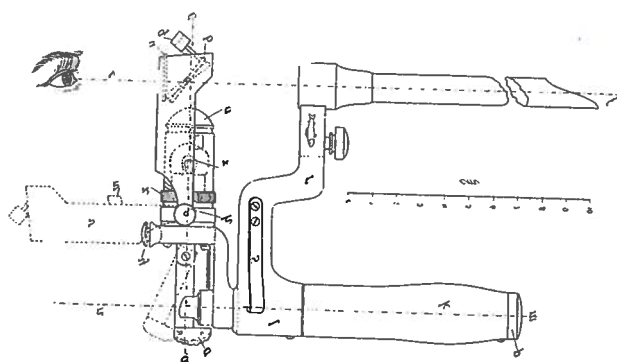


FIG. 13.—Esquema del electroscopio de Brünings.

estabilizar la laringe y permitir el uso de las dos manos al operador.

En 1910, BRÜNINGS publica un tratado sobre laringoscopia directa, broncoscopia y esofagoscopia, que a nuestro juicio es una joya de la literatura laringológica. En él dedica un estudio muy riguroso a la laringoscopia directa que va desde el diseño de las bombillas de filamentos múltiples radiados al de un mango universal (fig. 13), pasando por la aplicación de un visor lateral para la observación paralela. Mediante la aplicación de un sistema de contrapresión externa realizaba tanto la laringoscopia con el paciente sentado como en decúbito, estabilizando y comprimiendo hacia atrás la laringe disponía de las dos manos y obtenía una mejor visión de la comisura anterior (figs. 14, 15 y 16).

En el mismo período, JACKSON (1910) diseña y utiliza laringoscopios manuales con los que mejora la exposición de la glotis de forma notable, que perduraron en su uso como tales durante muchos años por la buena exposición del área glótica, que compensaba de la ocupación de una mano para sostenerlos en posición (fig. 17).

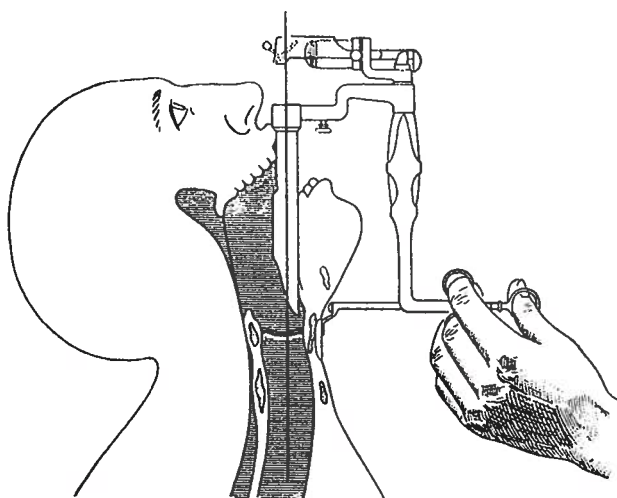


FIG. 14.—Principio de la contrapresión.

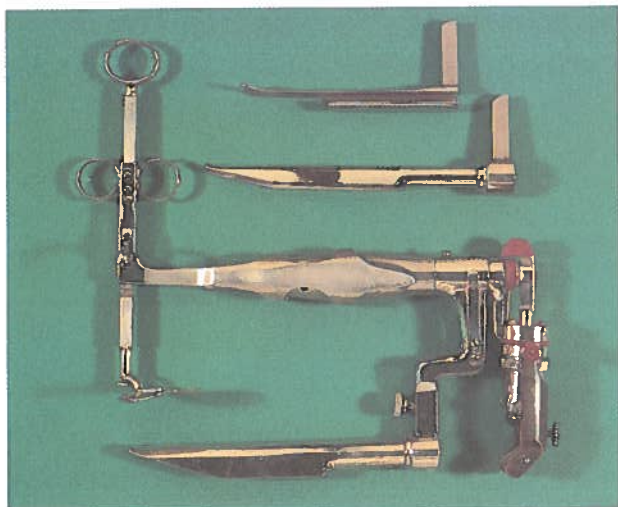


FIG. 15.—Laringoscopio y contrapresor de Brünings.

En 1920, SEIFFERT modifica el sistema de suspensión de KILLIAN, incorporando el apoyo torácico, tal y como hoy lo usamos, que erróneamente se denomina por algunos laringoscopia en suspensión (fig. 18).

En la misma época HASLINGER diseña un laringoscopio de apoyo faríngeo (fig. 19) con el que obtiene la visión glótica y la estabilización por distensión interna en lugar de compresión externa, el cual utiliza en combinación con el mango universal de Brünings.

Una modificación posterior del mismo autor se representa en la figura 20, la cual difiere muy poco de la concepción actual del tubo de laringoscopia directa.

Hasta entonces la utilización de la laringoscopia directa, salvo los intentos de BRÜNINGS y HASLINGER

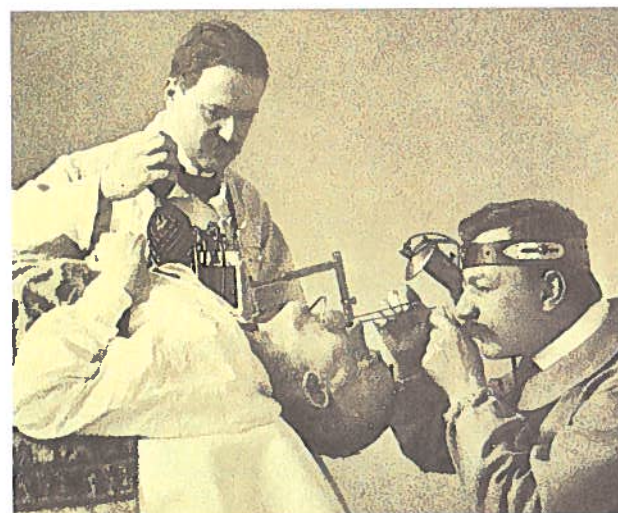


FIG. 16.—Brünings realizando cirugía a dos manos bajo anestesia general y telescopio de magnificación.

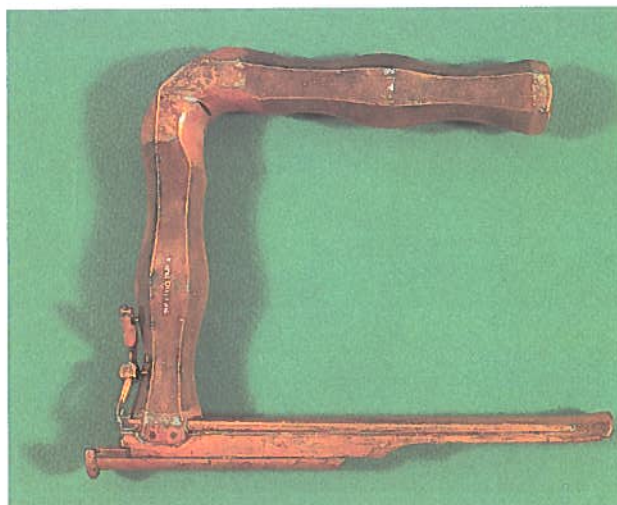


FIG. 17.—Laringoscopio de Jackson. La peculiaridad de este laringoscopio es que el tubo está formado por dos mitades de las cuales la inferior discurre por una corredera, lo que permite una vez visualizada la laringe extraerla para facilitar la introducción de un broncoscopio.

GER por magnificar la imagen con pequeños telescopios, en realidad ineficaces, se limitaba a la visión monocular directa. Sólo el laringoscopio de YANKAUER en 1910 ofrecía la posibilidad de la visión binocular, quizá su gran diámetro significó una limitación para su uso.

El gran salto comienza con la búsqueda de la visión magnificada monocular inicialmente y binocular posteriormente. Las primeras experiencias en este sentido vienen de la Alemania del Este por medio de la doctora ALBRECHT, quien aplicó el uso de un colposcopio al examen de la laringe, con lo que realizó las primeras observaciones microscópicas de la laringe.

En el mismo sentido investigó KLEINSASSER, quien ampliando el tamaño del laringoscopio hasta poder obtener visión binocular consiguió en 1962 aplicar el microscopio operatorio para la visión de

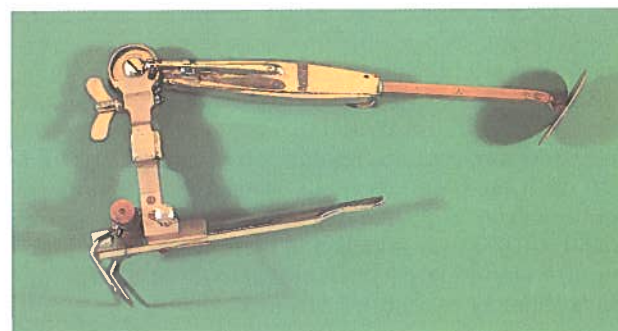


FIG. 18.—Laringoscopio de apoyo torácico de Seiffert modificado. La espátula es desplazable mediante un sistema de piñón y corredera, siendo regulable la pieza de apoyo dentario, así como el grado de elevación de la punta de la espátula.

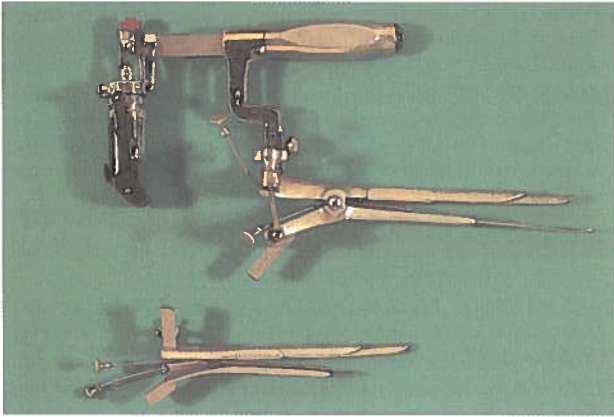


FIG. 19.—Laringoscopio de Haslingen fabricado por Leiter, Viena, dotado de luz proximal y telescopio.

las cuerdas vocales. El desarrollo por ZEISS de la lente de 400 mm. hizo posible la cirugía bimanual bajo visión magnificada, lo que permitió a KLEINSASSER desarrollar la microcirugía como hoy la practicamos.

En la misma época, JAKO en los Estados Unidos siguió idénticos pasos. En 1962 diseñó instrumentos adecuados para la microcirugía de la laringe que fueron fabricados por STÜMER, así como tubos laringoscópicos especiales de aluminio muy ligeros cuyo diseño no fue muy afortunado. En 1966, durante la reunión anual de la Asociación Médica Americana, presentó una exhibición sobre microdiagnóstico y microcirugía de la laringe en colaboración con KLEINSASSER, que fue el punto de partida de la difusión del método por ellos desarrollado.

Entre 1950 y 1960 se produce un cambio en los conceptos quirúrgicos en general, y en particular en los destinados a tratar los problemas laríngeos. La cirugía funcional del cáncer amplía las técnicas conservadoras de la función y la misma postura se establece en relación al resto de la patología laríngea. Influye en ello de manera importante un verdadero líder de la laringología, HANS VON LEDEN, quien con la colaboración de GEORGE MOORE inicialmente en la North Western University y posteriormente en el Instituto de Laringología y Trastornos de la Voz de los Los Angeles genera a su alrededor un equipo de colaboradores y discípulos cuyos trabajos y experiencias asientan las bases funcionales para este tipo de cirugía. Junto con GODFREY ARNOLD propone el nombre de fonocirugía para aquella que se aplica primariamente para mejorar la calidad de la voz o rehabilitar la pérdida.

En una publicación reciente de VON LEDEN sobre la historia de la fonocirugía, capítulo del libro *Voice surgery*, de GOULD y SATALOFF, 1993, precisa cuáles son los procedimientos fonocirúrgicos. Además de la microcirugía laríngea contempla como tales los destinados a tratar las parálisis de la cuerda vocal



FIG. 20.—Laringoscopio de Haslinger con telescopio para magnificación.

mediante la inyección, cirugía del marco laríngeo y la reinervación, los procedimientos para la corrección y modificación del tono, la cirugía de restauración de la voz postlaringectomía y la cirugía de la disfonía espasmódica cuya historia revisa.

BIBLIOGRAFIA

- BECLARD, J.: *Tratado de fisiología humana*. Madrid: Ed. Española, Bailly-Baillière, 1860.
- BRÜNINGS, W.: «Die directe laryngoskopie Brondoskopie und aerophagorapie». En: Von Berlag, J., y Bergmann, B., editores. Wiesbaden.
- EXNER, S.: *Die Innervation des Kehlkopfes*. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, 1884; 89: 63.
- FARMSWORTH, D. M.: «High speed motion pictures of the human vocal cords. Bell Laboratories». *Record*, 1940; 18: 203-208.
- FOURNIE, E.: *Physiologie de la voix et la parole*. París: Ed. Adrien Delahaye, 1866.
- GERHARDT: «Posticus lahmung oder adductoren contraction». *Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch Medizinischen Gesellschaft*, 1885.
- GARCIA, M.: *Memoria acerca de la voz humana*. Memorias de la Sociedad Real de Londres, 1855.
- GARCIA TAPIA, A.: «Un caso de hemiplejia del lado derecho de la laringe y de la lengua con parálisis del esternocleidomastoideo y de trapecio». *La Presse Oto-Laryngologique Belge*, 1905; 2.
- GARCIA TAPIA, A.: *Manuel García. Su influencia en la laringología y el arte del canto*. Madrid: Nicolás Moya, 1905.
- GARCIA-TAPIA, A.: «Historia de la laringoscopia» publicada en *Manuel García, su influencia en la laringología y el canto*.
- GOULD, W. J.: SATALOFF, R. T., y SIFIEGEL, J. R.: *Voice surgery*. St. Louis, MO, USA: Mosby Year Book Inc., 1993.
- GROSSMAN, M.: *Über den Cricothyreodeus Mschr Ohrenheilk*, 1900; 34:117.
- GUILLEMIN, A.: *Generation de la voix et du timbre*. París: F. Alcon, 1901.
- GUTZMANN, E., y YOUNG, J. Z.: «The reinnervation of muscle after various periods of atrophy». *J. Anat.*, 1944; 78: 15-43.
- HALLA, H.: «La cinematographie des cordes vocales à l'aide du stroboscope et de la grand vitesse». *Otolaryngologica Slavica*, 1931: III: 1-12.

- HIROTO, I.; HIRANO, M., y TOMITA, H.: «Electromyographic investigation of the intrinsic laryngeal muscles to speech sounds». *Ann. Otol. Rh.*, 1967; 76: 861-872.
- HUSSON: *Physiologie de la phonation*. París: Marsan, 1962.
- ISSHIKI, N.; MOSITA, H.; OKAMURA y HIRAMOTO, M.: «Thyroplasty as a new phonosurgical technique». *Act. Oto-Lar.*, 1974; 48: 451-457.
- JACKSON, C. H.: *Peroral endoscopy and laryngeal surgery*. Sant Louis, MO, USA: De. the Laryngoscope Company Pub., 1915.
- LEDEN, VON H.: «The mechanism of phonation». *Arch. of Otolaryngol.*, 1961; 74: 660-667.
- LEDEN, VON H.: *En voice surgery*. En: Gould, W. J.; Sataloff, R. T., y Spiegel, J. R., 1993.
- LUSCHINGER, R., y ARNOLD, G. E.: *Voice speech and language*. Belmont: Ed. Wadsworth Publishing Co., 1967.
- MACKENZIE, M.: *Du laryngoscope et son emploi dans les maladies de la gorge*. 2.^a ed. París: Edi. B. Bailliere et Fils, 1867.
- MANDELSTAMM: «Estudien uber innervation und atrophie der kehlkopfomuskeln». *S. B. Akad Wiss Wick*, 1884; 89 (3): 63-118.
- NEGUS, V. E.: «Certain anatomical and physiological considerations in paralysis at the larynx». *Proc. Ray. Soc. Med.*, 40: 894-853.
- ONODI, A.: *Die anatomie und physiologie der kehlkopfnerven*. Berlín: Oscar Coblentz, 1902.
- RUBIN, H. J.: «Pitfalls in treatment of dysphonias by intracordal injection of synthetics». *Laryngoscope*, 1965; 75: 1381-1397.
- SEMON, F.: «Clinica remarks: On the proclivity of the abductor fibers of the recurrent laryngeal nerve to become affected sooner than the adductors fibers or even exclusively, in cases of undoubted central or peripheral injury or disease of the roots or trunks of the pneumogastric, spinal accessory or recurrent nerves». *Arch. Oto-Lar.*, 1881; 2: 197-222.
- SEMON, F.: «The study of laryngeal paralysis since the introduction of the laryngoscope». *Brain*, 15: 471-521.
- TARNEAUD, J.: *La stroboscopie du larynx. Semiologie stroboscopique des maladies du larynx et de la voix*. París: De. Malone, 1937.
- TERRACOL, J.: «Les paralysies laryngées peripheriques. Etat neurolaryngologique de la question». *Rev. Laryngol.*, 1931; 52: 231.
- TÜRCK, L.: *Klinik der Krankheiten des Kehlkopfes*. Wien, 1866.
- TÜRCK, L.: «Zeitschrift der KK». *Ges. Der Aerzte*, 1858; 17.
- La maladie de l'empereur Frédéric III*. Informe oficial de los médicos: BORDELEBEN, VON BERGMAN, BRAMANN LERHARDT, KUSSMAUL, LANDGRAF, MORITZ SCHMIDT, SCHRÖETTER, TALBOT y WALDEYER. París: Edit. L. Westhausser, 1888.

CIENCIAS BASICAS Y VOZ

Anatomía del sistema fonatorio

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA y S. FERNANDEZ GONZALEZ

El sistema fonatorio está configurado por distintas estructuras que, aunque encargadas en principio de una función diferente a la producción de la voz, se acoplan funcionalmente en el hombre para dotar a éste de la capacidad de emitir sonidos, los cuales una vez articulados le permiten comunicar ideas, conceptos y emociones.

La cavidad torácica con su dinámica propia y el reservorio aéreo que significan los pulmones actúan como elemento generador de energía, de efector capaz de activar una estructura vibrátil. La laringe, en principio configurada a modo de válvula destinada a la protección de las vías respiratorias bajas, actúa también como tal en lo que se refiere a la regulación del flujo aéreo, aportando además el elemento vibrador y regulador de frecuencias, y en cierta medida la capacidad para la articulación del tono inicial. Hipofaringe, orofaringe, cavidad oral y fosas nasales son utilizadas dentro del contexto de la fonación como cavidades de resonancia. En ellas el sonido generado por la ondulación del epitelio que recubre las cuerdas vocales adquiere los armónicos que aportan la riqueza acústica propia de la voz humana.

El sistema nervioso central y periférico, mediados en su actividad por el sistema auditivo, se encargan de la regulación de la intensidad, de la generación de frecuencias y de la articulación del lenguaje; así comprendido el complejo mecanismo de producción vocal abordamos la descripción de las distintas estructuras que lo hacen posible bajo un concepto funcional.

La laringe (λαρυγ-*gemir*), órgano impar, está situada en la línea media del cuello, inmediatamente delante de la faringe, con la que comunica por una amplia abertura constituyendo la pared anterior de la porción inferior de la faringe. Su límite superior coincide con el hueso hioides, al que sobrepasa en altura un segmento de la epiglotis, denominado porción libre de la misma. Este segmento libre presenta dos caras recubiertas por epitelio: una de ellas mira hacia la luz faríngea y se denomina cara laríngea de la epiglotis, la otra, orientada hacia arriba y adelante, se denomina cara lingual de la epiglotis. Por abajo se encuentra unida al primer anillo traqueal, conectándose por arriba con el hueso hioides y por su mediación con la base de la lengua.

Respecto a la columna vertebral se encuentra situada por delante de las cuatro últimas vértebras cervicales en el hombre adulto. En la mujer su situación es ligeramente más alta, coincidiendo su borde inferior con el también inferior de la sexta vértebra cervical. En el niño se encuentra todavía más alta coincidiendo el nivel más alto, representado por el borde libre de la epiglotis, con el borde superior de la tercera vértebra cervical.

ESQUELETO CARTILAGINOSO DE LA LARINGE

El esqueleto cartilaginoso de la laringe está formado por cinco cartílagos principales y cuatro cartílagos accesorios que se unen entre sí y con estructuras periféricas mediante membranas y ligamentos. De ellos tres son impares: cartílago tiroides, cartílago cricoides y cartílago epiglótico, y dos pares: cartílagos aritenoides. Los cartílagos accesorios denominados de Wrisberg y corniculados o de Santorini son pares. Los cartílagos tiroides y cricoides, de naturaleza hialina, forman la estructura básica que da forma cavitaria a la laringe. Los cartílagos aritenoides, del mismo tipo histológico que los anteriormente mencionados, constituyen las dos piezas móviles que hacen posible tanto los movimientos amplios de aproximación y separación de las cuerdas vocales como la regulación fina de la producción vocal.

Cartílago tiroides (θυρεος: **escudo**) (figs. 1, 2 y 3)

El cartílago tiroides, como su nombre sugiere, actúa a modo de escudo, de estructura envolvente y firme para la protección de aquellas más delicadas que se alojan en la cavidad laríngea. Su importancia funcional es grande, pues constituye el bastidor sobre el que se organiza una gran parte de la cavidad laríngea, actuando además como único elemento de soporte anterior de las cuerdas vocales. Las inserciones musculares y ligamentos le confieren un valor dinámico de máximo significado. Está formado por la fusión incompleta de dos láminas tra-

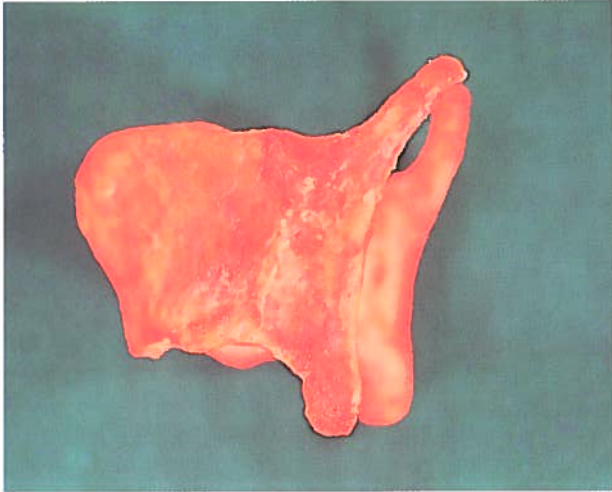


FIG. 1.—Visión lateral del cartílago tiroides.

pezoidales, más anchas en su borde superior que en el inferior, que se encuentran en la línea media, con una angulación en sentido anteroposterior de 90° en el hombre y 120° en la mujer. La unión incompleta de las dos láminas genera entre los bordes internos de las mismas un espacio de situación medial y de forma triangular que se denomina escotadura tiroidea. La zona de fusión situada por debajo de la escotadura se denomina istmo del cartílago tiroides, el cual desde su inicio experimenta una inclinación hacia abajo y atrás con una angulación de unos 60° con respecto al plano horizontal. Esta situación, unida al menor grado de angulación que se genera en el hombre por la fusión de las dos alas, da lugar a una prominencia en su límite superior denominada prominencia laríngea, es vulgarmente conocida como manzana de Adán.

La sección en un plano coronal del cartílago de tiroides define una divergencia entre ambas lámi-



FIG. 2.—Visión anterior del cartílago tiroides.

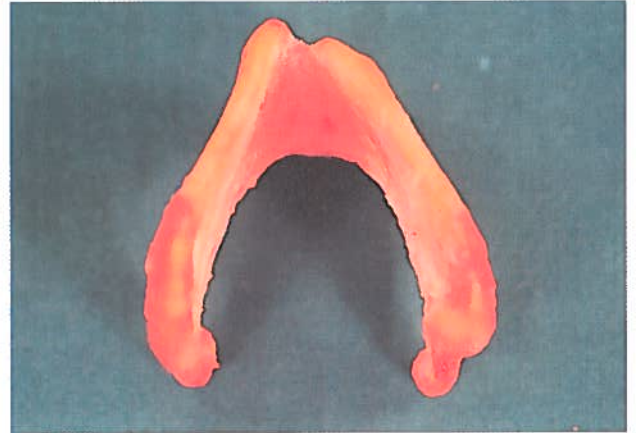


FIG. 3.—Visión superior del cartílago tiroides.

nas tiroideas, lo que le confiere una forma ligeramente cónica de base superior. Los bordes posteriores de las láminas se prolongan hacia arriba en una longitud de aproximadamente 30 mm. en dos a modo de cuernos, de sección prismática en su base y circular en su zona media, que acaban en dos relieves irregularmente esféricos. A estas prolongaciones se les denomina cuernos superiores del cartílago tiroides. Su proyección hacia arriba sigue una trayectoria hacia adelante y hacia adentro. Se unen mediante un ligamento, que no es más que un refuerzo de la membrana tirohioidea, con el cuerno mayor correspondiente del hueso hioides. Estas prolongaciones en su ascenso hacia arriba durante los movimientos deglutorios o fonatorios pueden entrar en contacto con el hueso hioides y desplazarse hacia la línea media. Este fenómeno, que se observa en muchas ocasiones durante laringoscopia en forma de protusión puntual en las paredes laterales de la hipofaringe, puede llegar a ser causa de dolor cuando la tensión muscular y por tanto el esfuerzo para generar voz es intenso.

Hacia abajo los bordes posteriores de las láminas tiroideas se prolongan igualmente por apófisis más gruesas y cortas denominadas cuernos inferiores. Estas se dirigen hacia adelante y hacia adentro, lo que les confiere una incurvación que sitúa su punto extremo en un plano ligeramente anterior con respecto al del lugar de origen del cuerno superior. En la cara medial con orientación cráneo caudal, oblicua de dentro afuera, presentan un carilla articular para su conexión con el cartílago cricoides.

Las caras internas de las láminas del cartílago tiroides no ofrecen particularidades dignas de mención que no sea la asistencia de un pequeño relieve situado en el ángulo tiroideo, a unos 8 mm. del borde inferior, que es el lugar de inserción del ligamento vocal con el cartílago tiroides, y una pequeña depresión, por encima de este relieve, donde se inserta el ligamento ventricular y que se denomina fosita de Merkel.

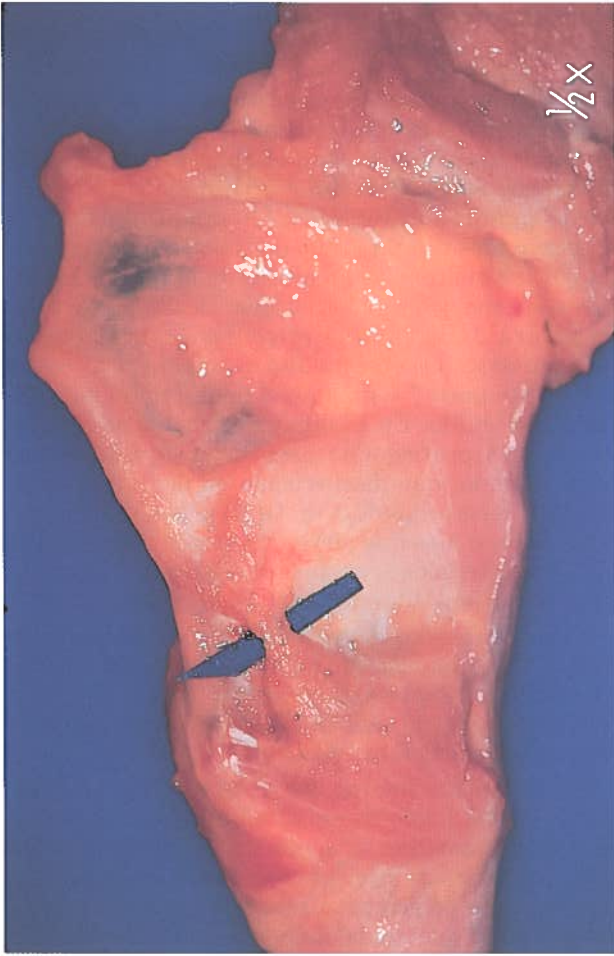


FIG. 4.—Visión lateral donde se aprecia la inserción del tendón muscular laríngeo.

En la superficie externa de las láminas y el cartílago tiroides se aprecia la existencia de una rugosidad, o discreto relieve, que une entre sí dos pequeños tubérculos, uno superior, que se encuentra situado algo ventralmente con respecto a la base del cuerno superior del cartílago tiroides, y otro inferior, situado en el borde inferior de la lámina y aproximadamente en su centro. Por la dirección de su trayecto se denomina a esa rugosidad línea oblicua del cartílago tiroides. Sobre ella confluyen las inserciones de los músculos tirohioideo, esternotiroides, constrictor inferior de la faringe y la fascia pretraqueal. Frecuentemente se aprecia que la inserción de estos músculos se realiza por mediación de un pequeño tendón bien definido que se extiende desde el tubérculo superior al inferior, cuya longitud y robustez varía de unos casos a otros (figs. 4 y 5).

Para FINK (1995) esta línea oblicua presenta una característica mecánicamente importante. Constituiría una zona de mayor flexibilidad que el resto del cartílago que forman las láminas, lo que unido a la configuración ligeramente cónica del cartílago tiroides y a la inclinación de la quilla tiroidea pro-

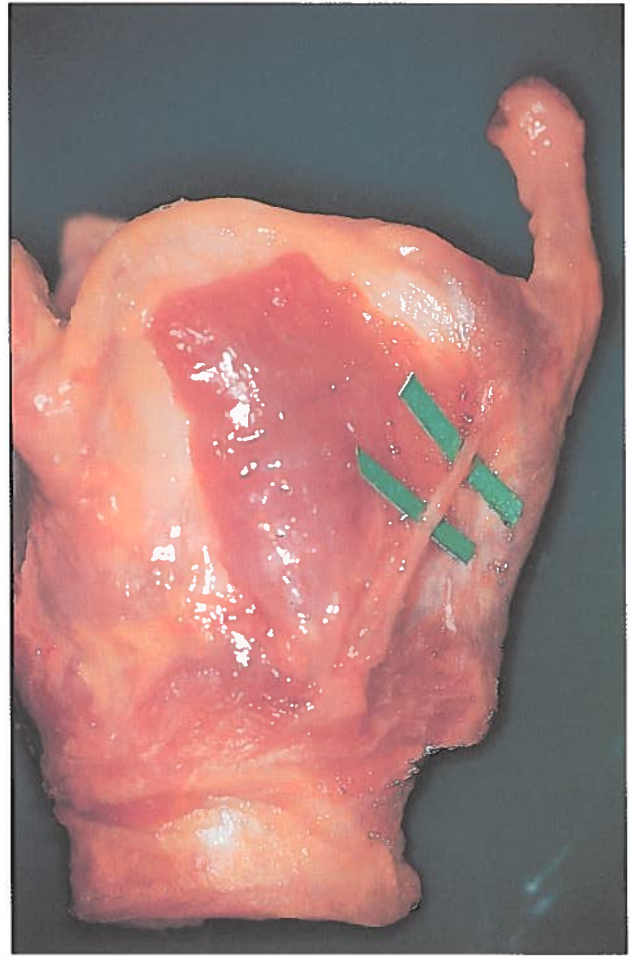


FIG. 5.—Visión frontal.

duciría efectos mecánicos de cierta importancia. La contracción del músculo esternotiroides produciría una tracción hacia abajo a nivel de la línea oblicua que tendería a separar las alas hacia afuera. En sentido inverso la contracción del músculo tiroideo generaría una tracción hacia arriba y por tanto una aproximación de las dos alas hacia la línea media. La interrupción de la fuerza aplicada se acompañaría de un retorno a la posición inicial debido a la elasticidad del cartílago. Estas variaciones del diámetro de la envoltura se traducirían en aproximación entre sí de las estructuras de cobertura interior de la laringe, lo cual significaría un mecanismo activo de aproximación y separación tanto a nivel del vestíbulo como de la rima glótica. Este mecanismo sería identificable en cierta medida con la maniobra del giro del cuello hacia los lados o la compresión digital de las alas tiroideas en búsqueda de una mejoría de la fonación en los casos de parálisis unilateral de cuerda vocal. Nuestras experiencias sobre piezas aisladas determinan que el punto de máxima elasticidad del cartílago tiroides se encuentra distribuido longi-

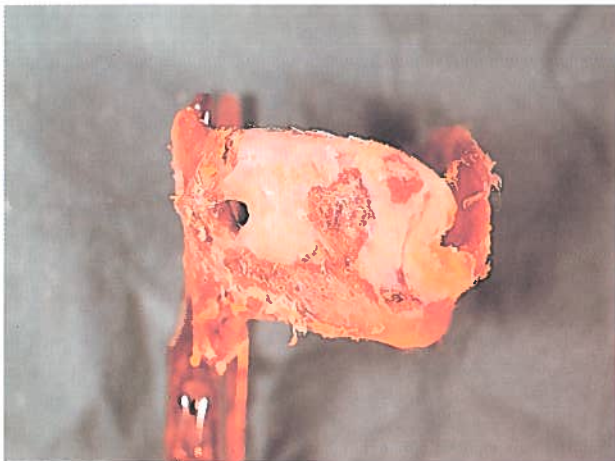


FIG. 6. Cartílago tiroideo con foramen tiroideo, hipoplasia de cuernos superiores, deformación de la escotadura tiroidea.

tudinalmente, en situación paramediana con respecto a la unión de las dos alas tiroideas, e identificamos con la contracción del constrictor de la faringe la única fuerza capaz de actuar en ese sentido.

Las posibles propiedades mecánicas que aportan la elasticidad de los cartílagos tiende a desaparecer con la calcificación y posterior osificación de los mismos.

El cartílago tiroideo presenta anomalías tanto de forma como asimetrías entre las dos mitades. Las más frecuentes se localizan en los cuernos superiores cuya agenesia unilateral, diferente longitud e incurvación se observan en muchas ocasiones. En la escotadura tiroidea no son raras las asimetrías, siendo variable también con frecuencia la dimensión craneocaudal del istmo. Este aspecto, así como el mayor relieve del tubérculo inferior del ala tiroidea deben tenerse en cuenta a la hora de determinar los puntos de medición sobre el cartílago tiroideo en la planificación de la cirugía del esqueleto laríngeo, pues pueden variar las dimensiones estándar descritas para la localización de la situación de la cuerda vocal. Una variación anatómica curiosa, aunque no frecuente, es la existencia del foramen tiroideo a través del cual discurre la arteria laríngea superior en lugar de hacerlo junto con la rama interna del nervio laríngeo superior a través de la membrana tirohioidea (fig. 6). Asimetrías en la longitud de los cuernos inferiores no son infrecuentes y suelen acompañar a asimetrías de la situación de las carillas articulares correspondientes del cartílago cricoides, cuya formación posiblemente sea la causa de la del cartílago tiroideo. Estas variaciones por sí solas no se traducen en general en alteraciones funcionales detectables, pero pueden dar lugar a errores diagnósticos (fig. 7).

Cartílago cricoides

(Χρικοός: anillo) (figs. 8 y 9)

El cartílago cricoides constituye la base sobre la que se soporta la laringe. Por su borde inferior se une la tráquea conectando el aparato vibrador con el efector. Sobre él se fija y articula el cartílago tiroideo y ambos aritenoides. La similitud del cartílago cricoides con un anillo de sello está determinada por las diferencias en altura de la lámina cricoidea posterior y el arco cricoideo. Desde los 25 mm. de altura de la lámina cricoidea se produce un abrupto descenso en esta dimensión hasta alcanzar solamente unos 7 mm. a nivel de la región más anterior del anillo. En la lámina cricoidea se aprecia en su cara posterior la existencia de una cresta bien definida, que discurriendo en sentido craneocaudal y ensanchándose en su base genera dos amplias depresiones que sirven de origen a los músculos cricoaritenoides posteriores. Sobre la cresta se fijan fibras longitudinales del esófago cervical.

El borde inferior del cartílago cricoides es ligeramente irregular. En su región anterior se aprecia un pequeño relieve que, en la unión del cartílago cricoides con el primer anillo traqueal, se sitúa ligeramente por delante de éste.

En el aspecto lateral del cartílago cricoides, sobre el límite donde se unen lámina y anillo, se observan dos carillas articulares de forma oblonga para los cuernos inferiores del cartílago tiroideo. En ocasiones se asientan sobre una pequeña apófisis que hace que se destaquen notablemente de la superficie lateral del cartílago cricoides.

En el borde superior de la lámina cricoidea, dispuestas lateralmente, se sitúan otras dos carillas articulares, entre las que se genera una ligera depresión. De superficie elíptica, con su eje mayor dirigido hacia adelante, hacia afuera y hacia abajo, están configuradas como un cilindro destinado a recibir la superficie articular del cartílago de aritenoides. Su inclinación respecto a la horizontal se estima en unos 30°. Los ejes mayores se orientan entre sí con una angulación que varía entre 60 y 70° (fig. 10).

Aunque infrecuentes, las anomalías de forma del cartílago cricoides son importantes cuando la configuración y disposición de la lámina posterior del cricoides o la situación de las carillas articulares superiores o laterales son asimétricas en volumen u orientación, ya que dan lugar a disposiciones anómalas de los aritenoides y alteraciones funcionales importantes y plantean dudas en lo que al diagnóstico se refiere (fig. 11).

Cartílago aritenoides

(αριταινα: cuchara) (fig. 12)

Estos dos cartílagos hialinos, de los que depende la movilidad de las cuerdas vocales, se describen

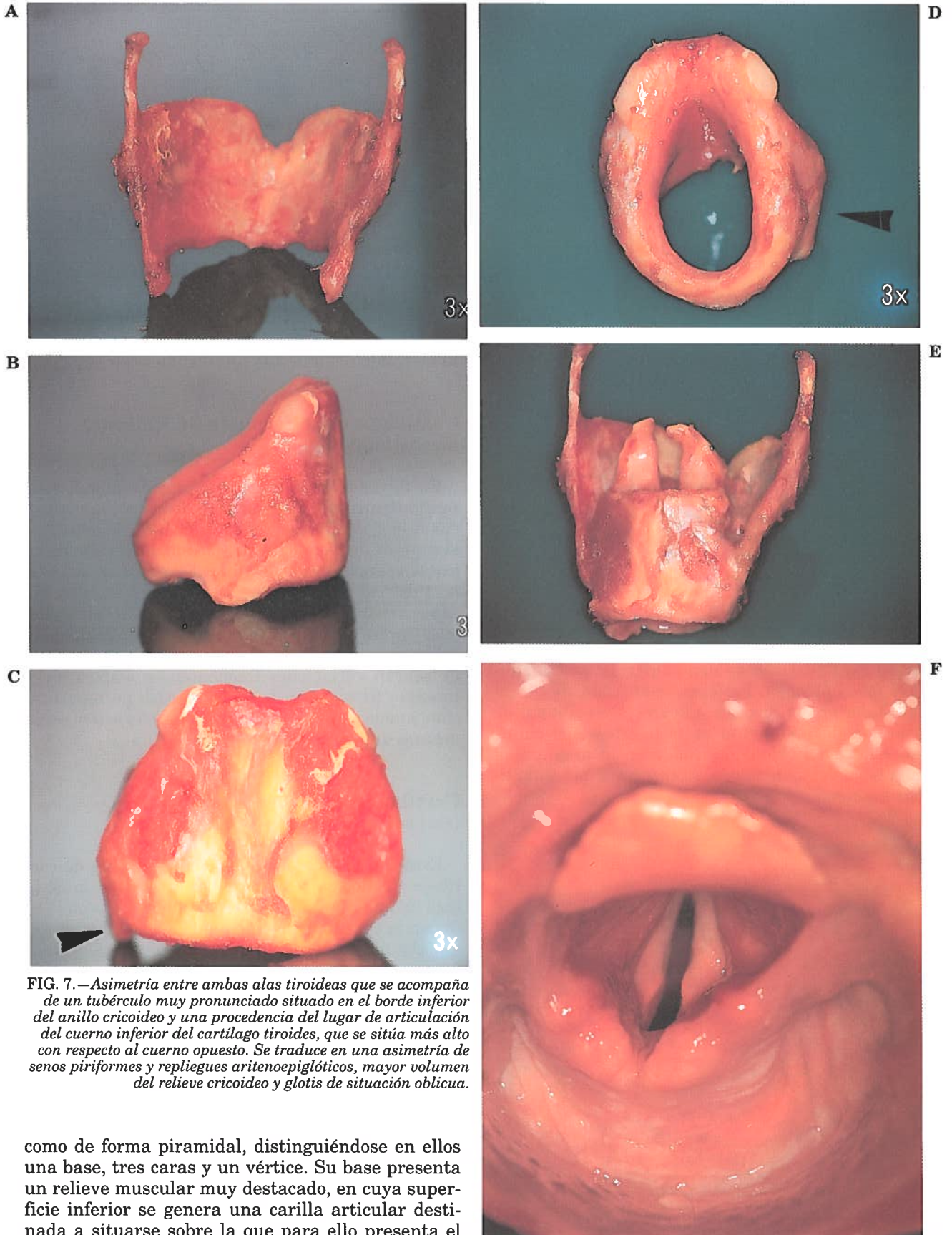


FIG. 7.—Asimetría entre ambas alas tiroideas que se acompaña de un tubérculo muy pronunciado situado en el borde inferior del anillo cricoideo y una procedencia del lugar de articulación del cuerno inferior del cartilago tiroides, que se sitúa más alto con respecto al cuerno opuesto. Se traduce en una asimetría de senos piriformes y repliegues aritenoepiglóticos, mayor volumen del relieve cricoideo y glotis de situación oblicua.

como de forma piramidal, distinguiéndose en ellos una base, tres caras y un vértice. Su base presenta un relieve muscular muy destacado, en cuya superficie inferior se genera una carilla articular destinada a situarse sobre la que para ello presenta el

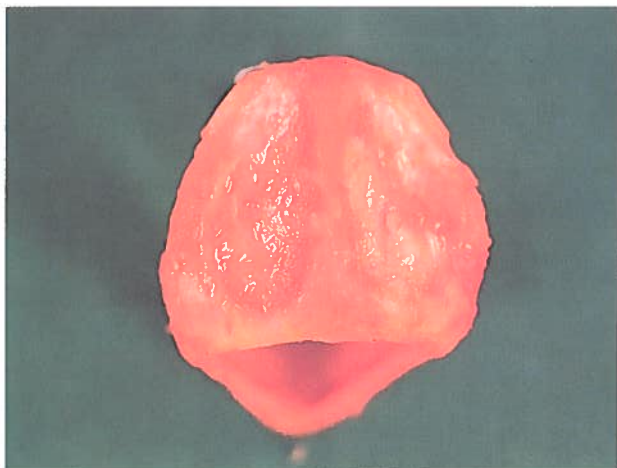


FIG. 8.—Sello cricoideo.

borde superior de la lámina cricoidea. Esta prolongación se denomina proceso muscular, punto donde se insertan los músculos cricoaritenoides posterior y lateral. Del ángulo anterior de la base se destaca una prolongación triangular denominada apófisis vocal sobre la cual se fija el extremo posterior del ligamento vocal. La apófisis vocal forma parte de la cara interna del aritenoides delimitándose entre ambas la porción intercartilaginosa de la cuerda vocal.

La cara anteroexterna presenta dos pequeñas depresiones separadas entre sí por una cresta que por su configuración se denominan fóvea triangular y fóvea oblonga. La fóvea triangular, de ubicación superior con respecto a la cresta, es el lugar de inserción del ligamento de la banda ventricular. Sobre la fóvea oblonga, situada en la proximidad de la base del aritenoides, se inserta el músculo tiroaritenoides.

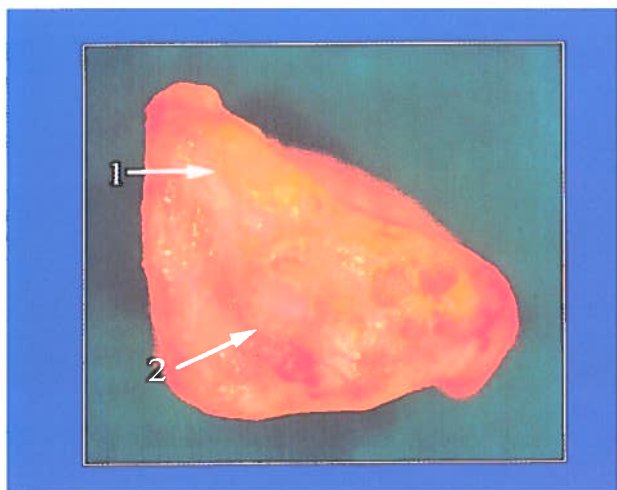


FIG. 9.—1; Carilla articular para aritenoides. 2: Carilla articular para cuerno inferior de tiroides.

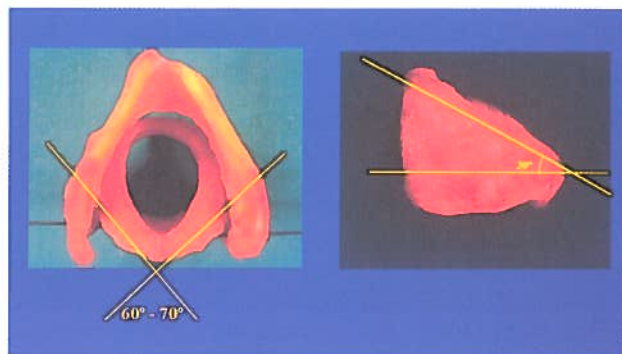


FIG. 10.—Ejes angulares del cartílago cricoides.

La cara posterior presenta una excavación para la inserción del músculo interaritenoides.

Cartílagos cuneiformes o de Wrisberg (κυνεοσ: nave)

Su forma es cilíndrica, ligeramente plana en el sentido transversal y de unas dimensiones aproximadas de 8 a 10 mm. por 2 a 3 de anchura. Se sitúan en el espesor del repliegue aritenopiglótico, donde su extremo superior genera un relieve que se denomina tubérculo de Wrisberg. Su extremo inferior desaparece en el espesor de la zona baja del repliegue. Carecen de significado funcional en lo que a la producción de la voz se refiere. No son constantes y presentan variaciones frecuentes en disposición y tamaño. El contacto forzado en caso de hiperfunción puede generar dolor y aun ulceración en la mucosa que los recubren.

Cartílago epiglótico (επι: sobre-γλωττις: glotis)

Está constituido por una lámina delgada de cartílago elástico cuya forma se identifica con la de la hoja de una planta. Su extremo inferior o peciolo se fija en la cara interna del ángulo del cartílago tiroideos por medio del ligamento tiroepiglótico, a unos 5 mm. por debajo de la escotadura y por encima de la fosita de Merkel. Desde aquí se proyecta hacia arriba y atrás hasta superar con su borde superior, ancho y romo el del hueso hioides.

Su cara anterior la consideramos dividida en dos porciones. La porción superior o libre presenta la cara anterior recubierta por mucosa, que se continúa con la de la base de la lengua y faringe, dando origen a un pliegue mucoso medio o glosopiglótico y a dos pliegues laterales o faringopiglóticos.

La porción inferior de la cara anterior de la epiglótis se une en su extremo superior mediante el ligamento ioepiglótico con el hueso hioides, mante-

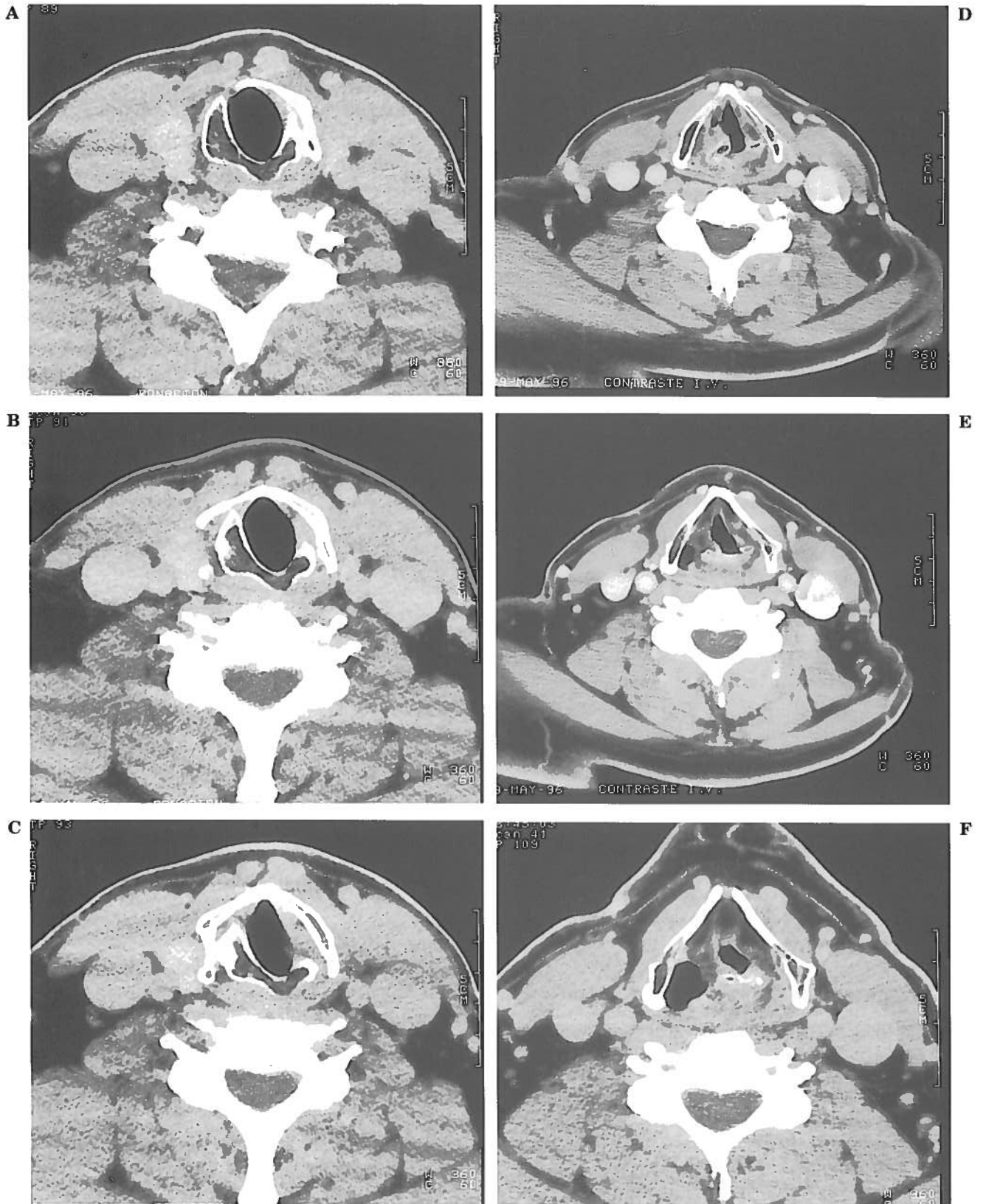


FIG. 11.—Se aprecia un mayor grosor del arco cricoideo derecho y deformación de la lámina posterior, ensanchamiento del ángulo tiroideo, asimetría de altura entre ambos cuernos inferiores del cartilago tiroides, deformación del ala tiroidea derecha y asimetría en la orientación y volumen de aritenoides. Los movimientos de abducción y adducción son asimétricos. La glotis es oblicua. El aumento de volumen de la región posterolateral y la compresión del seno piriforme plantean diagnóstico diferencial con tumores cartilaginosos.

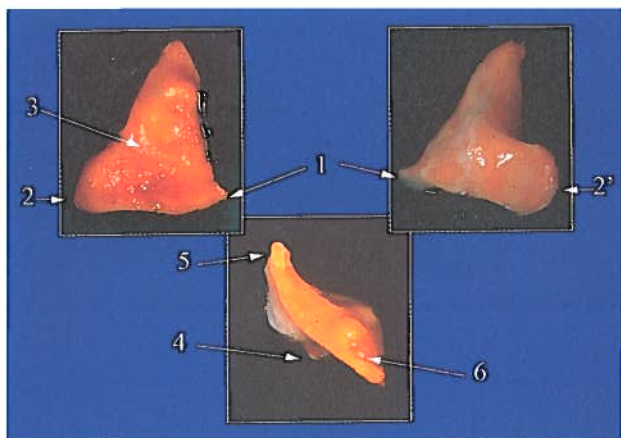


FIG. 12.—Cartílago aritenoides visto por sus caras anteroexterna, inferior y posterolateral. 1: Apófisis vocal. 2: Proceso muscular. 3: Cresta entre las foveas triangular y oblonga. 4: Apófisis vocal. 5: Corniculado. 6: Proceso muscular.

niéndose separada del borde superior del cartílago tiroides y membrana tiroidea por un espacio de contenido graso denominado espacio preepiglótico.

La cara posterior, cóncava en sentido transversal y cóncavo convexa en el sentido vertical, está recubierta totalmente por mucosa. Presenta en su parte más baja un relieve denominada tubérculo epiglótico. A ambos lados de la línea media el cartílago epiglótico aparece perforado por múltiples orificios que sirven de paso para los filetes terminales de la rama interna del nervio laríngeo superior.

Son muy frecuentes las asimetrías del cartílago epiglótico, en lo que se refiere al grado de concavidad transversal. Cuando la concavidad es muy acusada su forma recuerda a la de la letra griega omega, denominándose epiglotis en omega a aquella que presenta esta configuración, circunstancia característica de la laringe infantil y que suele dificultar la visualización del área glótica.

MEMBRANAS Y LIGAMENTOS DE LA LARINGE

Los cartílagos de la laringe se unen entre sí y a las estructuras adyacentes mediante membranas y ligamentos. Las membranas en principio son responsables del cierre de los espacios intercartilaginosos, mientras que los ligamentos tienen un carácter de conexión o fijación funcional. Desde el punto de vista funcional tanto las membranas como los ligamentos deben ser valorados como elementos importantes, pues son responsables de movimientos pasivos. Gracias a la elasticidad que les es propia actúan recuperando la situación de reposo de las piezas móviles cuando la tensión muscular cede. Su propia resistencia a ser elongadas supone un cierto antagonismo a la acción muscular,

lo que sumado a los receptores mecánicos de las articulaciones permitiría una regulación fina de los mecanismos laríngeos.

Se clasifican en membranas y ligamentos extrínsecos e intrínsecos según unan el esqueleto laríngeo a estructuras vecinas o los cartílagos entre sí.

MEMBRANAS Y LIGAMENTOS EXTRINSECOS

Membrana tirohioidea

De las membranas de la laringe la más extensa es la membrana tirohioidea. Su misión principal es el cierre del espacio existente entre el borde superior del cartílago tiroides y el borde inferior del hueso hioides. En la línea media se aprecia un refuerzo que constituye una especialización de la misma, es el ligamento tirohioideo medio. A los lados, coincidiendo con la zona que une las astas mayores del hioides con los cuernos superiores del tiroides, se observan unas condensaciones longitudinales que se denominan ligamentos tirohioideos laterales. Ambas estructuras tienen un significado importante desde el punto de vista de limitación de la separación entre sí del hueso hioides y cartílago tiroides. En los casos en los que se desea generar un descenso quirúrgico de la laringe, la sección de los tres ligamentos permite unos 20 a 25 mm. de desplazamiento caudal de la laringe.

Membrana cricotraqueal

La segunda membrana extrínseca en importancia es la membrana cricotraqueal, que une el borde inferior del cartílago cricoides con el superior del primer anillo traqueal, diferenciándose de los ligamentos interanulares de la tráquea por su mayor densidad en fibras colágenas.

Ligamento hioepiglótico

El cierre del espacio preepiglótico se realiza por arriba por la distribución de un ligamento que se extiende entre el borde superior del cuerpo del hioides y la base de la cara anterior de la porción libre de la epiglotis; se denomina ligamento hioepiglótico.

MEMBRANAS Y LIGAMENTOS INTRINSECOS

Membrana cricotiroides y cono elástico

El espacio comprendido entre el cartílago cricoides y el cartílago tiroides se cierra por una mem-

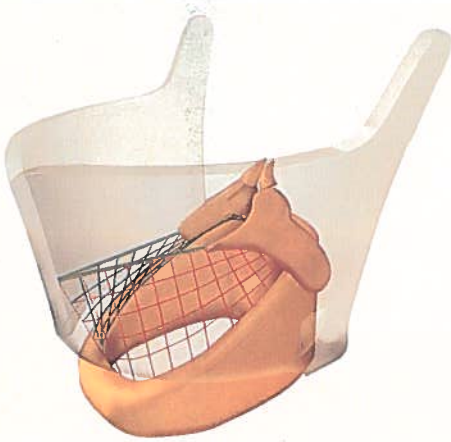


FIG. 13.—Esquema del cono elástico.

brana denominada membrana cricotiroides que distribuyéndose entre cricoides, tiroides y aritenoides y mediante refuerzos especializados genera un sistema de conexión muy complejo, de gran trascendencia funcional. Al conjunto se le denomina cono elástico. Su configuración es la de un cono truncado en su vértice y hueco que asienta su base sobre el borde superior del arco y lámina cricoideas para terminar en una banda que une entre sí el ángulo del cartílago tiroides con la apófisis vocal del aritenoides. Esta peculiar distribución sirve de soporte y elemento de conformación de la cuerda vocal y por tanto es responsable de la forma cónica de la región subglótica (fig. 13). Debido al distinto grosor y significado funcional de algunas de sus zonas podemos diferenciar, dentro del todo que significa el cono elástico, distintos ligamentos y membranas.

En la región anterior, uniendo el borde anterior del arco cricoideo con el inferior del cartílago tiroides, a nivel del ángulo y sus márgenes laterales, se define una banda conjuntiva, a la que se denomina

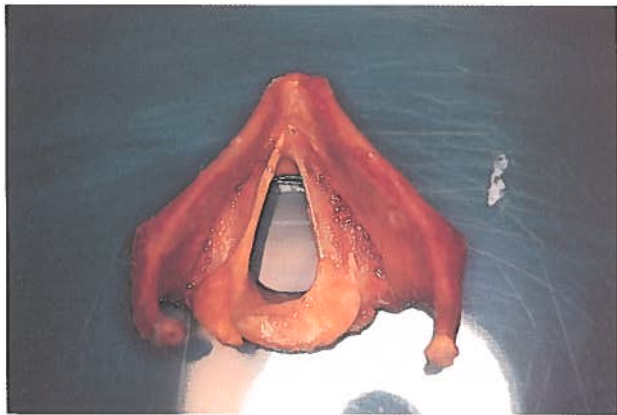


FIG. 14.—Cono elástico. En el lazo izquierdo se observa el aritenoides y el ligamento vocal; en el lado derecho están ausentes y se aprecia la distribución posterior de la lámina triangular.

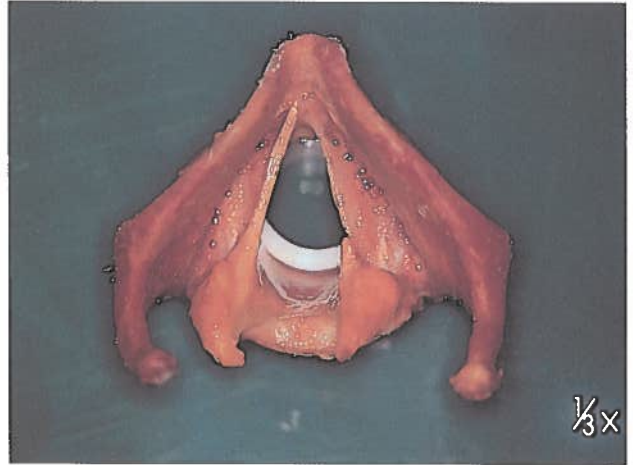


FIG. 15.—Relación entre aritenoides y lámina triangular sin ligamento.

ligamento cricotiroides medio. A los lados, desde el borde superior del arco y lámina cricoidea, siguiendo una dirección hacia arriba y hacia adentro, se extienden dos láminas denominadas membranas cricotiroides laterales o láminas triangulares. Terminan tendidas libremente entre la cara interna del ángulo del cartílago tiroides, apófisis vocal del aritenoides y en la base de la cara anteroexterna del aritenoides. En su borde superior y medial se produce un engrosamiento que constituye el ligamento vocal (figs. 14, 15, 16 y 17).

Membranas cuadrangulares

La configuración de los aspectos laterales del vestíbulo laríngeo se basa sobre un par de membranas elásticas que se denominan membranas cuadrangulares. Estas se extienden en dirección hacia atrás y

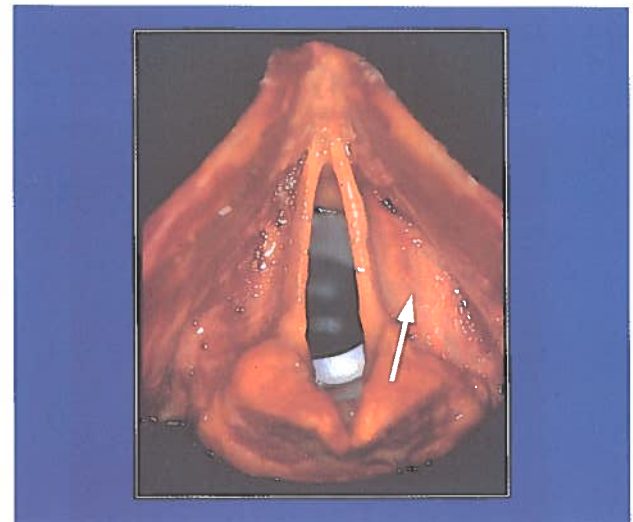


FIG. 16.—Cono elástico completo.



FIG. 17.—Músculo tiroaritenoides adaptado sobre la lámina triangular y ligamento vocal. Se aprecia la inserción posterior del músculo tiroaritenoides sobre la fovea oblonga.

hacia abajo, desde los márgenes laterales del cartílago epiglótico hasta la cara anterior externa del cartílago aritenoides y cartílago corniculado. Sus bordes anterointernos se definen bien visualmente en su confluencia con los bordes externos del cartílago epiglótico, donde generan una discreta angulación y punto de inflexión entre ambas estructuras. Sus bordes superiores configuran los repliegues aritenoepiglóticos. Sus bordes inferiores, en donde se forma un engrosamiento, constituyen los ligamentos aritenoepiglóticos o ligamentos ventriculares sobre los que se organiza el borde libre de la banda ventricular (fig. 18).

Ligamento cricoaritenoides

El ligamento cricoaritenoides o ligamento tritico está formado por haces de orientación diferentes. Se origina en el borde interno de los márgenes de la superficie articular cricoidea, desde donde surgen dos haces, uno posterior fuerte y extenso, que dirigiéndose hacia arriba y afuera se fija sobre el borde posterior de la base del aritenoides, es el

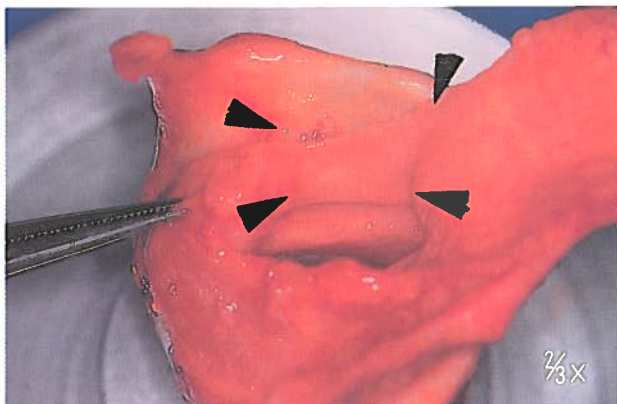


FIG. 18.—Demarcación de la lámina cuadrangular.

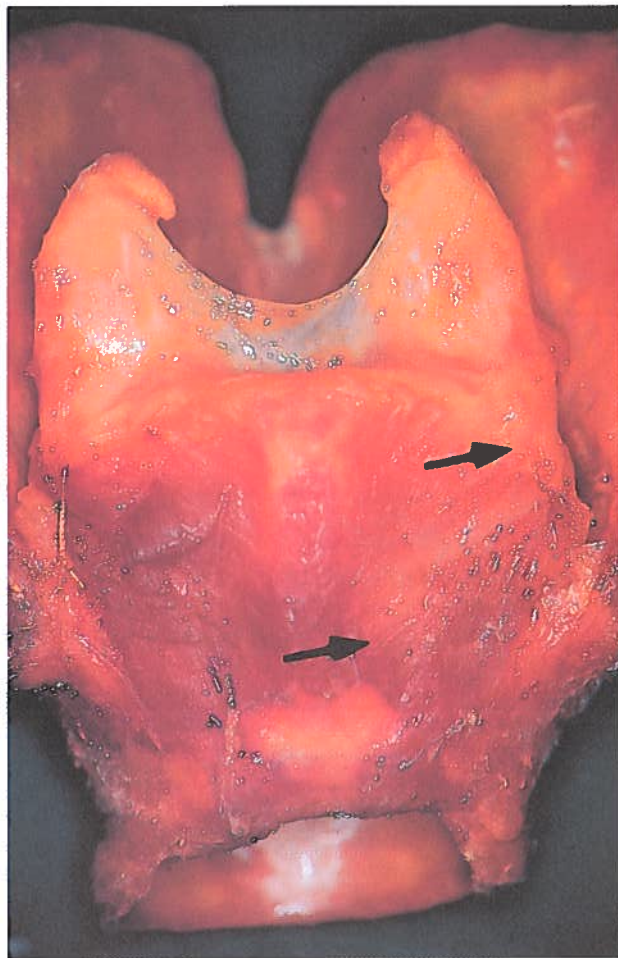


FIG. 19.—Región posterior. Ligamento y músculo cricoaritenoides posteriores.

haz posterior del ligamento cricoaritenoides (fig. 19). El haz anterior, menos potente y a veces ausente, actúa como un simple refuerzo de la cápsula articular, fijándose en la base del aritenoides.

En la región posterior se observa otro ligamento sobre el que no hemos encontrado referencia previa en la literatura. Se distribuye entre el borde posterosuperior de la lámina cricoidea, y el aritenoides, situándose por debajo de la masa muscular interaritenoides. Su implantación cricoidea radica sobre el margen posterior de la lámina, a unos 3 mm. por fuera de la línea media. Desde este punto se dirige hacia adelante y arriba con un trayecto ligeramente medial para fijarse en el borde interno de la cara posterior del aritenoides sobre la base del ápex. Su presencia supone una limitación para el desplazamiento hacia adelante y abajo (fig. 20).

Ligamentos cricotiroides

Los ligamentos cricotiroides o ceratocricoides en número de tres significan un refuerzo para la

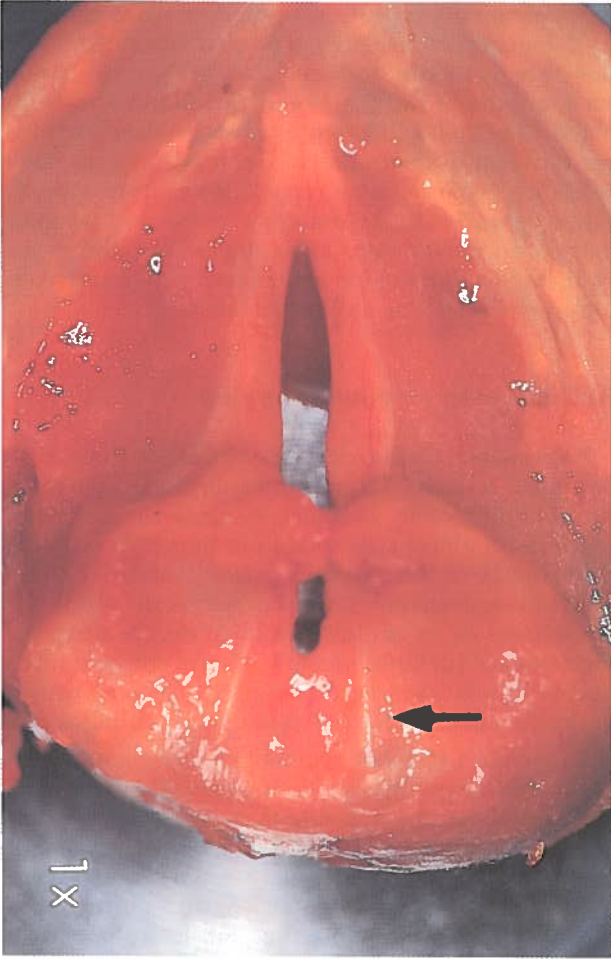


FIG. 20. —Ligamentos cricoaritenoides posterointernos.

cápsula articular cricotiroides. Por su situación alrededor de ésta se denominan posteriores, laterales y anteriores, distribuyéndose entre las caras posterior, lateroinferior y lateroanterior del cartílago cricoides, y sobre el cuerno inferior del cartílago tiroideos. De ellos el más potente es el posterior, que

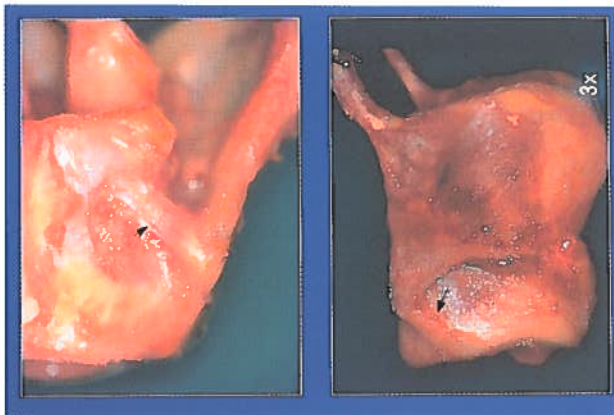


FIG. 21. —Ligamentos cricotiroides posterior y anterior.

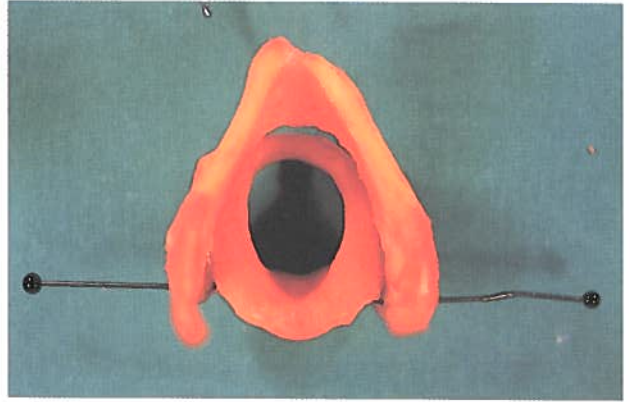


FIG. 22. —Eje de la articulación cricotiroides.

fijándose sobre el borde posterointerno del cuerno tiroideo lo atrae hacia la línea media (fig. 21).

ARTICULACIONES DE LA LARINGE

Articulación cricotiroides

La articulación cricotiroides es una artrodia que une entre sí los cuernos inferiores del cartílago tiroideos con la superficie articular que presenta en su cara externa el cartílago cricoides.

En algunas piezas anatómicas apenas sí se distinguen éstas como tales, mientras que en otras se destaca una carilla cricoidea bien definida, situada sobre una prominencia en la cara lateral del cricoides, de superficie convexa, que se corresponde con una superficie articular cóncava en el extremo del cuerno tiroideo. Su orientación puede variar también, siendo lo frecuente una inclinación hacia abajo.

La unión entre ambas carillas articulares se realiza mediante una sinovial reforzada por los ligamentos cricotiroides. El movimiento fundamental de esta articulación se realiza alrededor de un eje horizontal que pasa por el centro de cada articula-

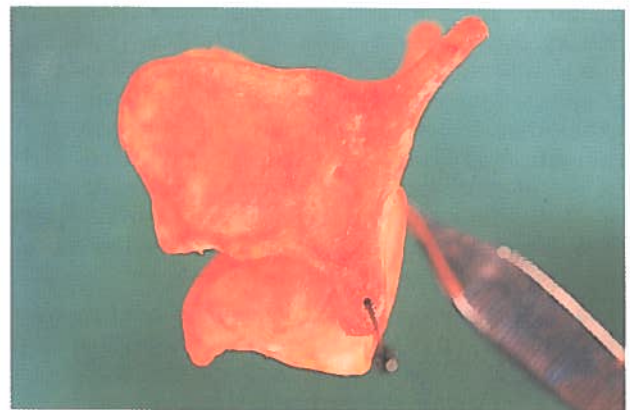


FIG. 23. —Vista lateral de los cartílagos tiroideos y cricoides con su eje articular

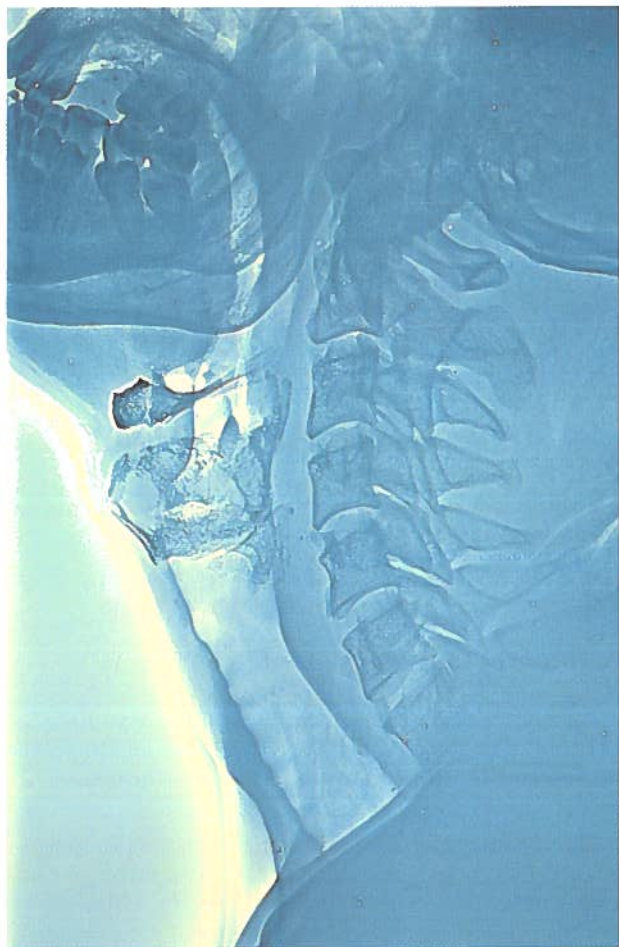


FIG. 24.—Contracción del músculo cricotiroides. Se observa la elongación de la cuerda, el ascenso del arco del cricoides y la situación de la lámina posterior.

ción, lo cual dada la situación posterior del eje produce un efecto de basculamiento (figs. 22 y 23). Este basculamiento acorta la distancia entre el borde anteroinferior del cartílago tiroides y el superior del cartílago cricoides, mecanismo que lleva consigo el alargamiento de la cuerda vocal. En relación a cuál de los dos cartílagos bascula sobre el otro existen diferencias de opinión notables. Tanto MAYET y MUNDNICH (1958) como ARNOLD (1965) son de la opinión que es el cartílago cricoides el que al no presentar fijaciones musculares está mecánicamente más libre para ser desplazado hacia arriba por la contracción del músculo cricotiroides (fig. 24). La opinión contraria es postulada por VENNARD (1967), que interpreta que es el cartílago tiroides el más fácilmente movilizable de los dos.

La articulación cricotiroides puede realizar otro movimiento no dependiente del eje anteriormente mencionado. El deslizamiento hacia adelante de los cuernos inferiores del cartílago tiroides ha sido demostrado mediante estudios radiográficos realizados por SONNINEN (1968), el cual aprecia que un

desplazamiento en este sentido de unos 2 a 3 mm. complementa el mecanismo de elongación generado por el movimiento de báscula y, por tanto, supone un incremento de la frecuencia fundamental. La elasticidad de los ligamentos cricotiroides permitiría tanto su desplazamiento hacia adelante como el retorno a la posición de reposo. En sentido opuesto especula MAUE (1971), quien no reconoce la posibilidad de un movimiento hacia adelante, pues lo impedirían los ligamentos articulares y la orientación anteromedial de los anillos tiroideos.

Articulación cricoaritenoides

Es una diartrodia que ostenta movimientos de balanceo y de deslizamiento que hacen posibles tanto la abducción y adducción de la cuerda vocal, como la regulación precisa de la fonación. La carilla articular cricoidea está situada sobre el plano inclinado que supone la configuración del borde superolateral de la lámina cricoidea. Su eje mayor se dirige hacia adelante, abajo y afuera, con una inclinación aproximada de 30°. Su superficie es convexa, pudiendo considerarse como medio cilindro.

La carilla articular aritenoides se encuentra situada en la cara inferior de la base del aritenoides, ocupando la mayor parte de la cara inferior del proceso muscular. Se adapta sobre la convexidad de la carilla articular cricoidea sin ocupar, la aposición entre ambas, un tercio de la longitud mayor de la misma, aproximadamente (fig. 25). En este sentido FINK (1975) estima que dado que la longitud del eje mayor de la carilla articular cricoidea es de 7,5 mm., siendo de 5 mm. la anchura de la carilla aritenoides, quedan libres 2,5 mm. útiles para el deslizamiento del aritenoides sobre el cricoides, en el sentido del eje mayor de la carilla articular cricoidea.

Ambas están vinculadas mediante una cápsula tapizada interiormente por una sinovial muy laxa que rodea todo su perímetro y los ligamentos ya descritos. Esta unión no es en absoluto tan firme como podría pensarse. La disección de esta articulación permite valorar que una vez seccionada la inserción sobre el proceso muscular del músculo cricoaritenoides posterior, la movilidad de la base del aritenoides con respecto a la carilla articular del cricoides es muy amplia. Una mínima tracción hacia arriba o hacia adelante permite una separación entre ambas de unos 2 mm. o un deslizamiento hacia abajo de similar dimensión. La interrupción de la tracción lleva consigo la recuperación de la situación inicial; ambos hechos llevan a considerar la marcada elasticidad tanto de la cápsula como del ligamento posterior como de la influencia mecánica que puede significar.

El movimiento del aritenoides sobre el cartílago cricoides ha sido descrito clásicamente como de ro-

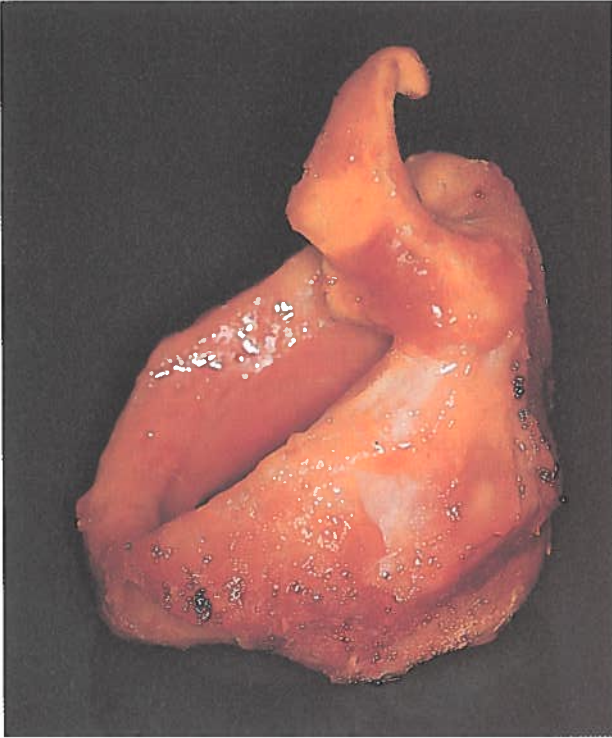


FIG. 25.—Cartilagos cricoides y aritenoides.

tación alrededor de un eje vertical que pasaría por el centro de las superficies articulares. Este concepto no se adapta a lo que debe esperarse de las características mecánicas de la articulación cricoaritenoides, lo que ha dado lugar a numerosos estudios. Las primeras descripciones al respecto las encontramos en HENLE (1866) y WILL (1895), quienes reconocen que en el desplazamiento de la apófisis vocal hacia adentro, ésta se inclina hacia abajo, haciéndolo hacia arriba cuando el desplazamiento es hacia afuera. Estudios posteriores de SONESSON (1959) y VON LEDEN y MOORE (1961), en los que analizan los movimientos de la articulación basándose en las características articulares y la acción de los músculos intrínsecos, concluyen en definir dos tipos de movimientos: un movimiento de báscula o balanceo alrededor del eje mayor de la carilla cricoidea y un desplazamiento lineal paralelo a dicho eje (figs. 26 y 27). El movimiento de báscula durante la abducción lleva consigo el desplazamiento de la apófisis vocal hacia arriba y hacia afuera, mientras que la aducción desplaza la apófisis vocal hacia adentro y abajo. El movimiento de deslizamiento facilita el alargamiento y acortamiento de la longitud de la cuerda vocal dentro de límites muy reducidos. Dada la mayor fortaleza del ligamento cricoaritenoides posterior el movimiento hacia adelante y abajo es más limitado que el opuesto.

Los ligamentos cricoaritenoides posterointernos mencionados en este capítulo por primera vez serían

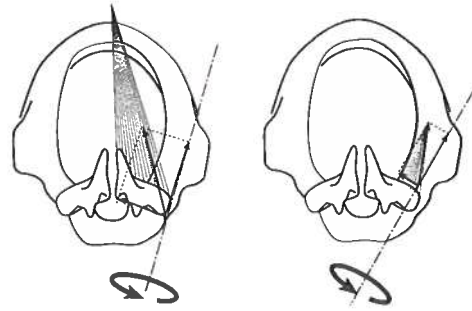


FIG. 26.—Desplazamientos de la articulación cricoaritenoides.

los responsables de limitar en cierta medida la inclinación hacia adelante y abajo de la apófisis vocal en el punto máximo de deslizamiento hacia abajo.

MUSCULATURA LARINGEA

Los músculos de la laringe se dividen en extrínsecos e intrínsecos. Los músculos extrínsecos son aquellos que se insertan por una de sus extremidades en la laringe, haciéndolo por la otra en estructuras vecinas. Su acción genera movimientos de conjunto. Los músculos intrínsecos, insertos por sus dos extremidades en los cartílagos laríngeos, imprimen movimientos entre sí de las estructuras cartilaginosas sobre las que se fijan.

La misión de los primeros es la de regular los movimientos de ascenso y descenso de la laringe y mantenerla en posición, siendo la de los intrínsecos la regulación del mecanismo de apertura y cierre del área glótica y la regulación precisa de la fonación. Esta descripción habitual, adecuada en un principio, sitúa la denominada musculatura extrínseca en un plano de importancia menor, ignorando la existencia de un necesario sinergismo entre ambos grupos musculares, así como la relación funcional con los sistemas suspensorios de la laringe. De

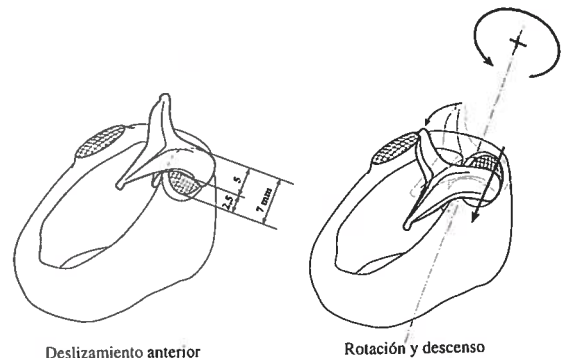


FIG. 27.—Desplazamiento de la articulación cricoaritenoides.

ambos grupos musculares depende la producción vocal correcta, ambos son intrínsecos desde el punto de vista funcional. Este es un hecho evidente para todos aquellos con experiencia en la enseñanza del canto o en la corrección de los trastornos funcionales de la voz, quienes en su práctica buscan con la corrección de la postura y el gesto la reducción de la tensión, el equilibrio de fuerzas y la correcta configuración del tracto vocal superior, de gran importancia en lo que a la resonancia se refiere.

MUSCULOS EXTRINSECOS

Músculo esternotiroideo

Se origina en la cara posterior del manubrio esternal y de la primera costilla. Sus fibras se dirigen hacia arriba insertándose en la línea oblicua del cartílago tiroideos. Su acción principal es desplazar la laringe hacia abajo y ligeramente hacia adelante. Su participación en la fonación ha sido señalada por SHILLING (1937), atribuyéndole un antagonismo claro a la función del cricotiroideo, lo que permite una liberación de tensión del músculo vocal que lo sitúa en un estado de equilibrio adecuado para la regulación de su configuración

Músculo tirohioideo

Su origen radica sobre la línea oblicua. Desde este punto sus fibras se dirigen hacia arriba para insertarse en el borde inferior del asta mayor del hioides, su contracción genera el acortamiento de la distancia existente entre el borde superior del cartílago tiroideos y el inferior del hueso hioides. Su acción principal es el ascenso de la laringe cuando se encuentra fijo el hueso hioides. Esta tracción lleva consigo la aproximación de los aritenoides hacia la cara laríngea de la epiglotis, colaborando de forma importante en el cierre de la entrada de la laringe.

Como veremos más adelante los músculos esternotiroideo y tirohioideo actúan como una unidad.

Músculo constrictor inferior de la faringe

Denominado también músculo tirofaríngeo, corresponde a la porción inferior o hipofaringe de la faringe. Su inserción se realiza a cada lado del cartílago tiroideos sobre ambos tubérculos, en la línea oblicua. La unión posterior entre ambos constrictores inferiores de la faringe se realiza por un rafe medio. Por debajo del nivel del cartílago tiroideos se diferencia un haz muscular de trayecto horizontal, denominado músculo cricofaríngeo. Esta distribución conforma

una estructura muscular tubular de unos 5 cm. de altura, más ancha en su parte craneal que en la caudal, la cual se continua con el esófago cervical.

Su contracción involuntaria durante la deglución se realiza de forma progresiva de arriba hacia abajo, desplazando el bolo alimenticio hacia el esófago. Las fibras del músculo cricofaríngeo actúan como un esfínter que se relaja y abre ante el estímulo mecánico generado por la presión del bolo.

Desde el punto de vista de la fonación constituye la pared muscular de la región baja de la cavidad de resonancia, la cual es de máxima importancia funcional. Su dinámica durante la fonación y el canto dotan a esta cavidad de la posibilidad de una gran variabilidad de diámetros y consistencia de sus paredes, lo que la convierte en una cavidad de resonancia única desde el punto de vista acústico.

MUSCULOS INTRINSECOS

Los músculos intrínsecos de la laringe constituyen un sistema complejo, cuya misión es realizar los minuciosos y rapidísimos ajustes que requiere la producción de la voz y la palabra. Entre ellos podemos distinguir dos grupos principales: uno, destinado a la apertura y cierre del aditus laríngeo, y otro, encargado de la apertura y cierre de la glotis. Ambos grupos están formados por músculos pares de actuación simultánea, lo que les confiere la categoría de unidad funcional. En relación a la función precisa que realizan se clasifican en abductores, adductores, tensores y relajadores.

Músculo aritenopiglótico

Se origina en la cara posterior del vértice del aritenoides desde donde discurriendo en el espesor del repliegue aritenopiglótico se inserta en la lámina cuadrangular y bordes laterales de la epiglotis. Están formados por un haz de fibras muy delgado, con frecuencia inapreciable, que no es más que una continuación de las fibras del haz oblicuo del músculo aritenoides.

Su acción es la de reducir el diámetro del aditus laríngeo y desplazar la epiglotis hacia atrás y hacia abajo.

Músculo tiroepiglótico

Se denomina así a un haz de fibras no constante que partiendo de la inserción anterior del músculo tiroaritenoides se dirige hacia arriba y adelante para insertarse en el margen del cartílago epiglótico. Su acción es la opuesta a la del músculo aritenopiglótico, amplía el diámetro del aditus y eleva la epiglotis.

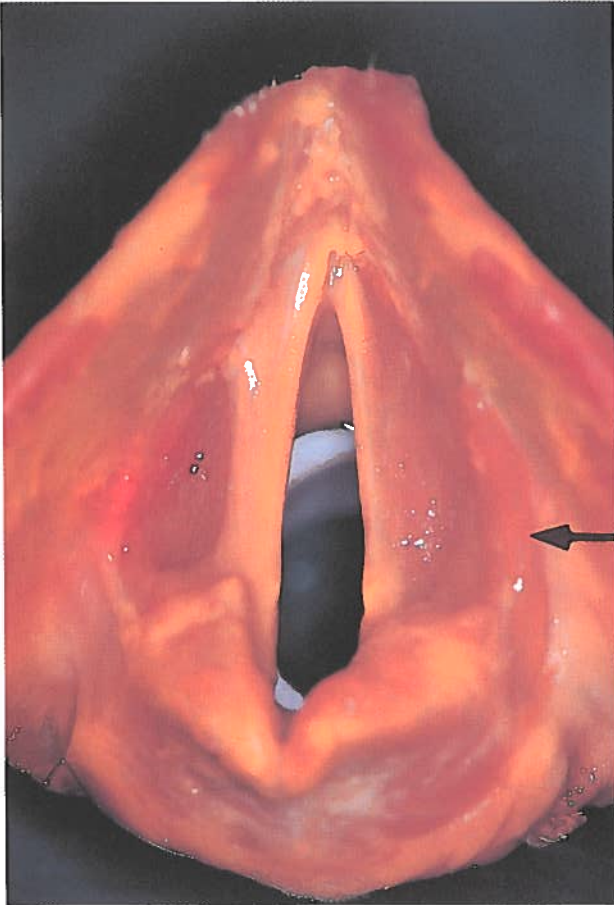


FIG. 28.—Se aprecia la superación en altura de la parte más externa del músculo tiromuscular respecto a la del tirovocal.

Músculo tiroaritenoides

Constituye el cuerpo de la cuerda vocal y se considera formado por dos haces musculares. El haz más interno discurre paralelamente al ligamento vocal, denominándose músculo tirovocal o músculo vocal. El haz externo o tiromuscular se sitúa por fuera de éste (fig. 28). La inserción anterior, común para los dos haces, se realiza sobre el ángulo del tiroides en una demarcación muy estrecha, alargada en sentido vertical. Las fibras correspondientes al haz interno se insertan sobre la cara lateral de la apófisis vocal, haciéndolo el haz externo sobre la fóvea oblonga y la base del aritenoides, que se corresponde con la cara anterolateral del proceso muscular. Esta inserción lo sitúa en una posición más inferior y lateral con respecto al músculo vocal. En su desplazamiento hacia la línea media la cara lateral del aritenoides cambia su orientación, situándose en posición casi anterior y más baja, por lo que la configuración del músculo pasa de ser una masa aplanada en sentido vertical a presentar una orientación casi horizontal, y de dirección, en lugar de paralela al ligamento, divergente hacia atrás y ha-

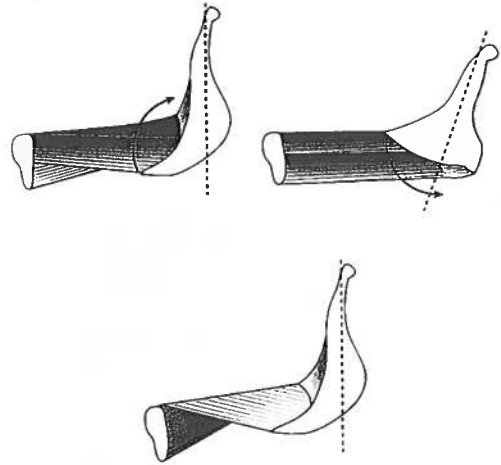


FIG. 29.—Esquema de la disposición del músculo tiroaritenoides en abducción y aducción según SONNINEN.

cia afuera (fig. 29). A este efecto de torsión, dependiente de la posición del aritenoides, atribuye WUSTROW la descripción que hizo GÖERTTLER (1950) de la distribución de las fibras del músculo vocal. Para este autor existirían dos haces musculares de curso oblicuo con respecto a ligamento. El haz anterior se dirigiría desde su inserción en el ángulo tiroideo para fijarse en el ligamento y borde superior de la apófisis tirovocal. El haz posterior se dirigiría desde la inserción en la fóvea oblonga hacia adelante y adentro para fijarse igualmente en el ligamento sobre su margen lateral, sería el haz arivocal. Ambos músculos se cruzarían en sus inserciones sobre el ligamento, lo cual supondría una dinámica de la cuerda vocal diferente a la establecida. Esta descripción errónea fue utilizada como base morfológica para apoyar la teoría neurocronaxica.

La vinculación de haz interno con el ligamento y la cara externa del cono elástico es muy laxa, son pocas las fibras conjuntivas que los unen, siendo fácilmente disecable sin desestructurar el ligamento al igual que lo es el haz externo del pericondrio del ala tiroidea (fig. 30).

La unión de ambos ligamentos con el cartílago tiroides se realiza mediante un tendón formado por fibras colágenas que se distribuyen entre la parte más anterior de la mácula flava y la parte anterolateral de los planos intermedio y profundo de la lámina propia posteriormente y el cartílago tiroides por delante (fig. 31).

Los trabajos recientes de SANDERS (1996) demuestran que existen diferencias histológicas que permiten considerar al músculo tiroaritenoides como constituido por dos haces diferentes. En el músculo vocal la proporción de fibras musculares de contracción lenta es muy alta, mientras que en el haz externo, tiromuscular, el porcentaje de fibras de

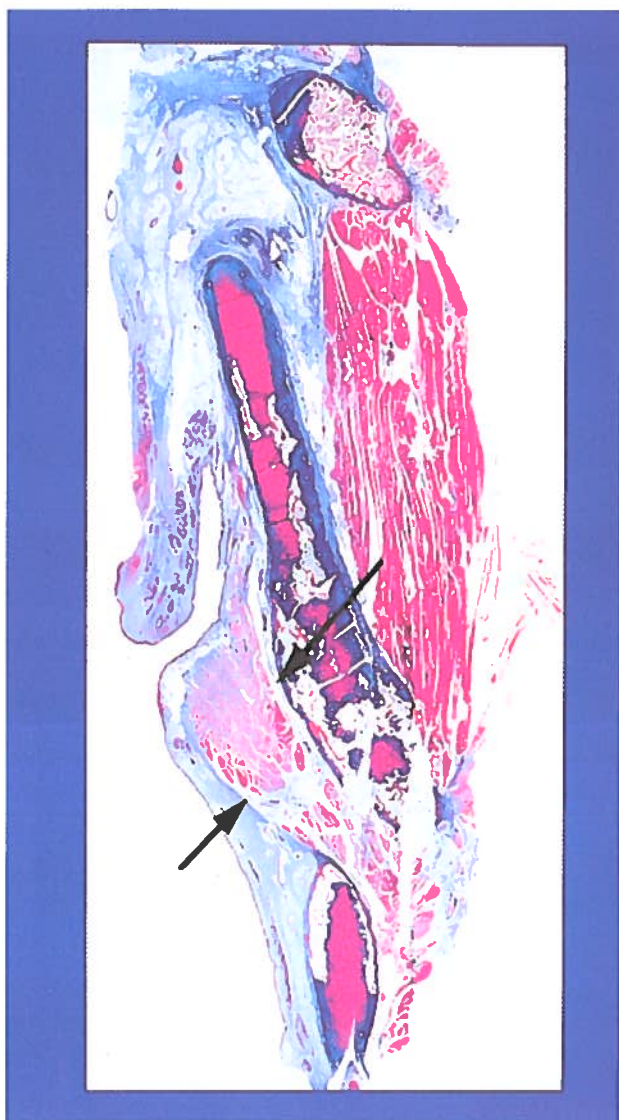


FIG. 30.—Se observan los planos de clivaje entre cono elástico y cartilago tiroideo y músculo tiroaritenoides.

contracción rápida supera con mucho a las lentas, lo que sugiere una especialización diferente de cada músculo. El músculo vocal sería el responsable del control de la tensión muscular durante la fonación y el músculo tireomuscular lo sería de la adducción. Dentro del músculo vocal aprecia la existencia de dos porciones o comportamientos, uno superior y otro inferior. La porción inferior regularía la tensión de la porción subglótica de la cuerda vocal izquierda y dependería de las cualidades vocales, siendo regulada principalmente por el sistema nervioso central.

Esta concepción de la especialización de distintos grupos musculares dentro del conjunto que forman los haces internos y externo del músculo tiroaritenoides abre una línea que puede aportar un mayor conocimiento sobre los mecanismos de regulación

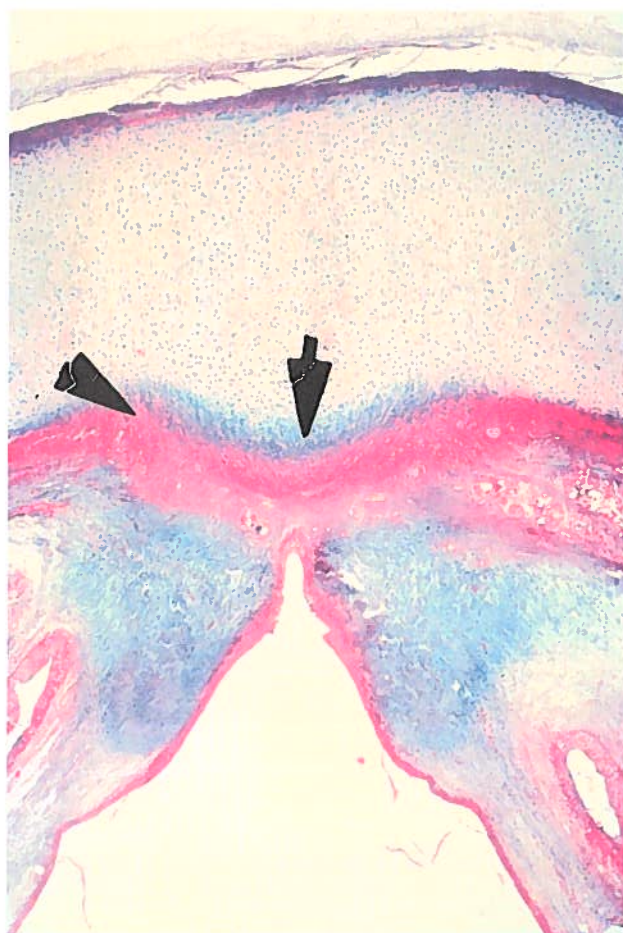


FIG. 31.—Corte horizontal de la comisura anterior.

fina de la fonación, confirmar lo acertado del modelo fonatorio de las dos masas y reconocer un mecanismo de modificación de la tensión y masa diferente al que genera pasivamente la contracción del músculo cricotiroides.

Desde el punto de vista mecánico el haz interno actúa como regulador de la tensión isométrica de la cuerda vocal. Su contracción isotónica genera la aproximación de los aritenoides hacia el cartilago tiroides, por lo que actúa también como relajador de la glotis, colaborando además en la adducción y elevación de la apófisis vocal.

El haz externo mediante un vector oblicuo con respecto a su lugar de inserción en el cartilago tiroides actúa como adductor de la cuerda vocal compartiendo con el cricoaritenoides lateral la acción denominada compresión medial.

Músculo cricoaritenoides posterior

Su origen se sitúa en las depresiones existentes en la cara posterior de la lámina cricoidea, desde

allí se dirige en forma de abanico hacia arriba y afuera fijándose sobre la superficie posterosuperior del proceso vocal.

Su forma condiciona un diferente trayecto de las fibras musculares que lo constituyen. Las fibras superiores siguen un trayecto horizontal, el trayecto de las fibras medias es oblicuo, siéndolo el de las fibras inferiores casi vertical. ZEMPLIM y cols. (1984) consideran al cricoaritenosoideo posterior como formado por dos haces: un haz lateral de dirección vertical y otro medial de dirección horizontal. El haz lateral produciría la rotación del proceso muscular hacia afuera y abajo. Al haz horizontal le atribuyen una misión de estabilización del cartílago aritenoides.

Su acción principal es la abducción de las cuerdas vocales. Al ser el único músculo dilatador de la glotis se le ha considerado como músculo respiratorio, pasando ignorada en líneas generales su participación en la fonación. En este sentido colabora de forma fundamental en la articulación a nivel de la glotis. Los estudios electromiográficos realizados por FAABORG-ANDERSEN (1957) y por KOTBY y AUGEN (1970) detectan la interrupción de la actividad eléctrica del cricoaritenosoideo posterior durante fonación mantenida, la cual comienza a incrementarse pocos milisegundos antes del final de la voz audible, lo que les lleva a puntualizar que su acción no es la de un simple abductor. Tanto HIROTO (1967), como HIROSE (1970) mediante estudios más elaborados, aprecian que durante la producción de algunos sonidos intervocálicos se produce un incremento de la actividad del cricoaritenosoideo posterior, que se acompaña de la interrupción de la actividad de la musculatura interaritenosoidea. La valoración visual que hemos realizado para la comprobación de la actividad dinámica de la fonación, GARCIA-TAPIA (1985) demuestra que durante la silabización y durante la ejecución de determinados efectos de embellecimiento del canto se producen variaciones rapidísimas de las dimensiones del área glótica, las cuales no son explicables por la sola interrupción de la acción adductora y la elasticidad recuperadora. Su acción se mantiene durante todo el proceso fonatorio, regulando el equilibrio tensional muscular y la estabilidad del aritenoides y realizando su propia misión abductora de forma limitada en consonancia con las necesidades fonatorias.

Músculo cricoaritenosoideo lateral

Se origina sobre el borde superior del arco cricoideo, desde allí se inserta en la región anterior del proceso muscular del aritenoides donde sus fibras más superficiales discurren por encima de éste para fundirse con las del aritenosoideo.

En su acción desplaza al proceso vocal hacia la línea media, siendo responsable de la aproximación

de la porción membranosa de la cuerda vocal. Su acción, que se define como la compresión medial, es de importancia máxima en la regulación tanto de la frecuencia como de la intensidad.

Músculo interaritenosoideo

Denominado también músculo aritenosoideo, impar y medio, está formado por dos porciones, una superficial, de dirección oblicua, y una profunda, de dirección transversal. La porción oblicua está constituida a su vez por dos haces, uno superficial y otro profundo. Las fibras profundas se fijan por un extremo en la superficie posterior del proceso muscular de un aritenoides haciéndolo por su otro extremo en el vértice del aritenoides opuesto. Las fibras más superficiales, originándose sobre el proceso muscular, rodean al aritenoides para fundirse con las fibras del músculo aritenosoepiglótico.

La porción transversal del músculo, muy robusta, está formada por fibras de trayecto horizontal que unen los márgenes laterales y la superficie posterior de los aritenoides. La acción global de ambos cuerpos musculares es aproximar entre sí ambas caras internas de los aritenoides mediante el deslizamiento sobre la superficie articular cricoidea de los mismos en dirección medial. Es por tanto un músculo constrictor de la glotis.

Músculo cricotiroides

Se origina sobre la cara anterolateral del arco cricoideo, desde donde divergiendo se configuran dos haces bien definidos. El más medial dirige sus fibras verticalmente para insertarse en la cara interna del borde inferior de la lámina tiroidea correspondiente, se denomina haz recto del músculo cricotiroides. El haz lateral siguiendo una dirección hacia arriba y atrás se fija sobre el margen anterior del cuerno inferior del cartílago tiroideo, es el haz oblicuo del cricotiroides.

Su acción principal es aproximar el margen superior del arco cricoideo al inferior del cartílago tiroideo. Este movimiento, descrito al referirnos a la articulación cricotiroides, genera la elongación de la cuerda vocal al desplazar la lámina cricoidea hacia atrás y hacia abajo, alejando así los aritenoides del cartílago tiroideo.

Actúa como el principal tensor de la cuerda vocal. A diferencia del tiroaritenosoideo, produce una tensión isotónica, dado que se consigue por el aumento de longitud de la cuerda. Esta acción en relación a la generación de frecuencias es sinérgica con la contracción isométrica del músculo vocal.

APARATO SUSPENSORIO DE LA LARINGE

Se han descritos las conexiones mediante membranas, ligamentos y músculos, que uniendo las distintas estructuras del esqueleto laríngeo configuran a la laringe como una unidad funcional. Esta es mantenida en posición mediante el aparato suspensorio al que sigue en sus movimientos de ascenso y descenso, vinculados principalmente con la respiración y deglución. Sin embargo, desde el punto de vista dinámico es evidente que los mecanismos laríngeos relacionados con la producción de la voz dependen en gran medida de fuerzas ajenas a la propia organización muscular intrínseca de la laringe. En este sentido consideramos que la descripción del elemento suspensorio de la laringe, configurado por el hueso hioides y la musculatura que en él se inserta, tan numerosa y potente, a la que se asocian los músculos estilofaríngeo y palatofaríngeo, debe incluirse en este capítulo, pues le atribuimos un gran significado en relación a la generación de la voz hablada y cantada, así como del lenguaje. Al ser imposible la referencia al mismo en extenso, nos limitamos a describirlo en esquema como un sistema funcional independiente.

Desde la base del cráneo y mediante los ligamentos estilohioides, el hueso hioides pende como una percha situada en la línea media del cuello, por encima del cartílago tiroideos. El ligamento estilohioides se fija sobre el cuerno menor del hioides, haciéndolo la polea del musculodigástrico lateralmente con respecto a la zona de unión del cuerno mayor del hioides con el cuerpo. Así dispuestos condicionan la existencia de un eje de giro horizontal, alrededor del cual el hueso hioides es capaz de voltear hacia arriba o hacia abajo según la dirección de las fuerzas que sobre él actúan, manteniéndose al mismo tiempo una gran libertad de movimiento en el sentido vertical, lateral y anteroposterior.

La suspensión que significan los ligamentos tirohioides medio y laterales suponen un anclaje de menor amplitud de movimiento, pero que permite los desplazamientos entre hioides y cartílago tiroideos en todos los planos. La unión del cartílago tiroideos con cricoides, así como la del cricoides con tráquea, es una unión más firme y de menor grado de desplazamiento.

En un plano más posterior y en sentido craneocaudal los músculos estilofaríngeo y palatofaríngeo insertados en el cartílago tiroideos, elevadores de la faringe, lo son también de la laringe, colaborando de forma importante en la reducción del diámetro de la hipofaringe. Para RETHI (1934) este sistema muscular tiene una gran influencia sobre la fonación dado que forma un sistema complejo por la asociación funcional con los músculos ariepiglótico, haz oblicuo del aritenioideo y cricofaríngeo. Lo rela-

ción con la generación de la voz de bandas ventriculares por el mecanismo constrictor que genera sobre el vestíbulo laríngeo.

Las conexiones superiores del hueso hioides con mandíbula y lengua suponen fuerzas de acción que actúan en sentido opuesto al de aquellas dependientes de la contracción del músculo estilohioides y vientre posterior de digástrico. Tanto el músculo genihioides como el vientre anterior del digástrico, dirigiéndose, respectivamente, desde el cuerpo del hueso hioides y cuerno menor del hioides a la región anterior de la mandíbula, generan el desplazamiento hacia arriba y adelante del hueso hioides y actúan por tanto como un verdadero sistema suspensorio, pero su significado funcional supera con mucho esta función primaria. Tanto la movilidad de la mandíbula como la de la base del cráneo sobre la columna vertebral influyen directamente en la posición de la laringe, en lo que a altura y orientación con respecto a plano axial se refiere, lo que significa un mecanismo de regulación de situación y configuración de la cavidad resonancia, así como de regulación tensional.

La vinculación de la base de la lengua con el hueso hioides supone otro mecanismo de regulación de posición que influye indirectamente sobre la laringe. La actividad de la musculatura lingual durante la fonación y generación de los sonidos vocálicos es notable, en particular durante la elevación del tono.

Los músculos constrictores inferiores, además de conformar la hipofaringe y participar de forma activa en la deglución, presuponen una tracción sobre la laringe dirigida hacia atrás y hacia arriba. Su contracción simultánea lleva consigo la reducción del diámetro hipofaríngeo, así como la compresión hacia adentro de ambos bordes posteriores del cartílago tiroideos. Esta aproximación entre sí de los bordes posteriores de las alas tiroideas disminuye también el diámetro laríngeo y produce el desplazamiento hacia adelante de la inserción anterior de la cuerda vocal, lo que lleva consigo una ligera elongación y por tanto aumento de la tensión de la cuerda vocal. Ambos efectos dependen no sólo de la acción muscular, sino también de la elasticidad del cartílago tiroideos, por lo que la osificación del cartílago anula este mecanismo.

En la región baja de la laringe debe considerarse la existencia de dos fuerzas que actúan sobre el cartílago cricoides, una de ellas es la tracción hacia abajo que supone el peso del aparato respiratorio y su propia dinámica, la otra la que genera la contracción del músculo cricofaríngeo. La primera supone una tracción en sentido vertical, que tiende a desplazar la laringe hacia abajo y a fijar el cartílago cricoides. La acción del músculo cricofaríngeo, cuyo vector se dirige hacia atrás y hacia arriba, supondría el desplazamiento del arco del cricoides y el ascenso y desplazamiento hacia adelante de la

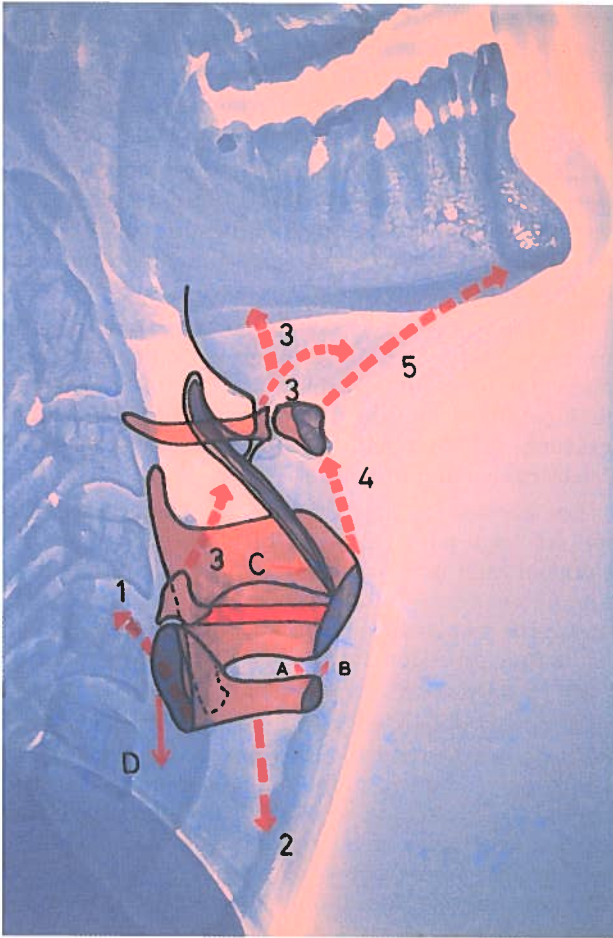


FIG. 32.—Esquema de las fuerzas que actúan sobre la laringe. Las flechas continuas señalan los tensores y elongadores. A y B: Haces recto y oblicuo del músculo cricotiroides. C: Músculo constrictor inferior de la laringe. D: Musculatura esofágica. Las flechas interrumpidas señalan las fuerzas que acortan la longitud de la cuerda vocal. 1: Cricofaríngeo. 2: Tracción traqueal. 3: Cadena funcional de Zenker formada por aritenoides, músculo aritenoepiglótico, lengua, hioides, mandíbula. 4: Músculo tirohioideo, ligamentos tirohioideos. 5: Musculatura hiomandibular. (Tomado de SONNINEN, 1968.)

lámينا cricoidea, lo que supondría una acción antagonista a la del músculo cricotiroides.

Configurar un esquema cerrado sobre la acción de cada uno de los músculos que participan en la fonación y relacionarlo con las numerosas circunstancias de agonismo y antagonismo que aporta el aparato suspensorio y sus conexiones musculares supone una gran complicación de la funcionalidad laríngea. No obstante, los trabajos de SCHILLING (1940), VAN DEN BERG (1959), SONNINEN (1956) y ZENKER (1964), dirigidos a analizar la acción de la musculatura extrínseca de la laringe, confirman la importancia de las fuerzas extrínsecas y su influencia sobre la fonación (figs. 32 y 33).

Tanto en relación a la enseñanza del canto como a la normalización de la voz hablada y al enfoque

diagnóstico y terapéutico de la disfonía funcional no se puede ignorar su significado.

Los estudios realizados por ZENKER (1964) sobre la influencia del aparato suspensorio de la laringe concluyen en que existen dos grupos de fuerzas diferentes según su situación con respecto al eje de las articulaciones cricotiroides. Los situados por detrás de este eje, fibras esofágicas insertadas en la cara posterior de la lámina cricoidea y músculo constrictor inferior de la faringe, generan la elongación de las cuerdas vocales. Los situados por delante del eje cricotiroides, músculo cricofaríngeo, músculos suprahioides y la tracción traqueal, contribuirían bajo determinadas circunstancias, como puede ser la situación de la cabeza o de la mandíbula, al acortamiento de las cuerdas vocales.

Bajo este concepto es necesario distinguir entre la acción primaria de un músculo y la acción indirecta condicionada por la de otro en otros músculos. Así considerada la acción del músculo esternotiroideo sería doble. En la producción de tonos agudos participaría como agonista del cricotiroides elongando las cuerdas vocales. En la producción de sonidos graves las acortaría.

INERVIACION DE LA LARINGE

Las fibras corticales parten del área 4 de Broca, situada en la región inferior del giro precentral del hemisferio dominante, y de otras áreas corticales localizadas sobre el lóbulo frontal, parietal y occipital, de cuya conexión entre sí y con las procedentes del área de Broca se conoce muy poco.

Los axones procedentes de la corteza cerebral se unen a los tractos corticobulbares pasando a través de la cápsula interna y el pedúnculo cerebral para formar el tracto piramidal, decusándose parcialmente en la médula antes de alcanzar el núcleo ambiguo, lo que supone una procedencia bilateral en las fibras que alcanzan a éste, que explica la ausencia de parálisis laríngeas por lesiones de la cor-

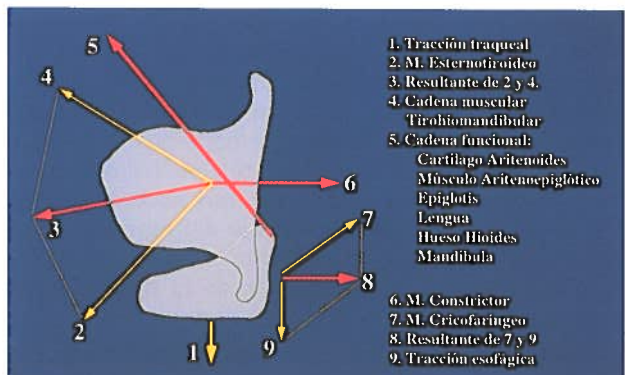


FIG. 33.—Distribución de las fuerzas musculares laríngeas.

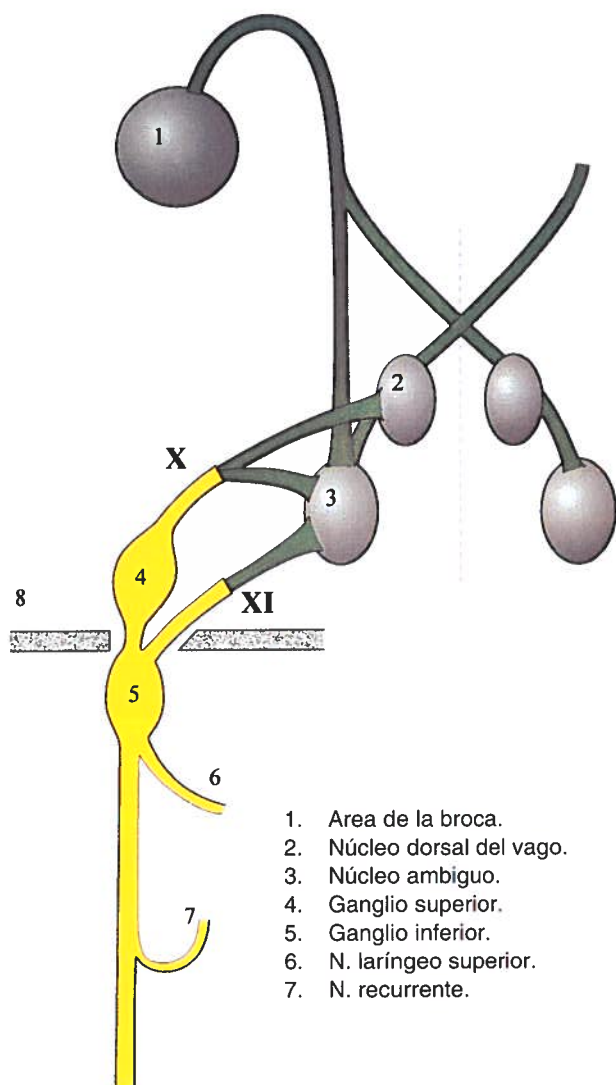


FIG. 34.

teza cerebral salvo en los casos en los que sean bilaterales y simétricas.

Desde el núcleo ambiguo parten todas las fibras eferentes destinadas a la inervación de la laringe en dos tractos diferentes. Uno de ellos, destinado a inervar la musculatura faríngea y músculo cricotiroides, que parte de la región rostral del núcleo ambiguo, se une con fibras nerviosas procedentes del núcleo dorsal del vago por encima del ganglio superior o yugular. El otro, formado por fibras que parten de la región caudal del núcleo discurren por la raíz craneal del nervio espinal accesorio para unirse al nervio vago por debajo del agujero yugular, justo por encima del ganglio inferior o plexiforme. Este tracto inerva al resto de la musculatura laríngea (fig. 34).

De la parte inferior interna del ganglio plexiforme abandona el vago un tronco procedente del IV arco branquial denominado nervio laríngeo superior, que

situándose por detrás y medial a las arterias carótidas interna y externa se dirige hacia abajo y adelante formando una curva de convexidad inferior. Al llegar a la proximidad del cuerno mayor del hioides se divide en dos ramas: externa e interna.

La rama interna junto con la arteria laríngea superior pasa por la membrana tirohioidea para inervar sensitivamente faringe, vallécula, porción libre de epiglotis, vestíbulo laríngeo, seno piriforme y región retroaritenoides.

La rama externa se dirige hacia abajo siguiendo un trayecto posterior a la arteria tiroidea superior. Pasa por fuera del músculo constrictor inferior de la laringe, al que da una rama, y por dentro del músculo esternotiroideo hasta alcanzar el músculo cricotiroides al que inerva.

Los nervios laríngeos inferiores o recurrentes salen del vago por debajo del nivel de la laringe, haciéndolo cada uno de ellos a distinta altura debido a que al ser nervios que derivan del sexto arco branquial son desplazados hacia abajo por las arterias de la misma procedencia. Ambos, por tanto, deberán recurrir para entrar en la laringe, de ahí su nombre.

El nervio recurrente derecho sale del vago por delante de la arteria subclavia a la que, dirigiéndose hacia abajo y adentro, rodea ascendiendo en dirección medial, por detrás de la arteria carótida común, cursando hacia arriba en el ángulo que forman tráquea y esófago. En su ascenso hacia arriba cruza la arteria tiroidea inferior, con quien mantiene íntima relación, pudiendo cruzarla de distintas formas. Pasando por debajo del borde inferior del músculo cricofaríngeo junto con la arteria laríngea inferior entra en la laringe por detrás de la articulación cricotiroides.

El nervio laríngeo inferior izquierdo abandona el vago por delante del arco de la aorta a la que rodea dirigiéndose hacia abajo y atrás recurriendo desde este punto, primero oblicuamente por detrás de la carótida común hasta entrar en el ángulo traqueo-esofágico, por el que asciende hasta alcanzar la laringe, manteniendo en su trayecto ascendente y entrada en la laringe las mismas relaciones que el recurrente derecho.

Los nervios recurrentes inervan todos los músculos intrínsecos homolaterales y el músculo interaritenoides contralateral.

Los nervios recurrentes antes de entrar en la laringe inervan en su trayecto ascendente tráquea, esófago y glándula tiroides mediante ramas sensoriales, dando además dos ramas bien definidas para el músculo constrictor inferior de la faringe y músculo cricofaríngeo. Una vez sobrepasada la articulación cricotiroides se divide en dos ramas, una anterior y otra posterior. La rama anterior, motora, se divide a su vez en dos ramas, una dorsomedial destinada al músculo cricoaritenoides posterior y otra anterolateral para la musculatura

adductora ipsilateral y músculo interaritenoides contralateral. La rama posterior sensitiva se anastomosa con ramas procedentes de la rama interna del nervio laríngeo superior para formar la anastomosis de Galeno.

Esta rama posterior frecuentemente surge del nervio recurrente antes de su entrada en la laringe, lo que ha dado lugar a interpretaciones erróneas al considerarla de naturaleza motora y a la existencia por tanto de una rama abductora y otra adductora extralaríngeas, lo que supondría la posibilidad de parálisis aisladas por la sección de una sola rama fuera de la laringe.

La ramificación terminal de la laringe es prácticamente desconocida. A este respecto los trabajos de SANDERS (1993), realizados mediante la técnica de tinción de Shiller, demuestran la existencia de múltiples conexiones entre los nervios laríngeos superiores y los nervios recurrentes, especialmente a nivel del músculo interaritenoides, donde generan un plexo intramuscular muy complejo que sugiere que a este nivel se organiza un área funcionalmente importante en la que se entrecruzan ramas de ambos nervios, superior e inferior y de un lado con el opuesto.

Tanto sobre este aspecto como sobre la innervación motora procedente del nervio laríngeo superior queda mucho por conocer, por lo que el campo de la innervación laríngea supone un área de investigación muy interesante. Trabajos recientes procedentes del mismo grupo, BEI-LIAN WU y SANDERS (1994) especulan sobre la existencia de un nervio procedente del quinto arco branquial al que denominan nervio comunicante e identifican funcionalmente con la función esfintérica. Ante su existencia consideran que podría sustituir a un recurrente seccionado o reinervar la musculatura dependiente de éste. En su ausencia como tal nervio los axones correspondientes formarían parte de la rama interna del nervio laríngeo superior.

CONFIGURACION INTERNA DE LA LARINGE

Cara posterior y márgenes laríngeos

De las caras de la laringe sólo una cara, la posterior, es asequible a la observación por los medios endoscópicos de visualización (fig. 35). En su parte más baja se aprecia un relieve formado por la lámina cricoidea, recubierta por los músculos cricoaritenoides posteriores y la mucosa de la hipofaringe. Por encima se sitúan los cartílagos aritenoides y cartílagos corniculados, los cuales destacan por la protusión que hacen en la mucosa que los recubre. Entre las caras internas de los cartílagos corniculados y los del vértice del aritenoides se forma una

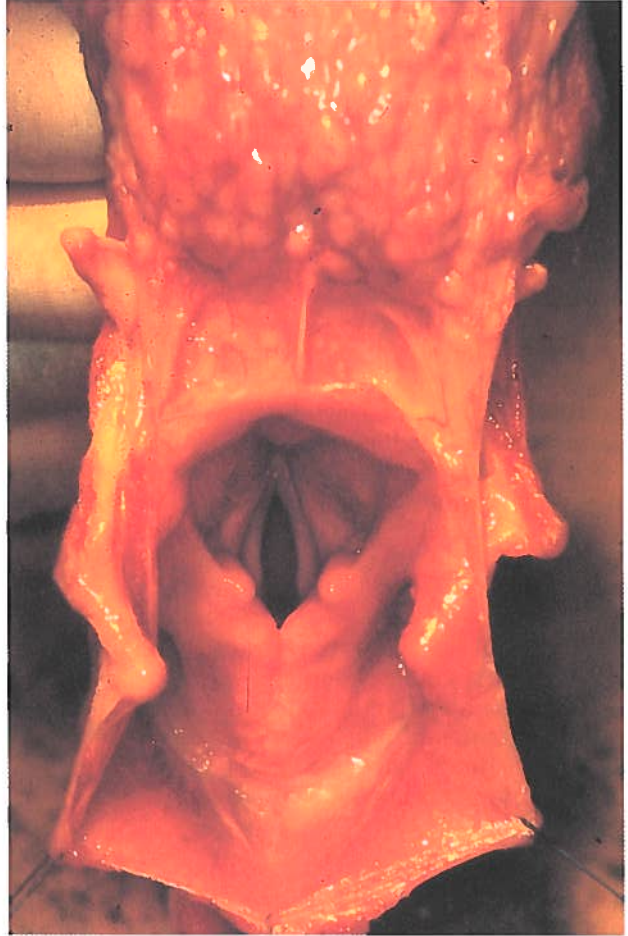


FIG. 35. —Visión posterosuperior de la laringe.

escotadura, denominada escotadura intercartilaginosa, cuyas dimensiones en anchura y altura dependen de las de la lámina cricoidea y de las del complejo aritenoides, respectivamente.

De los márgenes superiores de la escotadura parten dos repliegues que, dirigiéndose hacia arriba y adelante, terminan el cierre de la embocadura laríngea, fijándose sobre los bordes laterales del cartílago epiglótico y al repliegue horizontal de la faringe; se corresponden con la lámina cuadrangular. En el borde libre de estos repliegues se aprecia un pequeño relieve, de situación externa con respecto al corniculado, que lo produce el extremo superior del cartílago de Wrisberg. La orientación del así constituido aditus laríngeo es oblicua de arriba a abajo y de adelante a atrás.

A los lados de la pared posterior se observan dos fosas o canales, longitudinales en sentido craneocaudal, que confluyen en la línea media en un área que corresponde a la boca del esófago. Están limitadas por el ángulo diedro que forman el ala tiroidea y la membrana cricotiroidea por fuera y el repliegue aritenopiglótico y cara externa del cartílago

cricoides por dentro, se denominan fosas faringolaringeas o senos piriformes. Por arriba destaca el borde libre de la porción suprahioidea de la epiglotis, la cual presenta dos caras, una laríngea y otra lingual, por delante de la cual se observan las valéculas y los repliegues glosopiglóticos. El suelo del surco glosopiglótico está constituido por el ligamento hioepiglótico.

Región supraglótica

Entre el aditus y la cara superior de las cuerdas vocales se delimita la región supraglótica de la laringe. Su límite anterior lo forma la parte baja de la cara laríngea de la epiglotis. Sus límites laterales se corresponden con la cara interna de las láminas cuadrangulares recubiertas por partes blandas y mucosa, dando lugar a las bandas ventriculares, cuyo borde libre, grueso y bien definido, coincide con el ligamento ventricular. Entre el borde libre de la banda ventricular y la cara superior de la cuerda vocal se genera un receso a cada lado, denominado ventrículo de Morgagni. Este receso puede continuarse hacia arriba, entre la banda ventricular y la lámina tiroidea, mediante una prolongación denominada sáculo, cuyo origen se sitúa en la región anterosuperior del ventrículo.

Región glótica

Entre ambas cuerdas vocales se genera una estrechez de forma triangular y dimensiones variables que se denomina rima glotidis o glotis.

Los límites laterales de este espacio los forman las cuerdas vocales, las apófisis vocales y las caras internas de la base de los aritenoides, lo que permite dividir a la glotis, así como a la cuerda vocal en dos segmentos de diferente configuración: estructural y funcional. La porción limitada entre la apófisis vocal y el punto de inserción anterior de la cuerda en el cartílago tiroideo se le denomina glotis intermembranosa, como denominándose glotis intercartilaginosa a la porción limitada por las apófisis vocales y la cara interna de las bases de los aritenoides. La cuerda a su vez se divide tradicionalmente en una porción membranosa que corresponde a la porción vibrátil de la cuerda vocal, formada exclusivamente por partes blandas y en una porción cartilaginosa que impresiona visualmente dado su aspecto como una continuación de la cuerda, cuyo límite posterior coincide con el del ventrículo (fig. 36).

Por detrás de esta demarcación queda un espacio que está limitado lateralmente por las bases de los aritenoides y por detrás de la pared posterior de la glotis, formada en su base por el borde anterior y superior de la lámina cricoidea y la parte correspondiente del cono elástico que cierra el espacio

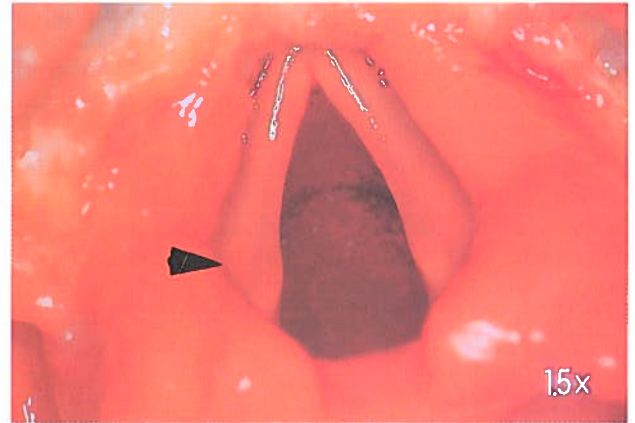


FIG. 36.—Porciones membranosa y cartilaginosa de la cuerda vocal.

interaritenoso, recubierta por una mucosa cuyo epitelio es de tipo respiratorio.

Esta región correspondería a la denominada comisura posterior. HIRANO (1986) propone: para el aspecto posterior la denominación de pared posterior; para la porción posterior del margen lateral, pared lateral de la glotis posterior, y para la porción anterior del aspecto lateral, la denominación de porción cartilaginosa de la cuerda vocal (fig. 37).

La división en tres tercios como referencia para representar la ubicación de las regiones de la cuerda vocal debe evitarse, pues además de no ser exacta, dada la distinta estructuración y función mecánica de los dos segmentos que forman la cuerda vocal, es más preciso y significativo el referirse, por ejemplo, al lugar de formación de los nódulos como el centro de la porción vibrátil de la cuerda vocal en vez de la unión del tercio anterior con el tercio medio.

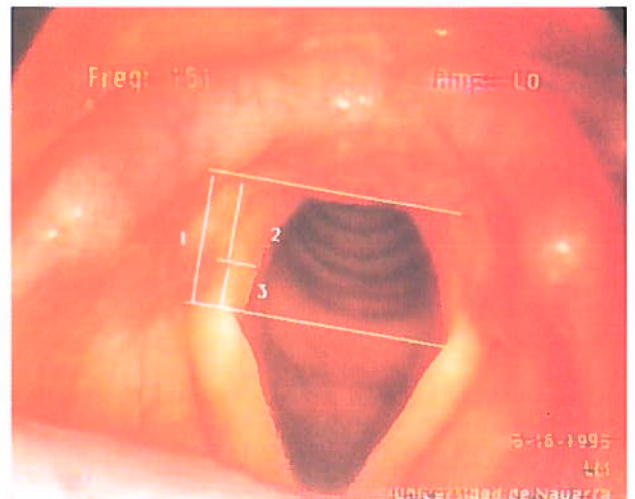


FIG. 37.—1: Porción intercartilaginosa de la glotis. 2: Pared lateral de la glotis posterior. 3: Porción cartilaginosa de la cuerda vocal.

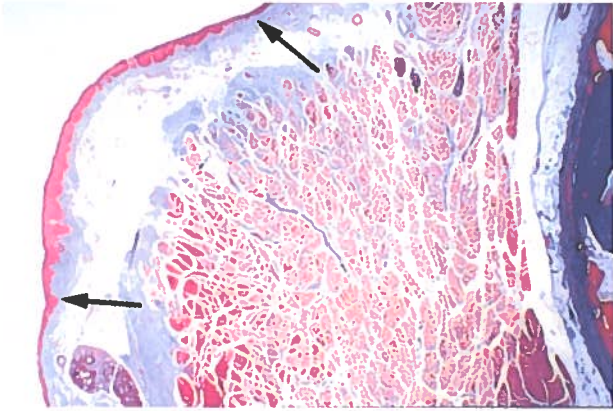


FIG. 38.—Epitelio de cobertura de la cuerda vocal.

En la porción membranosa de la cuerda vocal se diferencia un área en el epitelio de cobertura que se extiende en sentido craneocaudal entre la línea arcuata superior y la inferior, puntos que demarcan los límites entre el epitelio respiratorio y el escamoso que coincide con el borde libre de la cuerda vocal. En sentido anteroposterior esa franja de epitelio, en lo que se refiere a sus características mecánicas, se limita por ambas máculas flavas, límites también de la extensión del espacio de Reinke. Se caracteriza por ser elástico y desplazable sobre el plano subyacente, propiedades necesarias para su ondulación. Su extensión en dirección craneocaudal que varía de unos sujetos a otros es de unos 4 mm. de media (fig. 38).

La visión retrógrada de la glotis nos ofrece una imagen que ayuda a establecer el margen inferior de la porción ondulante y la configuración de la subglotis durante la fonación (figs. 39 y 40).

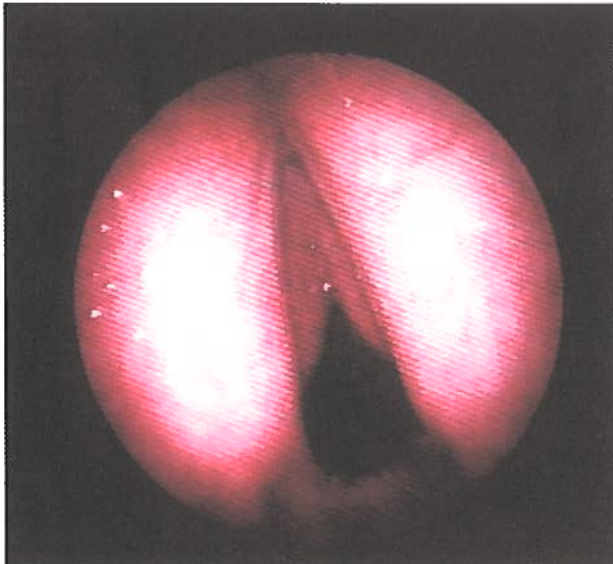


FIG. 39.—Visión retrógrada de la glotis (subglotis)



FIG. 40.—Visión retrógrada de la glotis (subglotis).

Por debajo de esta franja, dado que no existe espacio de Reinke, la vinculación con el plano subyacente es firme, no produciéndose la ondulación. La importancia de este segmento de mucosa es capital desde el punto de vista funcional; la pérdida de sus propiedades físicas significan un gran deterioro de la voz.

RECEPTORES PERIFERICOS

Para un conocimiento más preciso de los mecanismos neurofisiológicos en relación con la fonación es necesario tener en cuenta los receptores sensoriales que se localizan en los distintos tejidos de la laringe. Clásicamente estos receptores se han clasificado, de acuerdo con su localización, en receptores mucosos, articulares y miotáticos, ya se encuentren en el espesor de la mucosa, en las cápsulas articulares de las articulaciones laríngeas o en el espesor de los músculos.

Receptores mucosos

Localización y morfología

La mucosa de la laringe posee numerosas terminaciones nerviosas sensoriales. Estas son de tres tipos: plexos subepiteliales o redes de terminaciones nerviosas, corpúsculos encapsulados o no encapsulados, y terminaciones nerviosas libres intraepiteliales y subepiteliales.

Los plexos subepiteliales están formados por fibras amielínicas provenientes de fibras mielínicas

de estratos más profundos, que se entrelazan entre sí para formar dichos plexos en el plano subepitelial. Estos plexos y terminaciones nerviosas se diferencian de otras terminaciones nerviosas inmersas en el propio epitelio. Se localizan aproximadamente a 150 ó 200 μm . por debajo del epitelio. Este plexo subepitelial se extiende por la región supraglótica y el tercio posterior de las cuerdas vocales. En la subglotis desaparece gradualmente a nivel de la transición entre el epitelio plano escamoso y el epitelio cilíndrico.

KONING y VON LEDEN describieron dos tipos de corpúsculos en función de su morfología. El tipo más frecuente es el corpúsculo fusiforme, que está formado por fibras no miélicas a modo de ovillo. Estos corpúsculos se consideran encapsulados porque tienen una lámina que se asemeja a una cubierta externa. El segundo tipo, denominado corpúsculo retiforme, está formado por una red muy fina de fibras no miélicas y un acúmulo de núcleos. Habitualmente no se detecta ninguna cubierta externa que recuerde a una cápsula. Tanto los corpúsculos fusiformes como los retiformes poseen fibras aferentes miélicas. La distribución de estos corpúsculos no es constante a lo largo de la mucosa laríngea. Los datos obtenidos por KONING y VON LEDEN sugieren que la densidad mayor de corpúsculos sensoriales en la mucosa se localiza en la región supraglótica, especialmente en la región interaritenoides y también en el tercio posterior de las cuerdas vocales. En los dos tercios anteriores de las cuerdas vocales no se localizaron corpúsculos.

Las terminaciones nerviosas libres epiteliales y subepiteliales están formadas por fibras amielínicas aisladas que terminan dentro del epitelio (intraepiteliales) o justo por debajo del epitelio (subepiteliales). KONING y VON LEDEN (1961) describieron que con frecuencia estas terminaciones nerviosas libres provenían de corpúsculos sensoriales y que su distribución coincidía habitualmente con la distribución de dichos corpúsculos. Es decir, la mayor densidad de estas terminaciones está en la región supraglótica y el tercio posterior de las cuerdas vocales, con menor número de terminaciones nerviosas en los dos tercios anteriores de las cuerdas vocales.

Los estudios histológicos realizados por ADZAKU (1979) y WYKE (1980) coinciden también en este mismo sentido.

Las formaciones de plexos subepiteliales están presentes a lo largo de todo el tejido conectivo submucoso, incluyendo la vertiente inferior de las cuerdas vocales. Se han descrito tres variedades de corpúsculos en la mucosa subglótica. Los más numerosos son unas formaciones recubiertas de una fina cápsula, cuya morfología recuerda a los corpúsculos de Ruffini y cuyos diámetros son aproximadamente de 100 $\times$ 80 μm . (fig. 41). Estos corpúsculos son



FIG. 41.—Plexo subepitelial, cuerda vocal humana ($\times 400$).

inervados por fibras miélicas de aproximadamente 10 a 15 μ de diámetro. Aunque la mayor parte se distribuye en el tejido conectivo submucoso, también se pueden localizar en estratos más profundos, especialmente en la vertiente inferior de las cuerdas vocales. En general estos corpúsculos son más numerosos en la vertiente inferior de las cuerdas vocales y la densidad disminuye progresivamente hacia la tráquea. Los corpúsculos más pequeños, cuyas dimensiones son aproximadamente 20 $\times$ 10 μm ., poseen una morfología similar y son menos numerosos en el tejido mucoso subglótico. Estos corpúsculos están inervados por fibras aferentes miélicas de aproximadamente 4 a 5 μ de diámetro y se localizan principalmente en los estratos centrales del tejido conectivo submucoso. Estos pequeños corpúsculos no se observan en la mucosa de la vertiente inferior de las cuerdas vocales. El tercer tipo de receptores son los receptores cónicos. Estas pequeñas formaciones cónicas de 40 $\times$ 20 μm . se distribuyen de manera irregular en el tejido conectivo subepitelial de la mucosa subglótica. Están inervados por fibras miélicas aferentes de aproxi-

madamente 10 μ m. de diámetro. Estos corpúsculos cónicos no se encuentran en el tejido de la vertiente inferior de las cuerdas vocales.

La mayor parte del conocimiento acerca de la fisiología de los receptores de la laringe se infiere de los estudios realizados sobre los receptores localizados en la mucosa laríngea del gato. Los estudios realizados en estos animales conllevan habitualmente el registro de los potenciales de acción de fibras aisladas del nervio laríngeo superior y el nervio laríngeo recurrente mientras se desencadena el estímulo mecánico, químico, etc., sobre el tejido mucoso. Estas técnicas nos dan información acerca del tipo de respuesta, así como de la localización de los receptores sensoriales en el epitelio vocal.

Receptores que responden al tacto

SAMPSON y EYZAGUIRRE (1964) y SUZUKI y KIRCHNER (1969) estudiaron la respuesta de los receptores laríngeos desencadenados por diversos estímulos mientras registraban la actividad en los nervios laríngeo superior y recurrente. Estos autores consideraban haber localizado un mecanorreceptor cuando obtenían descargas en los nervios anteriormente mencionados mediante un estímulo presor ejercido con una torunda sobre la superficie de las cuerdas vocales. De esta manera observaron que existían numerosos receptores que respondían a estos estímulos localizados en la mucosa de la región supraglótica y en algunas otras zonas de las cuerdas vocales. Estos hechos también han sido valorados por DAVIS y NAIL (1987), que describieron una mayor densidad de receptores en la mucosa del ápex, la superficie ventral y el proceso vocal del cartílago aritenoides, en la epiglotis y en los repliegues aritenoepiglóticos. DAVIS y NAIL (1987) no encontraron ningún tipo de receptor que respondiera a estímulos previos en la mucosa correspondiente a los dos tercios anteriores de las cuerdas vocales.

Receptores que responden a estímulos vibratorios

Los receptores en la membrana mucosa son muy sensibles al estímulo vibratorio. SAMPSON y EYZAGUIRRE (1964) observaron que los mecanorreceptores en la región supraglótica tienen una gran sensibilidad a estímulos vibratorios sobre la mucosa. Estos hallazgos fueron confirmados por DAVIS y NAIL (1987), quienes determinaron que aproximadamente las dos terceras partes de los receptores estudiados eran sensibles a vibraciones de muy bajas amplitudes (entre 10 y 100 μ m.). Estos receptores presentaban un patrón de respuesta característico ya que se correspondía un potencial de acción por cada ciclo vibratorio. El rango de frecuencias emplea-

das oscilaban entre 10 y 150 Hz. Algunos receptores respondían a frecuencias tan altas como 600 ó 700 Hz., aunque algunos precisaban cierto tiempo de «entrenamiento» previo. Su localización era predominantemente subglótica. Alguno de estos receptores respondían en fase con un estímulo sinusoidal de unos 200 Hz. GARRETT (1986) demostró que algunos receptores laríngeos descargaban en el gato al ser estimulados a una frecuencia similar a la frecuencia fundamental de la fonación o a algún múltiplo de ella. Estos resultados sugieren que estos receptores pueden ser capaces de suministrar al sistema nervioso central la información necesaria para determinar la frecuencia fundamental de la fonación. Sin embargo, no hay evidencia de que el sistema nervioso central utilice de este modo este tipo de información.

Respuestas a estímulos químicos

La respuesta de la laringe a un estímulo químico fue descrita por primera vez por FRANCK en 1876. Una disolución débil de amonio aplicada directamente sobre la mucosa laríngea inhibía la respiración y alteraba el ritmo cardíaco. Posteriormente, BOUSHEY y cols. (1972) y SZEREDA-PRZESTASZEWSKA y WIDDICOMBE (1973) comprobaron que el amonio, el humo de tabaco y la veratridina enlentecen la respiración al aplicarlos a la laringe aislada. Los vapores de amonio incluso a concentraciones que no alteran la frecuencia respiratoria incrementan la resistencia laríngea, especialmente durante la espiración (SZEREDA-PRZESTASZEWSKA y WIDDICOMBE, 1973). Además de los cambios mencionados anteriormente en el patrón respiratorio se observa un marcado incremento en la resistencia de la vía aérea inferior (BOUSHEY y cols., 1972). GLOGOWSKA y cols. (1974) observaron el efecto estimulador del amonio sobre el NRL. La tos se desencadena con menor frecuencia con estímulos químicos que con estímulos mecánicos (BOUSHEY y cols., 1972).

El agua es un potente estímulo inhibidor laríngeo; de hecho puede desencadenar apnea o una marcada reducción del volumen/minuto y reducir la frecuencia cardíaca (ANGELL-JAMES y DALY, 1975; JOHNSON y cols., 1975; BOGGS y BARTLETT, 1982). Este efecto sobre la respiración es tan potente que puede anular el incremento en la ventilación debido al estímulo de los quimiorreceptores del cuerpo carotídeo con cianuro sódico (ANGELL-JAMES y DALY, 1975). El agua en la laringe también desencadena reflejo de deglución, y si la cantidad de agua es superior a 0,4 ml. se puede acompañar de tos (STOREY, 1968).

La respuesta al agua de los receptores laríngeos ha sido objeto de numerosos estudios. Se sabe hace tiempo que la presencia de agua o de otros líquidos en la laringe produce apnea en el recién nacido de

diversas especies animales (ANGELL-JAMES, 1972; JOHNSON, 1975; KOVAR, 1979; DOWNING, 1975; COHEN y cols., 1993), y se han realizado trabajos registrando la actividad de las fibras del nervio laríngeo superior frente a estímulos capaces de provocar apnea refleja en animales adultos como el gato, mono, conejo, y en el organismo humano (BOUSHEY, 1974; HARDING, 1978; LUCIER, 1979; SHINGAI, 1979; SCHOLANDER, 1963; ANDERSON, 1990). La existencia de este reflejo laríngeo apneico en niños prematuros es un hecho demostrado (PERKETT, 1982; WENNERGREN y cols., 1993).

Los estudios sobre la respuesta al agua de los receptores laríngeos se han realizado principalmente en animales tanto paralizados y ventilados artificialmente como con la laringe abierta (STOREY, 1968; BOUSHEY y cols., 1974; SHINGAI, 1977; BOGGS y BARTLETT, 1982). Trabajos más recientes en perros en respiración espontánea con la laringe intacta describen receptores laríngeos que responden al flujo y/o cambios de temperatura, a la presión transmural y a los movimientos laríngeos tal como ocurre en el ciclo respiratorio (SANTAMBROGIO y cols., 1983, 1985, 1988; MATHEW y cols., 1984).

Hasta la actualidad no está claro si es el mismo tipo de receptores el que responde al agua y a los estímulos relacionados con la respiración.

VIDAL (1986) y FERNANDEZ (1994), en trabajos realizados con perros con la laringe intacta y con respiración espontánea, estudian los componentes de QRL y del mecanorreflejo laríngeo apneico (MRL) y establecen que son diferentes dependiendo de sus receptores y de las conexiones de las vías aferentes.

Se han descrito dos tipos de receptores que responden al agua: uno de latencia prolongada y larga duración de la respuesta y otro con una latencia corta y corta duración de la respuesta (HARDING y cols., 1977). Se relaciona la baja osmolalidad y la ausencia de aniones permeables como el cloro, con la estimulación de estos dos tipos de receptores (HARDING y cols., 1977; BOGGS y BARTLETT, 1982; SHINGAI, 1977, 1979). También se sugiere la existencia de dos poblaciones distintas de receptores por las observaciones que se han realizado en seres humanos mediante la inhalación de aerosol con baja osmolaridad y con baja cantidad de cloro (agua destilada) y aerosol isoosmótico y bajo en cloro (dextrosa) que inducen respuestas diferentes (ESCHENBAKER y cols., 1984; HIGENBOTTAM, 1984).

Los receptores de latencia corta (menor de un segundo) son más numerosos, pero hay otros que responden sólo después de varios segundos con descargas que aumentan gradualmente de frecuencia, continuando después de la interrupción del estímulo. Los de latencia breve —pero no los de latencia prolongada— responden a la leche, contenido gástrico, saliva y soluciones de azúcares isotónicas.

También se sabe que los receptores laríngeos que responden al agua no son terminaciones especializadas. Tanto los receptores no modulados como los modulados por la respiración pueden afectarse por el agua. Los no modulados responden con una latencia corta y la duración de la descarga corta, mientras que los modulados responden después de una latencia más larga y durante un tiempo mayor. De hecho hay una buena correlación entre la modulación respiratoria y el tipo de respuesta al agua.

Los receptores que descargan con latencia corta y corta duración se estimulan por la ausencia de ion cloro y los de larga latencia y duración por la hipotonicidad.

La inhalación de aerosoles de agua o de soluciones con bajo contenido de cloro pueden desencadenar tos en humanos con asma moderada (ESCHENBACHER y cols., 1984; HIGENBOTTAM, 1984). La tos puede considerarse como un mecanismo de protección de la superficie aérea superior, la cual es un factor importante para la función ciliar, así como para el transporte de moco y la función de los distintos receptores (HIGENBOTTAM, 1984).

Receptores articulares

Morfología y localización de los receptores articulares

No existen muchos trabajos acerca de la naturaleza y función de los receptores articulares en la laringe. Los escasos trabajos que existen se dirigen a identificar la naturaleza de estos receptores. KIRCHNER y WYKE (1964, 1965) estudiaron la inervación de varias articulaciones de la laringe utilizando técnicas de microdissección. Identificaron una rama nerviosa específica articular que partía del nervio laríngeo superior y se dirigía hacia las articulaciones cricotiroides al menos en un tercio de los casos estudiados. Además también se encontraron una rama nerviosa procedente del nervio recurrente laríngeo que terminaba en la articulación cricotiroides.

KIRCHNER y WYKE (1964, 1965) examinaron histológicamente las cápsulas de las articulaciones cricoaritenoides y cricotiroides. Las terminaciones encapsuladas localizadas en las articulaciones laríngeas eran similares a los corpúsculos de Pacini. Estos corpúsculos se distribuían por toda la cápsula fibrosa de las articulaciones y lo hacían en grupos de dos o tres corpúsculos. Cada grupo de corpúsculos estaba inervado por una fibra miélica de aproximadamente 6 a 10 μm . de diámetro. También se encontraron de manera mucho menos frecuente corpúsculos de Ruffini en los estratos más externos de la cápsula fibrosa de la articulación cricoaritenoides. Además en las cápsulas de las articulaciones laríngeas detectaron plexos intersticia-



FIG. 42.—Terminaciones nerviosas libre y plexos intersticiales en la cúpula cricoaritenoides a nivel de la inserción muscular.

les y perivascuales no mielínicos y terminaciones nerviosas libres (fig. 42). Todos ellos recibían fibras nerviosas de pequeño diámetro, aproximadamente de $2\ \mu\text{m}$. Por analogía con el comportamiento de los receptores de Pacini, Kirchner y Wyke sugirieron que los receptores de estiramiento encontrados en las cápsulas articulares de las articulaciones laríngeas deberían tener una función de mecanorreceptores de adaptación rápida que respondieran a los cambios de tensión en la cápsula articular, es decir, supusieron que los corpúsculos que se parecían a los corpúsculos de Pacini debían de ser receptores de adaptación rápida y aquellos que se semejabán a los corpúsculos de Ruffini deberían ser mecanorreceptores de adaptación lenta. Por otro lado, el sistema de plexos nerviosos y las terminaciones nerviosas libres podrían corresponder con un sistema de receptores del dolor articular.

KIRCHNER y WYKE (1965) registraron las descargas aferentes de las ramas articulares correspondientes a las articulaciones cricotiroides durante el movimiento aislado del cuerno inferior del cartí-

lago tiroides. Observaron descargas rápidas y breves y de gran amplitud con dichos movimientos. Estas respuestas se obtenían únicamente cuando los movimientos se aplicaban en dirección caudal o anteromedial. La recuperación del desplazamiento producía un nuevo tren de potenciales de adaptación rápida similar al visto previamente.

Receptores miotáticos

Morfología y localización de los receptores miotáticos

La existencia de receptores miotáticos ha sido estudiada y valorada ampliamente. Los primeros estudios en los últimos treinta años han mostrado resultados diversos. El músculo tiroaritenoides, más concretamente su porción vocal, posee la inervación sensorial más importante de todo el sistema laríngeo (RACHEVA, 1963; KONING y VON LEDEN, 1961; KONING y CORTESINA, 1965; BAKEN, 1971; LOSKOV, 1965). GRACHEVA (1936) observó que los receptores eran más numerosos en la porción posterior del músculo vocal. Estos receptores se localizaban en la región de transición entre las fibras musculares y el tendón que fijaba el proceso vocal al cartílago aritenoides. El pericondrio del proceso vocal estaba profusamente inervado y las fibras nerviosas se extendían a modo de ramificaciones desde el pericondrio hasta esta región transicional. En el extremo anterior del músculo vocal, cerca de su inserción con el cartílago tiroides, un número pequeño de fibras nerviosas se extendían desde la parte más ancha del vientre muscular. En la región donde los músculos se insertan al cartílago tiroides el pericondrio posee receptores similares a aquellos que se han localizado en el pericondrio de los aritenoides. Los husos musculares han sido identificados histológicamente en la porción vocal del músculo tiroaritenoides en el hombre. Estos husos musculares que han sido descritos en la parte medial del músculo vocal adyacente al ligamento vocal y en la porción lateral del músculo vocal en la porción donde se cruza el músculo vocalis y el tiromuscularis, no han sido observados por todos los investigadores que han estudiado este campo. Los husos musculares han sido descritos también en el músculo cricoaritenoides posterior, en el músculo cricotiroides, en el músculo cricoaritenoides lateral y en los músculos interaritenoides. La existencia de husos musculares en los músculos intrínsecos laríngeos también ha sido descrita en el gato y en el conejo. Es difícil explicar la discrepancia observada en trabajos presentes en la literatura. Una explicación posible es la variación considerable entre las diferentes especies y dentro también de una misma especie. Otra explicación es que los husos musculares pueden estar presentes en todos los músculos laríngeos pero en un número tan escaso que en algunos estudios

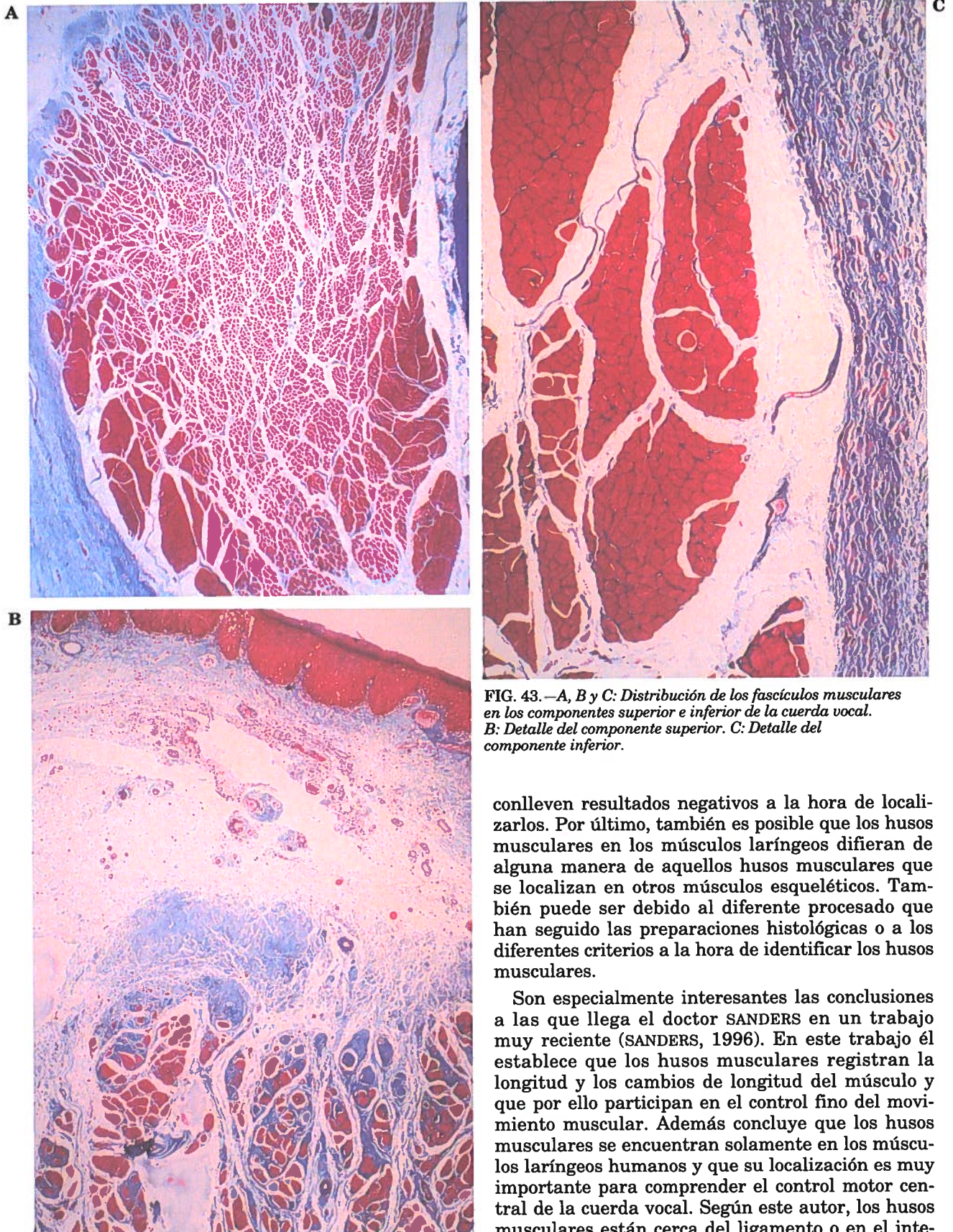


FIG. 43.—A, B y C: Distribución de los fascículos musculares en los componentes superior e inferior de la cuerda vocal. B: Detalle del componente superior. C: Detalle del componente inferior.

conlleven resultados negativos a la hora de localizarlos. Por último, también es posible que los husos musculares en los músculos laríngeos difieran de alguna manera de aquellos husos musculares que se localizan en otros músculos esqueléticos. También puede ser debido al diferente procesado que han seguido las preparaciones histológicas o a los diferentes criterios a la hora de identificar los husos musculares.

Son especialmente interesantes las conclusiones a las que llega el doctor SANDERS en un trabajo muy reciente (SANDERS, 1996). En este trabajo él establece que los husos musculares registran la longitud y los cambios de longitud del músculo y que por ello participan en el control fino del movimiento muscular. Además concluye que los husos musculares se encuentran solamente en los músculos laríngeos humanos y que su localización es muy importante para comprender el control motor central de la cuerda vocal. Según este autor, los husos musculares están cerca del ligamento o en el inte-

rior del músculo y los criterios que utiliza para la definición de husos musculares permite definirlos como estructuras redondas u ovales que están rodeados por una cápsula de dos estratos, que presentan una o más fibras musculares finas intrafasciales, que las fibras musculares intrafasciales contienen núcleos centrales y que existen axones que rodean las fibras musculares (figs. 43 A, B y C).

El porcentaje de los husos musculares que SANDERS localiza en el músculo vocalis superior es del 84,5 por 100, mientras que en el músculo vocalis inferior es del 13 por 100, concluyendo de esta manera que la mayor parte de los husos musculares están en el componente superior y que no existen husos musculares en el ligamento. Se puede interpretar, basándose en estos resultados, que la parte superior de la cuerda vocal está controlada por el sistema nervioso central y que tiene una función diferente con respecto a la parte inferior. El componente superior del músculo vocal tiene fascículos musculares más separados y probablemente posee la función fonatoria principal. El componente inferior del músculo vocalis está formado por fascículos musculares más compactos y su función dentro de la capacidad fonatoria humana puede estar en un segundo lugar.

También se han encontrado otros tipo de terminaciones propioceptivas en los músculos intrínsecos laríngeos. Se han descrito fibras nerviosas enrolladas alrededor de una o dos fibras musculares que se han denominado terminaciones nerviosas espirales. La longitud de estas terminaciones nerviosas espirales varían entre 100 y 200 μm . Estas terminaciones nerviosas espirales también se han encontrado en los músculos intrínsecos laríngeos de humanos y en los gatos (GRACHEVA, 1963; ROSSI y CORTESINA, 1965). Estas terminaciones nerviosas espirales se localizaban principalmente dentro de la región de inervación motora de la fibra muscular. En el músculo vocalis se localizaban principalmente en la región medial a nivel del ligamento vocal. Las terminaciones nerviosas espirales se pueden diferenciar de las terminaciones anuloespirales de los usos musculares ya que las terminaciones nerviosas espirales se enrollaban alrededor y extrafusalmente de las fibras musculares.

KONIG y VON LEDEN (1961) observaron numerosas terminaciones nerviosas que describieron como terminaciones nerviosas aisladas a modo de lazadas que se fijaban directamente a fibras musculares individuales. Este tipo de terminaciones nerviosas se localizan fundamentalmente en la proximidad de los cartílagos aritenoides. Las terminaciones nerviosas propioceptivas que forman una estructura más compleja se describen como terminaciones en garra y receptores complejos densos (GRACHEVA, 1963).

Se han encontrado numerosos receptores en el pericondrio del cartílago aritenoides (GRACHEVA,

1963). GRACHEVA encontró que estos receptores son más numerosos en la superficie anterior y en la base de los aritenoides, incluido el proceso vocal y el proceso muscular. GRACHEVA sugirió que las terminaciones nerviosas sensoriales del pericondrio, así como los receptores de los músculos y tendones, pueden ser capaces de suministrar la información suficiente acerca del grado de contracción de los músculos laríngeos.

Hasta hace poco tiempo se creía que la información aferente originada en la laringe tenía un papel fundamentalmente protector y propioceptivo. Hoy, sin embargo, se conoce bastante acerca de la importancia que estos registros tienen en la regulación de la respiración, pero aún se sabe poco de la misión que tienen en la fonación. El estudio y la investigación de esta propiedad laríngea, esencialmente humana, es difícil cuando se lleva a cabo en este nivel de receptores. No obstante, se conoce algo de su misión fundamental en el control fonatorio y en alguno de los casos de disfonías. El futuro se ofrece en este campo muy atractivo, pues se intuyen interesantes conclusiones y soluciones a los numerosos, hasta ahora, interrogantes.

BIBLIOGRAFIA

- ADZAKU, F. R., y WYKE, B.: «Innervation of the subglottic mucosa of the larynx and its significance». *Folia Phoniat.*, 1979; 31: 271-283.
- ADZAKU, F. R.: «The morphological and functional characteristics of the innervation of the subglottic mucosa of the larynx». *Ann. R. Coll. Surg. Engl.*, 1980; 62: 426-431.
- ANGELL-JAMES, J. E., y DE BURGH DALY, M.: «Interactions between cardiac reflexes from the lungs and those elicited from the carotid bodies in larynx in the dog». *J. Physiol. (Lond.)*, 1975; 254: 55P-6.
- ARNOLD, G. E.: «Physiology and pathology of the cricothyroid muscle». *Laryngoscope*, 1961; 71: 687-753.
- ARNOLD, G. E. En: *Voice language. Clinical communicology*. Ed. Woodsworth Publishing Co, 1965.
- ARNOLD, G. E.: «Voice rehabilitation of paralytic dysphonia III. Present concepts of laryngeal paralysis». *Arch. Otol.*, 1957; 65: 317-336.
- BAKEN, R.: «Neuromuscular spindles in the intrinsic muscles of a human larynx». *Folia Phoniatr. (Basel)*, 1971; 23 (4): 204-210.
- BERG VAN DEN, J. W., y TAN, T. S.: «Results of experiments with human larynxes». *Pract. Oto-Rhino-Laryng.*, 1959; 21: 425.
- BERG VAN DEN, J. W., y MALL, J.: «Zur anatomie des menschlichen musculus vocalis». *Zschr. Anat. Entw.*; 118: 465-470.
- BOGGS, D. F., y BARTLETT, D.: «Chemical specificity of a laryngeal apneic reflex in puppies». *J. Appl. Physiol.*, 1982; 53: 455-462.
- BOUSHEY, H. A., RICHARDSON, P. S., WIDDINCUMBE, J. G., y WISE, J. C. M.: «The response of laryngeal afferent fibers to mechanical and chemical stimuli». *J. Physiol. (Lond.)*, 1974; 240: 153-175.
- DAVIS, P. J., y NAIL, B. S.: «Quantitative analysis of laryngeal mechanosensitivity in the cat and rabbit». *J. Physiol.*, 1987; 399: 467-485.
- DOWNING, S. E., y LEE, J. C.: «Laryngeal chemosensitivity:

- A possible mechanism for sudden infant death». *Pediatrics*, 1975; 75: 640-649.
- ESCHENBACKER, W.; BOUSHEY, H. A., y SHEPPARD, D.: «Alteration in osmolarity of inhaled aerosols causes bronchoconstriction and cough, but absence of a permeant anion causes cough alone». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1984; 129: 211-215.
- FAABORG-ANDERSEN, K.: «Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans». *Acta Physiol. Scand.*, 1957; 41: 140.
- FERNANDEZ GONZALEZ, S.: *Quimiorreflejo laríngeo apnéico. Cambios inducidos por la nicotina y la naloxona*. Tesis doctoral. Universidad de Navarra. Pamplona, 1994.
- FINK, B. R.: *A functional study. The human larynx*. New York: Ed. Raven Press, 1975.
- GARRETT, J. D.: *The response of laryngeal mechanoreceptors innervated by the superior laryngeal nerve during evoked phonation in the cat*. University of Iowa, 1986.
- GÖERTTLER, K.: «Die anordnung, histologie und histogenese der quergestreiften muskulatur in menschlichen stimmband». *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, 1950; 115: 352-401.
- GRACHEVA, M. S.: «Sensory innervation of locomotor apparatus of the larynx». *Fed. Amm. Soc. Exp. Biol. (Trans. Suppl.)*, 1963; 22: 1112-1123.
- HARDING, R.; JOHNSON, P., y McCLELLAND, M. E.: «Liquid-sensitive laryngeal receptors in the developing sheep cat and monkey». *J. Physiol. (Lond.)*, 1978; 277: 409-422.
- HIRANO, M.; KURITA, S., y cols.: «Posterior glottis. Morphological study in excised human larynges». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1986; 95: 576-581.
- HIROTO, I.; HIRANO, M.; TOYUZUMI, Y., y cols.: «Electromyographic investigation of the intrinsic laryngeal muscles related to speech sounds». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1967; 76: 861-872.
- HIROSE, H.: «Posterior cricoarytenoid as a speech muscle». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1976; 85: 334-342.
- JOHNSON, P.; SALISBURY, D. M., y STOREY, A. T.: «Apnea induced by stimulation of sensory receptors in the larynx». En: Bosma, J., y Showcar, editores. *Development of upper respiratory anatomy and function*. Rockville, 1975; 160-178.
- KIRCHNER, J. A., y WYKE, B. D.: «Innervation of laryngeal joints and laryngeal reflexes». *Nature (Lond.)*, 1964; 201: 506.
- KIRCHNER, J. A., y WYKE, B. D.: «The innervation of the laryngeal joints in the cat». *J. Anat.*, 1964; 98: 684.
- KIRCHNER, J. A., y WYKE, B. D.: «Articular reflex mechanisms in the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1965; 74: 749-768.
- KIRCHNER, J. A., y WYKE, B. D.: «Afferent discharges from laryngeal articular mechanoreceptors». *Nature (Lond.)*, 1965; 205: 86-87.
- KONIG, W. F., y VON LEDEN, H.: «The peripheral nervous system of the human larynx. I. The vocalis muscle». *Arch. Otolaryngol.*, 1961; 74: 153-163.
- KOTBY, M. N., y HANGEN, L. K.: «Critical evaluation of the action of the posterior cricoarytenoid muscle, utilizing direct EMG-study». *Acta Otolaryngol. (Stock)*, 1970; 70: 260-268.
- KOTBY, M. N., y HANGEN, L. K.: «The mechanisms of laryngeal production». *Acta Otolaryngol.*, 1970; 70: 203-211.
- KOVAR, I.; SELSTAM, U.; CATTERTON, W. Z.; STAHLMAN, M. T., y SUNDELL, H. W.: «Laryngeal chemoreflex in newborn lambs: Respiratory and swallowing responses to salts, acids and sugars». *Pediatr. Res.*, 1979; 13: 1444-1449.
- LASKOV, V. F.: «Die morphologie der receptoren der eigenen muskeln des kehlkopfs». *Arch. Anat. (Moskva)*, 1955; 32: 29.
- LUCIER, G. E.; STOREY, A. T., y SESSLE, B. J.: «Effects of upper respiratory tract stimuli on neonatal respiration: Reflex and single neuron analyses in the kitten». *Biol. Neonate*, 1979; 35: 82-89.
- MATHEW, O. P., y SANT'AMBROGIO, F. B.: «Laryngeal reflexes». En: Mathew, O. P., y Sant'Ambrogio, G., editores. *Respiratory function of the upper airway*. Nueva York: Marcel Dekker Inc., 1988: 259-302.
- MATHEW, O. P.; SANT'AMBROGIO, G.; FISHER, J. T., y SANT'AMBROGIO, F. B.: «Laryngeal pressure receptors». *Resp. Physiol.*, 1984; 57:113-122.
- MAUE, W. M., y DICKINSON, D. R.: «Cartilages and ligaments of the adult human larynx». *Arch. Otolaryngol.*, 1971; 94: 432-439.
- MAYET, A.: «Zur funktionellen anatomie der menschlichen stimmriffe». *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungs Geschichte*, 1955; 119: 87-111.
- MAYET, A., y MÜNDNICH, K.: «Bitrag zur anatomie und fur funktion des M. cricothyroidens und der cricothyroidege-lenke». *Acta Anat. (Basel)*, 1958; 33: 273-288.
- PERKETT, E. A., y VAUGHAN, L. R.: «Evidence for a laryngeal chemoreflex in some human preterm infants». *Acta Paediatr. Scand.*, 1982; 71: 996-972.
- PRESSMAN, J. J., y KELEMEN, G.: «Physiology of the larynx». *Physiol. Rev.*, 1955; 35: 506.
- RETHI, A.: «Pathologie der paramedianstellung der stimmänder». *Z. Laryngol. Rhinol. Otol.*, 1955; 34: 456.
- ROSSI, G., y CORTESINA, G.: «Morphological study of the laryngeal muscles in man: Insertions and courses of the muscle fibers, motor end-plates and proprioceptors». *Acta Otolaryngol.*, 1965; 59: 575-592.
- SAMPSON, S., y EYZAGUIRRE, C.: «Some functional characteristics of mechanoreceptors in the larynx of the cat». *J. Neurophysiol.*, 1964; 27: 464-480.
- SCHILLING, R.: «Über den spannungsmechanismus der stimmrippen». *HNO*, 1940; 31: 112.
- SONESSON, B.: «On the anatomy and vibratory pattern of the human vocal folds». *Acta Otolaryngol.*, 1960 (suppl 156).
- SONNINEN, A.: «The role of the external laryngeal muscles in length-adjustment of the vocal cords in singing». *Acta Otolaryngol.*, 1956 (suppl 130).
- SONNINEN, A.: *The external frame function in the central of pitch in the human voice*. Ann. New York Academy of Science, 1968; 155: 68-69.
- SUZUKI, M., y KIRCHNER, J. A.: «Sensory fibers in the recurrent laryngeal nerve. An electrophysiological study of some laryngeal nerve of the cat». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1969; 78: 21-32.
- SANDERS, I.: *Muscles spindles are concentrated in the superior vocalis compartment of the human thyroarytenoid muscle*. 25th Annual Symposium: Care of the Professional Voice. The Voice Foundation's. Philadelphia, 1996.
- SANT'AMBROGIO, F. B.; MATHEW, O. P.; CLARK, W. D., y SANT'AMBROGIO, G.: «Laryngeal influences on breathing pattern and posterior cricoarytenoid muscle activity». *J. Appl. Physiol.*, 1985; 58: 1298-1304.
- SANT'AMBROGIO, G.; MATHEW, O. P., y SANT'AMBROGIO, F. B.: «Characteristics of laryngeal cold receptors». *Respir. Physiol.*, 1988; 71: 287-298.
- SANT'AMBROGIO, G.; MATHEW, O. P.; FISHER, J. T., y SANT'AMBROGIO, F. B.: «Laryngeal receptors responding to transmural pressure, airflow and local muscle activity». *Respir. Physiol.*, 1983; 54: 317-330.
- SANT'AMBROGIO, G.; MATHEW, O. P., y SANT'AMBROGIO, F. B.: «Role of intrinsic muscles and tracheal motion in modulating laryngeal receptors». *Respir. Physiol.*, 1985; 61: 289-300.
- SCHOLANDER, P. F.: «The master switch of life». *Sci. Am.*, 1963; 209: 92-106.
- STOREY, A. T., y JOHNSON, P.: «Laryngeal water receptors initiating apnea in the lamb». *Jpn. J. Physiol.*, 1977; 27: 27-42.
- SHILLING, R.: «Der musculus sternothyroideus und seine stimmphysiologische bedeutung». *Arch. F. Sprache u stimmkeilk u angew. Phonetik*, 1937; 65: 86-89.

- SHINGAI, T.: «Ionic mechanism of water receptors in the laryngeal mucosa of the rabbit». *Jpn. J. Physiol.*, 1979; 29: 459-470.
- SHINGAI, T.: «The responses to ionic solutions of laryngeal water receptors of the rat». *J. Physiol. Soc. Jpn.*, 1977; 29: 377-378.
- SHINGAI, T.: «Water fibers in the superior laryngeal nerve of the rat». *Jpn. J. Physiol.*, 1980; 30: 305-307.
- SHINGAI, T.: «Ionic mechanism of water receptors in the laryngeal mucosa of the rabbit». *Jpn. J. Physiol.*, 1977; 27: 27-42.
- SONESSON, B.: «Die funktionelle anatomie des cricoarytaenoidgelenkes». *Z. Anato. Entwicklungsges.*, 1959; 121: 292-303.
- STOREY, A. T.: «A functional analysis of sensory units innervation the epiglottis and larynx». *Exp. Neurol.*, 1968; 20: 366-383.
- STOREY, A. T.: «A functional analysis of laryngeal and pharyngeal sensory units in the cat». *Physiologist*, 1962; 5: 218.
- TODD, T. W.: *Tratado de anatomía de Cunningham*. Londres: University Press.
- VENNARD, W. M.: *Singing: The mechanism and the technique*. Edición revisada. New York: Carl Fischer, Inc., 1967.
- VIDAL BOTA, J.: *La apnea grave en pediatría*. Tesis doctoral. Pamplona: Universidad de Navarra, 1986.
- LEDEN VON, H., y MOORE, P.: «The mechanism of the cricoarytenoid joint». *Arch Otolaryng.*, 1961; 73: 541-550.
- WENNERGREN, G.; MILERAD, J.; WESTPHALL, I., y TUNNEL, R.: «Consensus statement on clinical management». *Acta Paediatr.*, 1993; 82 (supl. 389): 114-116.
- WIDDICOMBE, J. G.; SANT'AMBROGIO, G., y MATHEW, O. P.: «Nervous receptors of the upper airway». En: Mathew, O. P., y Sant'Ambrogio, G., editores. *Respiratory function of the upper airway*. Nueva York: Marcel Dekker, 1988: 193-231.
- WUSTROW, F.: «Ban und funktion des menschliche musculus vocalis». *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, 1952; 116: 506-522.
- ZEMLIN, W.; DAVIS, P., y GAZA: «Fine morphology of the posterior cricoarythenoid muscle». *Folia Phoniatr.*, 1984; 36: 233-240.
- ZENKER, W.: *Questions regarding the function of external laryngeal muscles in research potentials in voice physiology*. En: David, W. Brewer, editor. New York: University Publishers Inc., 1964.
- ZENKER, W., y ZENKER, A.: «Über die regel und der stimm lippen-spannung durch von aussen eingreifende mechanismen». *Folia Phoniatr.*, 1984; 12 (36): 1-36.

Estructura histológica de la cuerda vocal

F. J. CERVERA PAZ, F. VEGA VAZQUEZ y R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

INTRODUCCION

La laringe se divide craneocaudalmente en tres regiones: supraglotis, glotis y subglotis. En la glotis se distinguen dos porciones, una anterior o glotis intermembranosa y otra posterior o glotis intercartilaginosa, que representan el 60 y el 40% de la longitud de la glotis, respectivamente; la línea que divide la glotis en anterior y posterior pasaría a nivel de las apófisis vocales del cartílago aritenoides. Los estudios de FRIEDRICH y cols. (1993) ponen de manifiesto la existencia de diferencias dependientes del sexo en las dimensiones absolutas y relati-

vas de la glotis, según la zona glótica considerada; estas diferencias de longitud son estadísticamente significativas y podrían ser las responsables de la diferencia existente en la frecuencia fundamental del varón y la mujer.

La cara luminal de la laringe se encuentra recubierta por una mucosa de aproximadamente 1 mm. de espesor (HIRANO y cols., 1982). Cada una de las regiones laríngeas anteriormente descritas presenta unas características histológicas propias de su función primordial. La cuerda vocal está constituida por las siguiente estructuras, que se superponen de superficie a profundidad: epitelio, corion o lámina propia y músculo vocal (fig. 1). El epitelio está en relación inmediata con la luz aérea y con la membrana basal, que lo separa de la lámina propia o corion. Todas estas estructuras están presentes desde el nacimiento y tienen una composición celular y bioquímica que les caracteriza.

EPITELIO DE LA CUERDA VOCAL

El epitelio que recubre el borde libre de la cuerda vocal es un epitelio plano poliestratificado, no queratinizado y aglandular de unas 50 micras de espesor (fig. 2). El resto de la cuerda vocal está cubierto

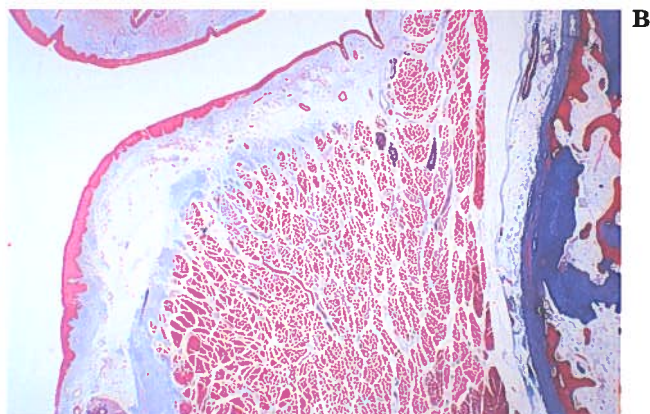
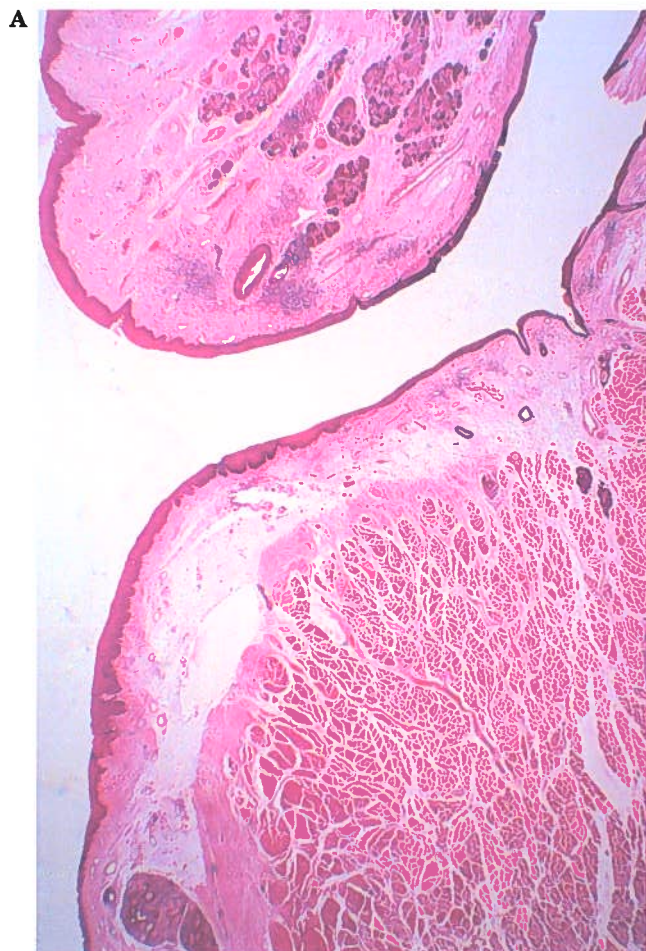


FIG. 1.—A: Corte longitudinal de la banda ventricular y la cuerda vocal. (H-E, $\times 20$.) B: Corte longitudinal centrado sobre la cuerda vocal para apreciar la disposición del epitelio, espacio de Reinke, ligamento y músculo vocales y cartílago tiroides. (Tricómico, $\times 20$.)

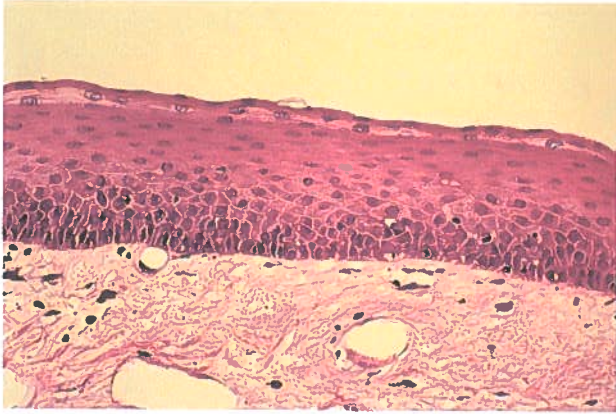


FIG. 2.—Epitelio plano poliestratificado no queratinizante del borde vibratorio de la cuerda vocal normal. Se observa la maduración normal de las células epiteliales. (H-E, $\times 100$.)

por un epitelio de tipo respiratorio (fig. 3). La controversia sobre la presencia o no de glándulas de secreción en la cuerda vocal se revisa en un trabajo de BASTERRA y cols. (1988); de éste y otros trabajos puede concluirse que en el borde vibratorio del epitelio no existen glándulas, sino que éstas se localizan en la cara superior e inferior de la cuerda vocal.

El área de transición existente entre el epitelio cilíndrico pseudoestratificado de la región supraglótica y el epitelio plano poliestratificado de la glotis se denomina *línea arquata superior*. El área de transición entre el epitelio plano estratificado de la glotis y el epitelio cilíndrico pseudoestratificado de la región subglótica se denomina *línea arquata inferior*. Estas áreas de transición tienen una extensión variable, desde varias células hasta 1 ó 2 mm. (FECHNER y cols., 1992) (fig. 4). La banda de epitelio plano poliestratificado comprendida entre estas dos líneas (el borde libre vibratorio de la cuerda vocal) tiene unos 2 a 3 mm. de extensión (GUERRIER, 1995). La transición entre los epitelios cilíndrico y plano puede hacerse de modo progresivo o, con menor frecuencia, de forma más o menos brusca. En el

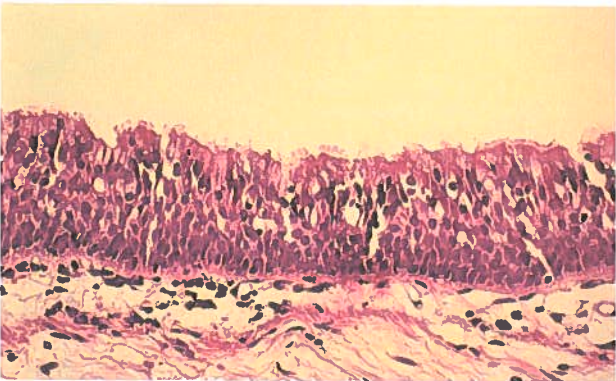


FIG. 3.—Epitelio cilíndrico ciliado de tipo respiratorio de la porción no vibratoria de la cuerda vocal normal. (H-E, $\times 100$.)



FIG. 4.—Corte de una cuerda vocal normal para demostrar la línea arquata; se observa la transición brusca entre el epitelio cilíndrico y el plano poliestratificado. (H-E, $\times 40$.)

primer caso este área transicional puede impresionar como desorganizada y confundirse con un área de displasia o de carcinoma *in situ*, especialmente en los estudios intraoperatorios por congelación; para evitarlo habrá que observar detenidamente la ausencia de atipia celular y la presencia de mitosis confinadas en la capa basal del epitelio, características ambas del tejido normal.

El epitelio de la cuerda vocal está constituido por una capa basal de células pequeñas y de morfología cuboidal, cuyos núcleos son ricos en cromatina, tienen forma ovoide y se disponen a la misma altura, con el eje mayor perpendicular a la membrana basal. Sólo se observan mitosis en esta capa basal. En estudios inmunohistoquímicos y de microscopia electrónica se ha descrito la presencia de células de Langerhans distribuidas en el estrato basal del epitelio laríngeo patológico y normal (SCHENK, 1980; THOMPSON y cols., 1996). Las células de Langerhans tienen como principal función la presentación de antígenos a los linfocitos T. Igualmente pueden encontrarse melanocitos entre las células basales (GOLDMAN y cols., 1972), hecho éste más frecuente en la raza negra; dichos melanocitos pueden dar lugar a los extraordinariamente infrecuentes melanomas laríngeos.

Las células de la zona media del epitelio son poliédricas, su eje mayor se dispone paralelo a la superficie, tienen un citoplasma eosinófilo y su núcleo es redondeado y más vesicular. Las células más superficiales son planas y presentan un núcleo pequeño y denso. En situaciones de exposición crónica a irritantes, como, por ejemplo, el humo del tabaco, aparecen focos de paraqueratosis y ortoqueratosis.

Ultraestructura del epitelio

Las organelas celulares no presentan peculiaridades con respecto a las de las otras células epi-

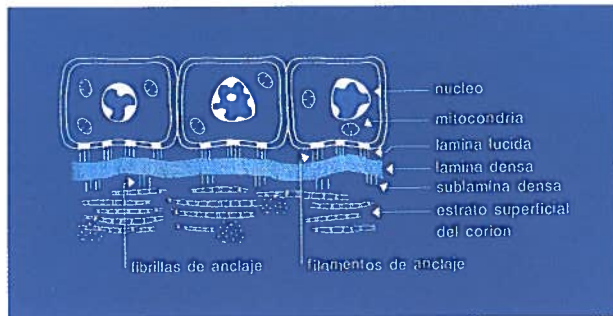


FIG. 5.—Representación esquemática de la cuerda vocal normal al microscopio electrónico, demostrándose la disposición de los componentes de la zona de la membrana basal.

liales del organismo. Se observan numerosos nexos de unión de tipo desmosómico entre las células. Las uniones intercelulares desaparecen progresivamente conforme las células migran hacia la superficie luminal del epitelio; este hecho permite la exfoliación fisiológica de las células. Igualmente se observa una progresiva desaparición de las organelas intracelulares conforme se progresa hacia la superficie.

Membrana basal

Entre el epitelio y el corion de la cuerda vocal se extiende la membrana basal, una fina capa que se tiñe intensamente con PAS, metenamina argéntica o azul alcian. La membrana basal actúa como un andamio estructural que proporciona un soporte físico al epitelio y entre otras funciones asegura la correcta regeneración y polarización de las células epiteliales, y funciona como una barrera semipermeable (MARTINEZ-HERNANDEZ y cols., 1983; BERNFIELD y cols., 1984). Su composición le da una resistencia tensil considerable y al mismo tiempo la hace flexible para soportar estiramientos y retracciones. Los componentes de la membrana basal se sintetizan a partir de las células basales del epitelio y, en menor medida, de los fibroblastos del corion (SANDERSON y cols., 1986). Dada la gran complejidad arquitectural y bioquímica, hay muchos aspectos sólo parcialmente conocidos de la membrana basal (ABRAHAMSON, 1986). Estudios recientes realizados en muestras de cuerda vocal sugieren la existencia de proteoglicanos específicos de la membrana basal (PAWLAK y cols., 1996).

Se conoce como *zona de la membrana basal* al área constituida por la membrana citoplasmática de las células epiteliales basales, la lámina lúcida o rara, la lámina densa y la sublámina densa o lámina *fibroreticularis*, situándose ésta en el estrato más profundo (KATZ, 1984) (figs. 5 y 6). La membrana citoplasmática participa en el anclaje por medio de especializaciones de membrana denominadas he-

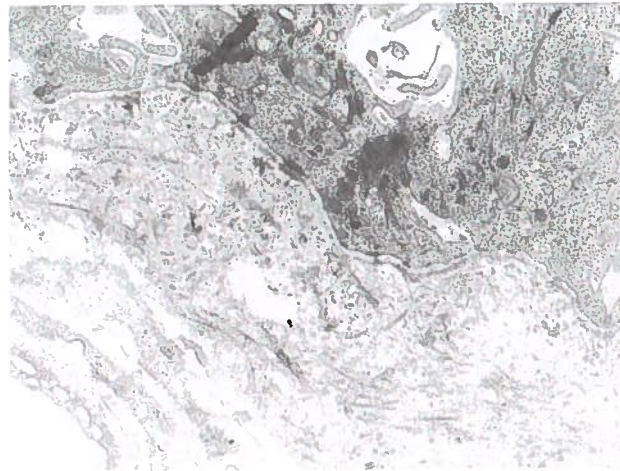


FIG. 6.—Microscopía electrónica de cuerda vocal normal. En la zona de la membrana basal se aprecian sus distintas áreas, así como la presencia de hemidesmosomas. (Magnificación: 12.500.)

midesmosomas (fig. 7). La lámina lúcida es una capa electrolucente situada inmediatamente por debajo de la membrana celular y que al igual que la subyacente lámina densa mide entre 40 y 60 nm. La sublámina densa, o lámina *fibroreticularis*, es una zona mal definida compuesta principalmente por colágeno tipo VII, constituyente principal de las fibrillas de anclaje (SAKAI y cols., 1986).

Las fibrillas de anclaje son estructuras de gran importancia para el anclaje del epitelio al corion. Nacen en la lámina densa, alcanzan el corion y regresan a la lámina densa, disponiéndose espacialmente como un asa de concavidad dirigida hacia la célula epitelial. A través de la concavidad formada por las fibrillas de anclaje cruzan fibras de colágeno tipo III del corion que aseguran la fijación del epitelio; aconsejamos consultar el trabajo de GRAY y

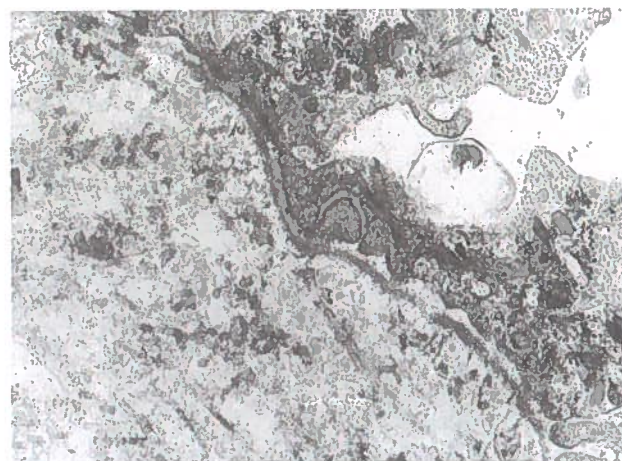


FIG. 7.—Microscopía electrónica de cuerda vocal normal; a gran aumento se observa la zona de la membrana basal. Se aprecian los filamentos y las fibrillas de anclaje. (Magnificación: 25.000.)

cols. (1994) cuya iconografía ayudará a comprender mejor la estructura tridimensional descrita. Existen otras estructuras filamentosas que unen la lámina densa a la membrana celular epitelial, sobre todo a los hemidesmosomas, que se denominan filamentos de anclaje.

Como se ha mencionado anteriormente, la composición bioquímica de la membrana basal es compleja; está constituida por distintos tipos de colágeno (IV y VII principalmente), glicoproteínas, como laminina y fibronectina, y glicosaminoglicanos, como el heparán sulfato y dermatán sulfato.

CORION DE LA CUERDA VOCAL

El corion está formado por un entramado a modo de red de fibras colágenas (fundamentalmente colágeno de tipo III), fibras elásticas y sustancia fundamental. Presenta una celularidad variable, modificándose la cantidad de fibroblastos según el estrato considerado (ver más adelante). Es en el corion donde se encuentran las estructuras vasculonerviosas de la cuerda vocal. Los vasos son de pequeño calibre y se disponen paralelamente al borde libre de la cuerda, existiendo pocos capilares perforantes desde el músculo vocal (HIRANO, 1991).

Estratos del corion de la cuerda vocal

Histológicamente, el corion de la cuerda vocal puede ser dividida en tres estratos diferenciables según sus características (fig. 8). Los estudios de HIRANO (1974) demuestran que cada uno de dichos estratos se comporta de distinto modo ante la vibración.

- *Estrato superficial*, también denominado *espacio de Reinke*, que es rico en fibras colágenas y en sustancia fundamental y pobre en fibroblastos.
- *Estrato medio*, que es rico en fibras elásticas, dispuestas paralelas al eje longitudinal de la cuerda vocal, y en fibroblastos.

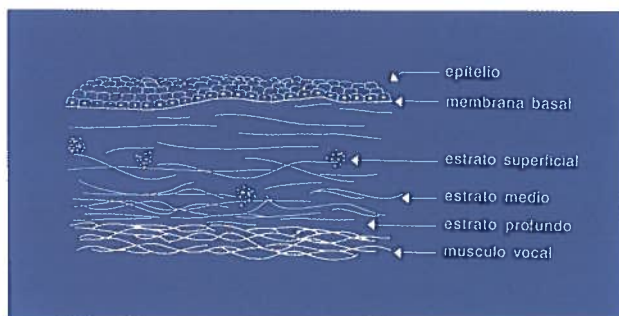


FIG. 8.—Representación esquemática de la cuerda vocal normal al microscopio óptico, demostrándose los distintos estratos de la misma.

- *Estrato profundo*, que es rico en fibras colágenas, dispuestas paralelas al eje longitudinal de la cuerda vocal, y fibroblastos.

Considerados en conjunto los estratos medio y profundo, reciben el nombre de *ligamento vocal*, que consiste, básicamente, en una condensación del cono elástico. En algunas ocasiones pueden observarse inclusiones de cartilago elástico en el seno del ligamento vocal (MICHAELS, 1984).

En ambos extremos del ligamento vocal se encuentran la *macula flava anterior* y la *macula flava posterior*, engrosamientos ovales del estroma de $1 \times 1,5$ mm. aproximadamente, ricos en fibroblastos y fibras elásticas. El espacio de Reinke se distingue sólo en la porción de la cuerda vocal comprendida entre ambas *maculae flavae*. Las *maculae flavae* desarrollan dos funciones principales: desde el punto de vista mecánico actúan como áreas de transición de la rigidez de la cuerda vocal (GRAY y cols., 1993); desde el punto de vista de la función tisular controlan la síntesis de los componentes fibrosos del ligamento vocal [SATO y cols., 1995 (1)]. Para los interesados en profundizar en las características de las *maculae flavae* aconsejamos revisar la serie de trabajos al respecto publicada por SATO e HIRANO (1995) (1, 2, 3).

La *macula flava anterior* se continúa anteriormente con el cartílago tiroideos, a través del tendón de la comisura anterior o ligamento de Broyles, constituido principalmente por fibras colágenas, sin participación del pericondrio (fig. 9). Se produce así un aumento de la rigidez de la cuerda vocal, que progresa desde su parte membranosa, la *macula flava* hasta llegar al cartílago. Lateralmente, la *macula flava anterior* se conecta al ligamento tiroglótico y caudalmente al cono elástico.

La *macula flava posterior* se continúa posteriormente con una zona de transición más rígida, que la une a la apófisis vocal del cartílago aritenoides. La apófisis vocal es un cartílago elástico menos rígido que el cuerpo principal del aritenoides, que es cartílago hialino, produciéndose del mismo modo un aumento de la rigidez de la cuerda vocal en la parte posterior de la glotis.

LINFATICOS DE LA CUERDA VOCAL

Forman una red subepitelial que se extiende a lo largo de la cuerda, incluido el borde libre de la cuerda vocal (WERNER y cols., 1990). Los linfáticos son difíciles de ver al microscopio óptico ordinario porque se colapsan durante el proceso de fijación. Sin embargo, pueden identificarse bien mediante técnicas inmunohistoquímicas gracias a la actividad 5'-nucleotidasa que se encuentra en las células endoteliales de los capilares y linfáticos y está ausente en vasos sanguíneos. Igualmente son fácil-

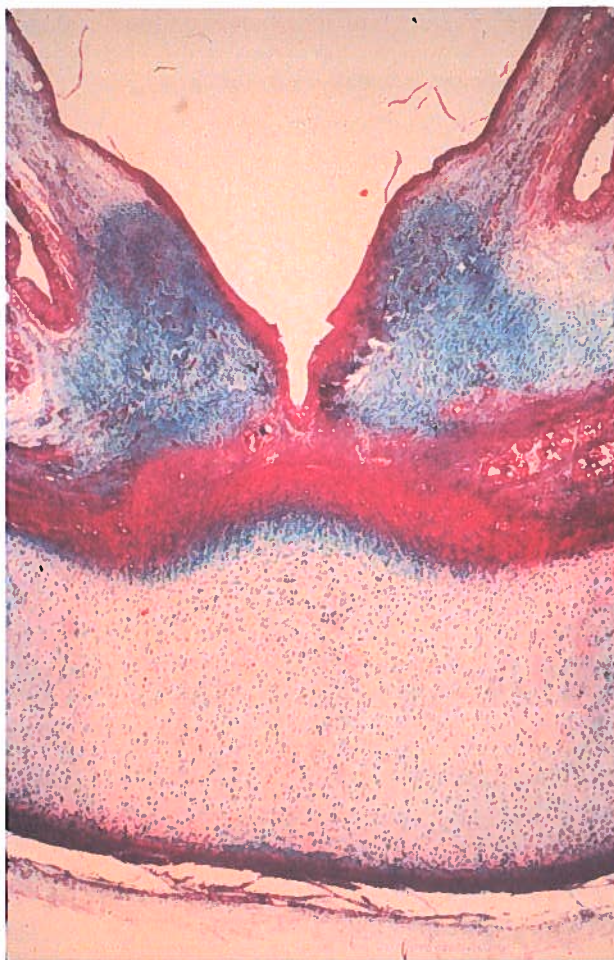


FIG. 9.—Corte transversal a nivel de la comisura anterior. Se observa la disposición del cartílago tiroideos y las maculae flavae.

mente identificables mediante técnicas de inyección de celoidina y posterior corrosión con ácido clorhídrico (DEL CAÑIZO, 1995), así como al microscopio electrónico en cortes finos, incluso los linfáticos de luz muy pequeña. Los linfáticos se disponen paralelos al eje longitudinal de la cuerda vocal, son más numerosos en su región aritenoides y disminuyen en número a medida que nos acercamos a la comisura anterior.

CARACTERÍSTICAS HISTOLÓGICAS SEGUN LA EDAD

Cuerda vocal del niño

La cuerda del recién nacido con respecto a la del adulto es de menor tamaño y presenta otras peculiaridades que describimos a continuación. El grosor de la mucosa con respecto a la longitud de la cuerda vocal es proporcionalmente mayor que en el adulto (5/10 en niño y 1/10 en adulto). El epitelio

no presenta diferencias significativas con respecto al del adulto joven. Por la inmadurez de las estructuras en el niño, el corion no presenta la estratificación que le caracteriza, siendo indistinguible el ligamento vocal [SATO y cols., 1995 (2)]. Aunque las *maculae flavae* se encuentran presentes *in utero* a partir de la veinticuatro semana de vida, son inmaduras y ricamente celulares [CAMPOS BAÑALES y cols., 1995; SATO y cols., 1995 (2)]. El corion presenta, en definitiva, mayor celularidad y menor componente fibrilar que en el adulto.

Cuerda vocal del anciano

En relación a los cambios morfológicos de la cuerda vocal en la edad avanzada, son muy ilustrativos los estudios de HIRANO (1993), SATO y cols. (1995) (3) y KAHANE (1987). En el epitelio prácticamente no ocurren cambios, encontrándose, sin embargo, cambios llamativos en el corion; estos cambios son más pronunciados en el varón. En el estrato superficial se aprecia una disminución de la celularidad y del componente fibrilar, así como un engrosamiento por edematización; en el estrato medio escasean las fibras elásticas y se observa un cierto grado de atrofia. El estrato profundo presenta engrosamiento por aumento del grosor y densidad de las fibras colágenas. Aunque el tamaño de las *maculae flavae* no varía en relación al adulto joven, en ellas se observa una disminución del número de fibroblastos y una menor actividad de los mismos [SATO y cols., 1995 (3)]. A su vez, el músculo vocal presenta un discreto o moderado grado de atrofia.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAMSON, D. R.: «Recent studies on the structure and pathology of basement membranes». *J. Pathol.*, 1986; 149: 257-278.
- BASTERRA, J.; DILLY, P. N.; CHUMBEY, C. C., y PELLIN, A.: «Glands in the human vocal cord». *Rev. Laryngol.*, 1988; 109 (5): 477-480.
- BERNFELD, M.; BANERJEE, S. D.; KODA, J. E., y RAPRAEGER, A. C.: «Remodelling of the basement membrane: Morphogenesis and maturation». En: *Basement membranes and cell movement. Ciba Found Symp 108*. Londres: Pitman Publishing, Ltd., 1984, 179-196.
- CAMPOS BAÑALES, M. E.; PEREZ PIÑERO, B.; RIVERO, J.; RUIZ CASAL, E., y LOPEZ AGUADO, D.: «Histological structure of the vocal fold in the human larynx». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1995; 115: 701-704.
- DEL CAÑIZO, A.: «Las redes linfáticas de la cuerda vocal». En: Alvarez Vicent, J. J., y Sacristán Alonso, J., editores. *Cáncer de cuerda vocal*. Ponencia oficial para 1995 de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Barberá del Vallés (Barcelona): Gráficas Barberá, S. L., 1995; 80-87.
- FECHNER, R. E., y MILLS, S. E.: «Larynx and pharynx». En: Sternberg, S. S., editor. *Histology for pathologists*. New York: Raven Press, Ltd., 1992; 443-449.

- GOLDMAN, J. L.; LAWSON, W.; ZAK, F. G., y ROFFMAN, J. D.: «The presence of melanocytes in the human larynx». *Laryngoscope*, 1972; 82: 824-835.
- GRAY, S. D.; HIRANO, M., y SATO, K.: «Molecular and cellular structure of vocal fold tissue». En: Titze, I., editor. *Vocal fold physiology: Frontiers in basic science*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc., 1993; 1-36.
- GRAY, S. D.; PIGNATARI, S. S. N., y HARDING, P.: «Morphologic ultrastructure of anchoring fibers in normal vocal fold basement membranes». *J. Voice*, 1994; 8 (1): 48-52.
- GUERRIER, Y.: «Le plan glottique: Quelques données anatomiques». *Les Cahiers d'ORL*, 1995; XXX (1): 9-12.
- HIRANO, M.: «Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations». *Folia Phoniatr.*, 1974; 26: 89-94.
- HIRANO, M.; KAKITA, Y.; OHMARU, K., y KURITA, S.: «Structure and mechanical properties of the vocal fold». En: Lass, N. J., editor. *Speech and language*. Orlando: Academic Press Inc., 1982; 271-297.
- HIRANO, M., y KURITA, S.: «Histopathological structure of the vocal fold and its normal and pathological variations». En: Kirchner, J. A., editor. *Vocal fold histopathology, a symposium*. San Diego: College-Hill Press, 1986; 39-50.
- HIRANO, M.: «Phonosurgical anatomy of the larynx». En: Ford, C. H., y Bless, D., editores. *Phonosurgery: Assessment and surgical management of voice disorders*. New York: Raven Press, Ltd., 1991; 25-41.
- HIRANO, M.: «Surgical anatomy and physiology of the vocal folds». En: Gould, W. J.; Sataloff, R. T., y Spiegel, J. R., editores. *Voice surgery*. St. Louis: Mosby-Year Book Inc., 1993; 135-158.
- HIRANO, M., y SATO, K.: *Histological color atlas of the human larynx*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc., 1993.
- KAHANE, J. C.: «Connective tissue changes in the larynx and their effects on voice». *J. Voice*, 1987; 1 (1): 27-30.
- KATZ, S. I.: «The epidermal basement membrane zone: Structure, ontogeny and role in disease». *J. Am. Acad. Dermat.*, 1984; 11: 1025-1037.
- MARTINEZ-HERNANDEZ, A., y AMENTA, P. S.: «The basement membrane in pathology». *Lab. Invest.*, 1983; 48: 656-677.
- MICHAELS, L.: *Pathology of the larynx*. Berlin: Springer-Verlag, 1984; 9-34.
- PAWLAK, A. S.; HAMMOND, T.; HAMMOND, E., y GRAY, S. D.: «Immunocytochemical study of proteoglycans in vocal folds». *Ann. Otol. Laryngol.*, 1996; 105 (1): 6-11.
- SAKAI, L. Y.; KEENE, D. R.; MORRIS, N. P., y BURGESSON, R. E.: «Type VII collagen is a major structural component of anchoring fibrils». *J. Cell. Biol.*, 1986; 103: 1577-1586.
- SANDERSON, R. D.; FITCH, J. M.; LINSSENMEYER, T. F., y MAYNE, R.: «Fibroblasts promote the formation of a continuous basal lamina during myogenesis *in vitro*». *J. Cell. Biol.*, 1986; 102: 740-747.
- SATO, K., e HIRANO, M. (1): «Histologic investigation of the macula flava of the human vocal fold». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (2): 138-143.
- SATO, K., e HIRANO, M. (2): «Histologic investigation of the macula flava of the human newborn vocal fold». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (7): 556-562.
- SATO, K., e HIRANO, M. (3): «Age-related changes of the macula flava of the human vocal fold». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (11): 839-844.
- SCHENK, P.: «Langerhanszellen bei invasivem larynxkarzinom». *Laryngol. Rhinol. Otol.*, 1980; 59: 232-237.
- THOMPSON, A. C., y GRIFFIN, N. R.: «Langerhans cells in normal and pathological vocal cord mucosa». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1995; 115: 830-832.
- WERNER, J. A.; SCHÜNKE, M.; RUDERT, H., y TILLMANN, B.: «Description and clinical importance of the lymphatics of the vocal fold». *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 1990; 102 (1): 13-19.

Fisiología de la fonación

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA y S. FERNANDEZ GONZALEZ

FISIOLOGIA DE LA FONACION

Partiendo de la función esfíntérica inicial de la laringe se describe la fonación como la utilización inteligente de los mecanismos que aquella emplea para la protección de las vías respiratorias bajas. Es cierto que ambos mecanismos, protección y fonación, dependen de las mismas estructuras anatómicas y en gran medida de procesos de regulación semejantes y estrechamente vinculados entre sí; lo refleja el hecho de que ante un defecto importante del funcionamiento laríngeo, como puede ser una incapacidad para la oclusión glótica o la ausencia de ondulación de la mucosa, el ser humano utiliza, en un esfuerzo de compensación vicariante, el esfínter superior de la laringe para generar voz. Sin embargo, los procesos fisiológicos destinados a la producción y regulación de la fonación alcanzan una dimensión fisiológica muy superior a la de los propios de la primitiva función esfíntérica que por sí solos no pueden explicar el complejo fenómeno fonatorio.

Aun habiéndosele dedicado una enorme intensidad investigadora, el capítulo de la fisiología de la fonación está inconcluso. Los métodos modernos de investigación aportan periódicamente datos objetivos y especulaciones que demuestran lo mucho que ignoramos al respecto y sugieren lo mucho que nos queda por saber. No obstante, la situación actual del conocimiento de la fisiología laríngea nos permite situarnos en una posición que, resumiendo los hechos más importantes, sea eficaz a la hora de identificar las anomalías del funcionamiento laríngeo, así como sus causas y seleccionar el procedimiento corrector adecuado.

Interpretamos la fonación como un proceso regulado por el sistema nervioso central y periférico que coordina la actividad motora y el acoplamiento funcional del resto de los elementos que participan en la generación de la voz y en su percepción, tanto a los niveles más bajos de comportamiento automático como al de aquellos en los que la participación de los centros superiores significan actividades fonatorias de mayor entidad, como son la articulación, la actividad artística en el canto o la expresión de las emociones y la personalidad individual.

Elemento valvular y generador de frecuencias

Los hechos fundamentales de la producción de la voz radican sobre lo que denominamos elemento valvular y generador de frecuencias, formado por los repliegues vocales y las estructuras de las que depende su funcionamiento mecánico. Por una parte, su misión es puramente valvular, y así va a comportarse regulando minuciosamente tanto la presión de cierre de las cuerdas vocales como su grado de apertura, al igual que la duración de ambos procesos, abertura y cierre, durante la producción vocal y la articulación a nivel laríngeo. Por otra parte, las cuerdas vocales actúan como partes de un oscilador que trabajando sincrónicamente y mediante la variabilidad de sus propiedades físicas: elasticidad, rigidez y viscosidad, son capaces de generar una amplia gama de frecuencias ante el paso del aire a través de la hendidura glótica.

La propuesta que ofrece HIRANO (1975) de considerar la cuerda vocal como una estructura formada por diversos planos de propiedades mecánicas diferentes aúna el factor elasticidad de los distintos componentes, regulado tanto activa como pasivamente, con la propiedad ondulatoria de la mucosa del borde libre de la cuerda vocal regulada pasivamente. Se funden en este concepto la teoría expuesta por MÜLLER (1843), completada y difundida por VAN DEN BERG (1958) como teoría mioelástica-aerodinámica, con la teoría mucoondulatoria enunciada por PERELLO (1962) para explicar el comportamiento como vibrador de las cuerdas vocales.

En la figura 1 se representa esquemáticamente la distribución de los diversos planos que reconoce HIRANO (1975), que dan lugar al concepto «complejo cuerpo-cobertura» de máxima trascendencia funcional. Describe un total de cinco planos que, en relación a su valor funcional, reduce a tres secciones: la de cobertura, formada por el epitelio y el plano superficial de la lámina propia; la de transición, formada por los planos intermedio y profundo de la lámina propia, y el cuerpo, formado por el músculo vocal.

Desde el punto de vista mecánico el epitelio se comporta como una cápsula fina destinada a configurar la forma de la cuerda vocal. El plano superfi-

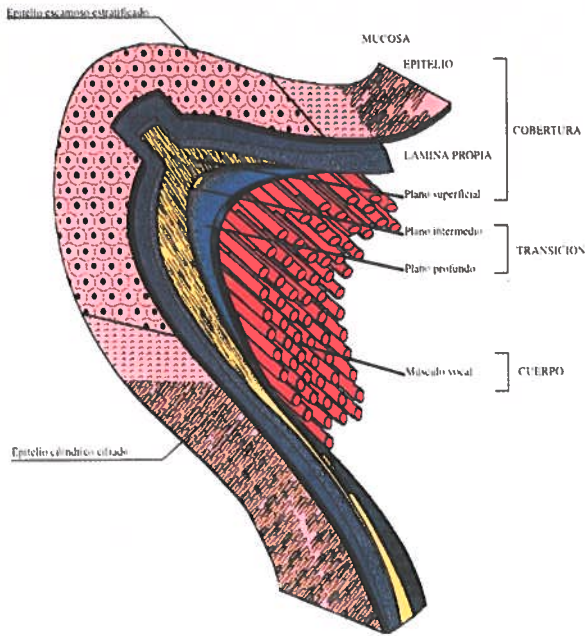


FIG. 1.—Representación esquemática de los planos de la cuerda vocal

cial de la lámina propia lo equipara a una capa de gelatina; las fibras elásticas del ligamento con bandas de goma blandas y las fibras colágenas con un filamento de algodón. El músculo lo identifica, bajo contracción, como una banda de goma dura. Esta concepción supone la existencia de áreas de distintas propiedades físicas que van de la elasticidad superficial a la rigidez en profundidad, cuyo comportamiento mecánico es diferente y variable y regulado tanto activa como pasivamente por la acción muscular.

Comportamiento mecánico

Fase de iniciación

La aproximación progresiva de las cuerdas vocales culmina en la oclusión completa de la glotis, lo que combinado con el inicio de la espiración genera un aumento rapidísimo de la presión subglótica que, alcanzando un valor suficiente como para vencer la presión de cierre glótico, produce la salida del aire y con ello la ondulación de la mucosa.

En este proceso de cierre y de compresión medial de ambas cuerdas vocales, aunque muy rápido, podemos distinguir dos fases: una de preparación y otra de ejecución o de ataque.

La primera se caracteriza por la transición desde una posición relativamente amplia de abertura glótica a una posición próxima al cierre de la glotis. Durante este movimiento la actividad muscular del

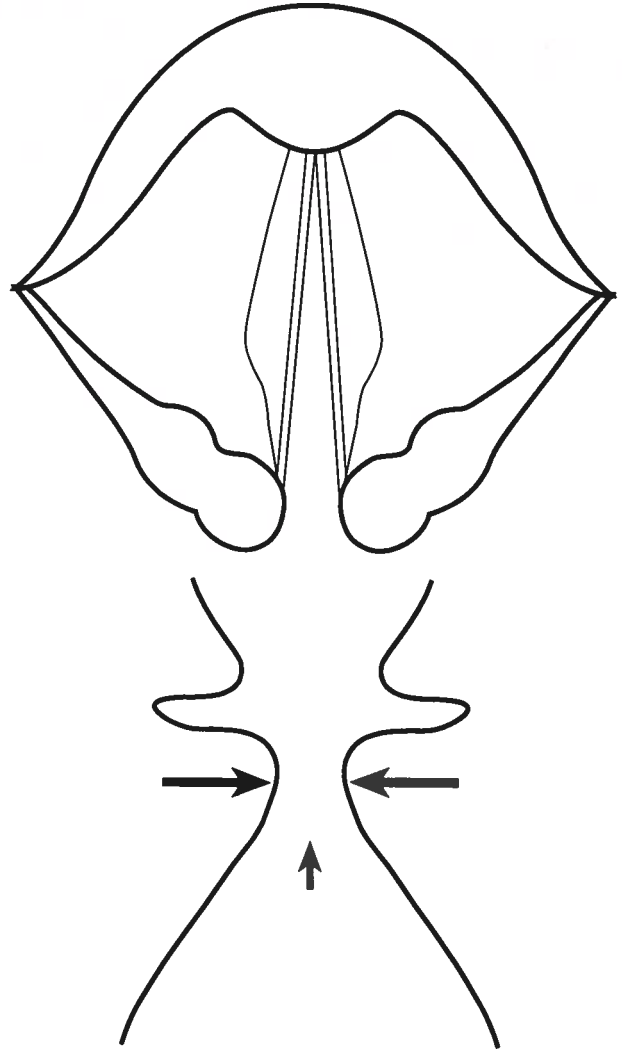


FIG. 2.—Inicio de la oclusión.

cricoaritenoides posterior disminuye progresivamente al mismo ritmo que aumenta la actividad del cricoaritenoides lateral y tiroaritenoides. Este proceso de aproximación, aún no concluido, lleva consigo la reducción progresiva del volumen de flujo aéreo, el aumento de la presión subglótica y el aumento de la velocidad de flujo (fig. 2).

La segunda fase se continúa con la anterior hasta la oclusión completa o casi completa de la glotis (fig. 3). La actividad del cricoaritenoides posterior desaparece, incrementándose la de los músculos adductores. La presión subglótica asciende aún más, al igual que la velocidad de flujo, la cual, al generar una depresión entre los bordes libres de las cuerdas vocales, se suma al mecanismo adductor como una fuerza de aproximación de la mucosa hacia la línea media gracias a la succión que genera el efecto Bernoulli. Dependiendo del ajuste en el tiempo entre la fuerza efectora y el grado de oclusión glótica o el grado de compresión medial el ini-

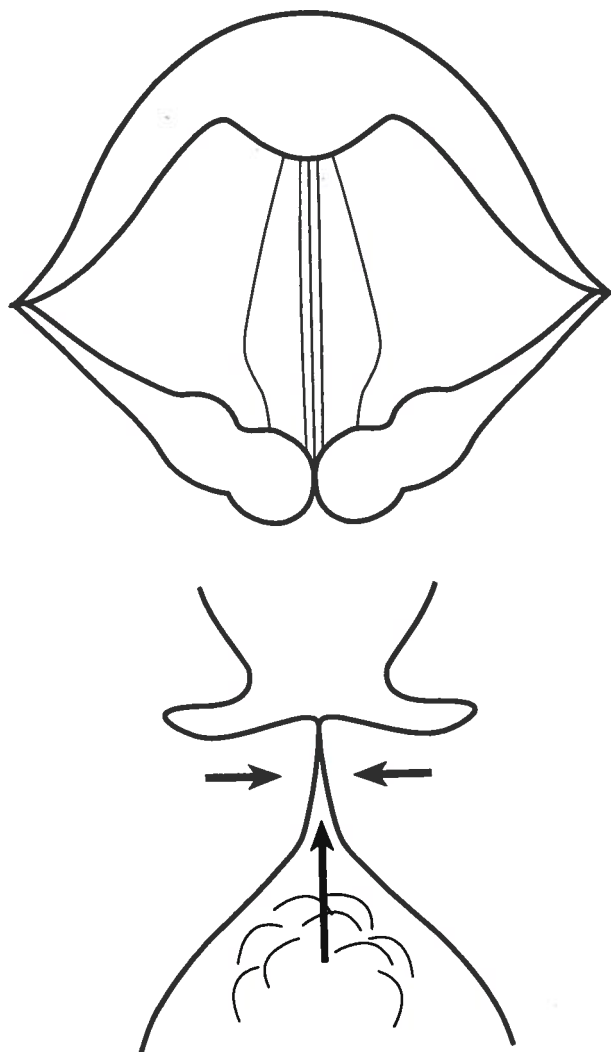


FIG. 3.—Oclusión completa o casi completa.

cio de la fonación puede realizarse de formas diferentes. Cuando se libera el aire en el momento de la oclusión completa y bajo ajuste muscular adductor progresivo el comienzo de la fonación se realiza con la cadencia adecuada. La ondulación de la mucosa es regular, el tono es estable y la amplitud se incrementa progresivamente.

Si la liberación del aire se hace antes del cierre glótico completo se genera una irregularidad inicial de la ondulación de la mucosa, apreciándose auditivamente el flujo aéreo antes de la generación del tono estable.

La iniciación de la fonación bajo una compresión medial intensa, por acusada actividad muscular adductora y la aplicación de intensa fuerza impulsora con retraso sobre el cierre glótico, lleva consigo una iniciación súbita, explosiva de la fonación.

A la primera forma de iniciación de la fonación se la denomina ataque simultáneo por la sincroni-

zación en el encuentro entre la oclusión y la inyección de aire. Se interpreta como la forma adecuada de realizar el comienzo de la fonación. Lo identificamos con el concepto expuesto por MANUEL GARCIA (1894) al hacer referencia a la forma de atacar correctamente una nota. Lo define como la articulación cuidadosa de la glotis que lleva a un inicio preciso y limpio del sonido. GARCIA lo denominó *coup de la glotte*, denominación que ha sido mal interpretada por muchos autores al relacionarlo con el ataque explosivo o duro.

La segunda forma o ataque aspirado, o mejor dicho, soplado, se considera como negativa cuando el ruido aéreo es perceptible. Sin embargo, cuando la velocidad de flujo se mantiene por debajo de los límites en los que se genera la turbulencia, la fonación comienza progresivamente coincidiendo con la aproximación final generada por el efecto Bernoulli y con una tensión muscular reducida.

La tercera forma denominada ataque duro, mal llamado por otros golpe de glotis, se genera por un exceso de tensión muscular adductora. Las apófisis vocales impactan enérgicamente entre sí, antes que las porciones cartilaginosas posteriores de las cuerdas vocales contacten, lo que reduce el área de contacto concentrando la energía sobre las caras internas de las apófisis vocales. Este tipo de ataque duro, cuando repetido, puede ser causa entre otros factores de la úlcera de contacto.

Terminación de la fonación

La cesación de la fonación es un proceso inverso al ataque y como éste puede producirse de formas diferentes:

- La forma natural, o terminación suave de la fonación, se produce por la reducción de la presión subglótica que lleva consigo la supresión del sonido hasta su total anulación sin que se acompañe de turbulencia audible.
- Cuando la cesación se genera por la apertura progresiva de la glotis sin interrupción de la fuerza efectora, la persistencia, aunque breve, del flujo aéreo puede acompañarse de la percepción de una turbulencia, pudiéndose considerar como terminación soplada.
- Cuando la separación de las cuerdas vocales se realiza de forma rapidísima manteniendo hasta ese momento un alto grado de presión subglótica y por tanto de compresión muscular se produce una liberación brusca de la presión y un sonido como de impacto que sensorialmente se relaciona con hipertensión. Es la forma brusca de terminación, inversa al ataque duro, denominándose terminación dura.

Ciclo vibratorio

Una vez obtenido el equilibrio entre la presión de aire efector y el grado adecuado de tensión glótica comienza a producirse por efecto de la salida del aire la ondulación periódica de la mucosa que recubre a las cuerdas vocales. Los mecanismos por los cuales se mantiene la continuidad de la oscilación han sido muy discutidos. Diversas teorías ya mencionadas han tratado de explicar este proceso, cuya base fundamental es el cierre periódico de la glotis, sobre el que aún se aportan continuamente datos referentes a su estructuración desde el punto de vista físico, así como interpretaciones en este sentido muy complejas que se salen de la intención práctica de este capítulo. De todas ellas la teoría que realmente explica el proceso fonatorio es la miolástica-aerodinámica. En ella se contempla la participación de dos mecanismos diferentes: el aportado por la elasticidad de músculos, ligamentos y mucosa, y los fenómenos aerodinámicos que aporta el flujo aéreo efector representados por una fuerza constante que separa las cuerdas vocales, que es representada por la presión subglótica y la velocidad del flujo que, generando una presión negativa en la estrechez glótica, aproxima entre sí la mucosa que cubre las cuerdas vocales. Este último mecanismo descrito y valorado por TONDORFF (1925), de gran importancia en relación a la continuidad de la oscilación, se rige por la ley de la conservación de la energía de Bernoulli. Al contrario de lo que cabría esperar, esta ley establece que cuando la presión de flujo de un fluido se mantiene constante el incremento de velocidad al encontrar en su paso una estrechez genera una disminución de la presión en ese punto.

La suma de los dos mecanismos hace posible que se produzca el ciclo vibratorio. Partiendo de una adducción completa, la presión subglótica separa las dos cuerdas vocales hasta un punto en el que su grado de elasticidad limita su excursión hacia fuera. A partir de este punto la elasticidad actúa invirtiendo el sentido del desplazamiento hacia la línea media, hasta recuperar la posición inicial, lo que lleva consigo la reducción del espacio entre ambas cuerdas vocales, el incremento progresivo de la presión subglótica, el aumento de la velocidad de flujo que reduce la presión intercordanal, la oclusión completa y el inicio por tanto de un nuevo ciclo. La descripción clásica realizada por SCHONHÄRL (1960) se representa en la figura 4.

El valor del efecto Bernoulli ha sido discutido por algunos autores en el sentido de no admitir la posibilidad de que se produzca por considerar que no existe un flujo continuo durante la fonación (ARNOLD, 1965) o en el de valorar su importancia como relativa. A la hora de considerar su participación constante en el proceso fonatorio debemos tener en cuenta que ante circunstancias mecánicas determi-

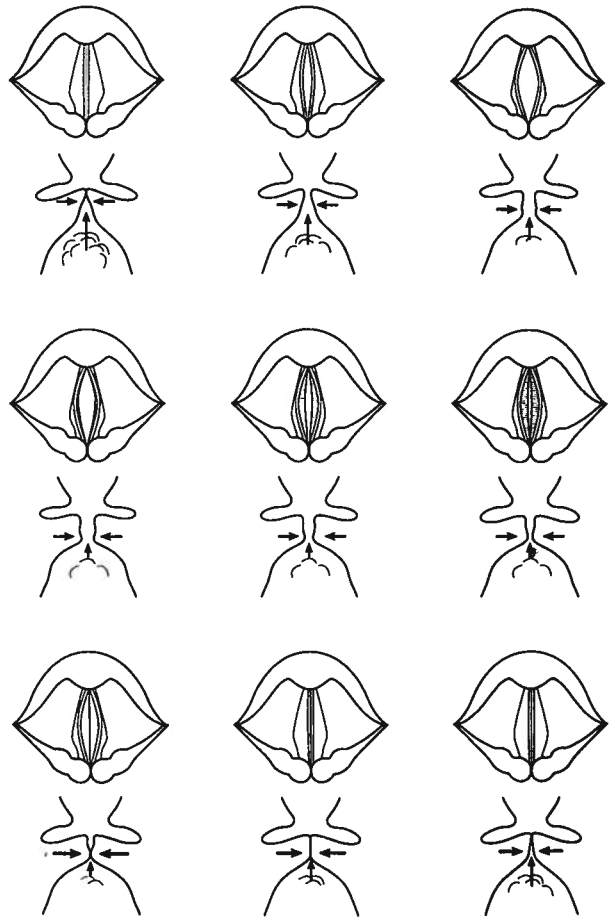


FIG. 4.—Ciclo vibratorio según Schonhärl.

nadas su participación debe ser nula. Una cuerda extremadamente elongada ofrece al aire espiratorio un borde delgado recubierto por una mucosa sometida a tensión y, por tanto, lo suficientemente rígida como para no ser fácilmente aspirada dependiendo su cierre mayoritariamente de la elasticidad. Al contrario, durante la generación de frecuencias graves las circunstancias opuestas facilitan la acción de la presión negativa, adquiriendo ésta un valor máximo como mecanismo de cierre (fig. 5).

La separación de las cuerdas vocales comienza por su borde inferior, progresando hacia arriba hasta abrirse lo suficiente como para que se produzca la salida de aire. Antes de que se produzca la apertura superior los bordes inferiores de las cuerdas vocales comienzan a aproximarse hasta realizar el cierre inferior y comenzar nuevamente su apertura hacia arriba.

El desplazamiento de la mucosa puede comenzar en la región anterior o posterior de la glotis. En la primera forma la reparación de la mucosa se inicia por delante de la mácula flava anterior discurriendo longitudinalmente hacia atrás y hacia afuera hasta alcanzar la línea arcuata superior, donde se extin-

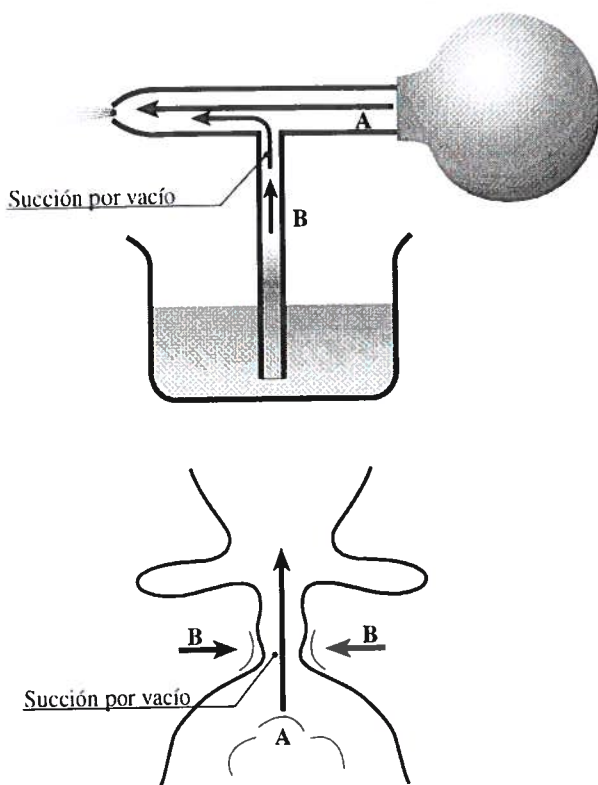


FIG. 5.—Efecto Bernoulli. A: Aire en movimiento. B: Efecto de succión.

que la onda mucosa, coincidiendo el máximo de desplazamiento hacia afuera con el centro de la porción membranosa de la cuerda vocal. La apertura posterior se inicia por delante de la mácula flava posterior, desde donde se dirige hacia adelante y afuera, extinguiéndose la onda mucosa en la misma localización. En el movimiento de cierre superior la emigración hacia adentro culmina con el contacto de ambas cuerdas vocales en la línea media, siendo el centro de la porción vibrátil el último punto de cierre. El que se produzca una forma u otra de apertura depende a nuestro juicio del grado de laxitud y redundancia de la lámina de epitelio ondulante. Cuando es marcado, el inicio de la separación de la mucosa se realiza de atrás adelante.

Cuando la frecuencia es alta, al estar estirada y tensa la mucosa, la ondulación es mínima y de muy limitada excursión. Este aspecto hay que tenerlo en cuenta a la hora de juzgar visualmente el grado de ondulación de la mucosa; al hacer la valoración estroboscópica deben seleccionarse frecuencias medias para evitar el error que puede suponer tanto el exceso de ondulación como el defecto si se estudia durante la fonación de frecuencias graves o agudas, respectivamente.

Para que todo este proceso se realice se requieren de una serie de condiciones. Sin una presión de aire suficiente como para separar las cuerdas vocales, sin una glotis estrecha y un cuerpo muscular elástico,

sin una mucosa lo suficientemente laxa, húmeda y libre de fijación al plano medio subyacente como para ser capaz de ondular y ser desplazada por una mínima presión negativa, el mecanismo de producción del ciclo vibratorio no sería factible. La alteración de cualquiera de estas circunstancias afecta en grado mayor o menor, según los casos, la dinámica de la cuerda vocal, generando alteraciones del producto final, la voz.

Aunque todas ellas son importantes, las variaciones en las características físicas de la mucosa son de gran trascendencia. Las más son corregibles mediante terapéutica médica o quirúrgica, no así la pérdida de mucosa o su fijación al plano medio por retracción cicatricial, lo cual es causa de muchas disfonías permanentes.

Características del ciclo vibratorio

Como se ha mencionado, es absolutamente necesario para que se produzca el movimiento ondulatorio que la glotis permanezca cerrada durante un cierto período de tiempo. Los numerosos estudios realizados por varios investigadores para determinar las características del ciclo vibratorio demuestran el interés que este aspecto ha suscitado (ver capítulo «Histórico»).

Los estudios de TIMCKE (1957), realizados mediante un osciloscopio acoplado a un estroboscopio de lámpara, aportaron las primeras medidas de la duración relativa de la fase abierta de cada ciclo vibratorio, expresándolo como el cociente entre la fracción del ciclo durante la cual la glotis está abierta y la duración total del ciclo. Posteriormente, TIMCKE, VON LEDEN y MOORE (1958-1960) estudiaron sobre filmaciones en el hombre, efectuadas a alta velocidad, los detalles de las fases de apertura y cierre del ciclo vibratorio, tanto en situación de normalidad como en situaciones patológicas. Describieron sus hallazgos mediante gráficos en los que el eje vertical representa la excursión lateral de una cuerda vocal, es decir, la mitad de la amplitud del área glótica, expresada en porcentajes de la apertura máxima. En el eje vertical se representa la duración en fracciones de un ciclo vibratorio (fig. 6). De estos estudios parte el conocimiento de los diferentes parámetros mesurables que permiten evaluar las características mecánicas de cada tipo de fonación y sus alteraciones.

El ciclo vibratorio está formado por una fase abierta y una fase cerrada. La fase abierta a su vez se divide en una fase de apertura, durante la cual las cuerdas vocales se separan alejándose de la línea media, y una fase de cierre, durante la cual se aproximan hasta su total contacto (fig. 7).

La relación entre sí de la duración de las fases y con la duración del ciclo completo se expresa en co-

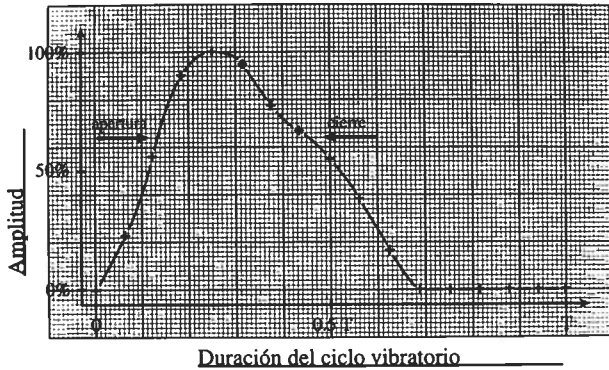


FIG. 6.—Ciclo vibratorio.

cientes: cociente abierto, cociente velocidad e índice de velocidad. El cociente de apertura es el producto de dividir la duración de la fase abierta por la duración total del ciclo vibratorio:

$$OQ = \frac{\text{Duración de la apertura}}{\text{Duración ciclo vibratorio}}$$

El cociente de velocidad es el producto de dividir la duración de la fase de apertura por la de la fase de cierre:

$$SQ = \frac{T0 \text{ fase de apertura}}{T0 \text{ fase de cierre}}$$

El índice de velocidad es el resultado de dividir la duración de la fase de apertura menos la duración de la de cierre por la suma de la duración de las fases de apertura y cierre:

$$SI = \frac{T0 \text{ fase de apertura} - T0 \text{ fase de cierre}}{T0 \text{ fase de apertura} + T0 \text{ fase de cierre}}$$

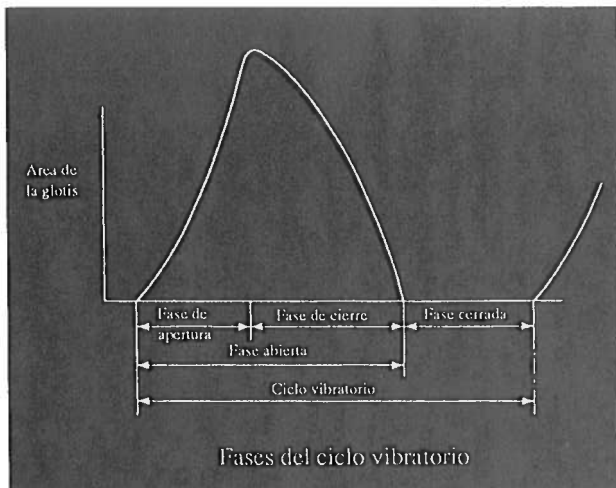


FIG. 7.—Fases del ciclo vibratorio.

Mecanismos de regulación del tono

El sonido vocal que sensorialmente percibimos se denomina tono de la voz, y aunque se identifica con la frecuencia a la que se produce el ciclo vibratorio o frecuencia fundamental (F_0) depende en gran medida de la tonalidad y el timbre. Este concepto significa que su regulación, realizada por el sistema nervioso central y periférico, depende de las variaciones de ajuste que se producen tanto a nivel de la región glótica como de la cavidad de resonancia. Variaciones que suponen la posibilidad de una amplia gama de frecuencias.

Regulación de frecuencias a nivel glótico

Las variaciones de la frecuencia fundamental a este nivel se realizan mediante los cambios de longitud, masa y elasticidad que experimenta los distintos planos que forma la cuerda vocal ante la acción muscular. La elongación supone una disminución de la masa y un aumento considerable de la tensión que reduce la elasticidad tanto del plano de cobertura como del cuerpo de la cuerda vocal. El efecto que produce es el incremento de la frecuencia fundamental. El responsable de este mecanismo es el músculo cricotiroides, cuya acción, ya descrita, genera la elongación y adelgazamiento de la cuerda vocal. La elongación máxima, y sobre todo la tensión, se consigue por la relajación completa del músculo tiroaritenoides y la limitación del deslizamiento y vasculamiento anterior del cartílago aritenoides, controlado por los ligamentos cricoaritenoides posteriores y la contracción del músculo cricoaritenoides posterior que fija el aritenoides. El comportamiento del músculo tiroaritenoides durante el incremento del tono pasa desde una contracción isométrica, que se opone a la fuerza de elongación ejercida por el cricotiroides proporcionando rigidez al plano muscular, hasta una relajación máxima que hace posible la elongación completa de la cuerda vocal.

Bajo una tensión y elongación grande el movimiento ondulatorio no se aprecia como tal, lo que se observa es más una vibración que la ondulación de los adelgazados bordes de las cuerdas vocales. La fase cerrada no se produce y las fases de apertura y cierre cursan muy rápidamente con amplitud muy reducida.

El mecanismo opuesto a la elongación es el de acortamiento de la cuerda vocal, cuyo efecto es la reducción o descenso de la frecuencia fundamental. Mecánicamente supone una disminución de la tensión y un aumento de la masa. Para que se pueda producir el acortamiento máximo es necesario que la contracción del tiroaritenoides se acompañe de una interrupción total de la contracción del cricotiroides y relativa del cricoaritenoides posterior. La

acción del músculo esternotiroideo, ya designado como antagonista del cricotiroideo, puede contribuir al proceso de acortamiento mediante la aproximación del ángulo del cartílago tiroideos al aritenoides.

Tanto durante el proceso de elevación como de descenso de la frecuencia fundamental actúa una fuerza denominada compresión medial que depende de la acción de la musculatura adductora pura, cricoaritenoides lateral y músculo interaritenoides. La elongación y la contracción del músculo tiroaritenoides, al aumentar la rigidez de las cuerdas vocales, colaboran en aumentar la compresión medial, la cual se incrementa a medida que asciende la frecuencia. De ambas fuerzas depende la resistencia glótica al paso del flujo aéreo. Su aumento significa el ascenso de la presión subglótica y el de ésta produce un ascenso de la frecuencia fundamental.

Entre ambos extremos, máxima elongación y máxima relajación, se establecen las condiciones mecánicas responsables de la variación del tono dentro del rango conversacional. En grado menor la actividad muscular general se comporta de forma similar. Aún bajo estas circunstancias la regulación de la frecuencia a nivel glótico depende de la acción del cricotiroideo y del tiroaritenoides. El resto de la musculatura participa de forma indirecta regulando la estabilidad de las estructuras móviles de la laringe. Durante la emisión de frecuencias conversacionales la situación de la cuerda vocal varía dentro de límites reducidos. Un grado de elongación y tensión medio presupone unos bordes libres redondeados, recubiertos por una mucosa laxa, de espesor similar a la de la situación en reposo, cuya ondulación se caracteriza por la presencia de fases abiertas y cerradas de similar duración, y una amplitud media.

De ambas fuerzas, así como de la configuración y características físicas de las cuerdas vocales, depende el volumen de flujo aéreo a través de la glotis. Ante presiones subglóticas elevadas la amplitud es mayor, siéndolo también el flujo, el cual aumenta asimismo con el incremento de frecuencia.

El volumen de flujo aéreo durante la voz conversacional y el canto oscila entre 60-400 ml/sg. Cuanto más intenso y alto es el sonido emitido más elevado es el volumen de flujo, es decir, el consumo aéreo aumenta con el incremento tanto de intensidad como de frecuencia. En la voz cantada puede ocurrir que el volumen de flujo se mantenga prácticamente constante, a pesar de un incremento de la frecuencia. SUNDBERG (1970) explica esta desviación de la normalidad argumentando que el tiempo durante el cual la glotis está abierta durante el ciclo vibratorio es aproximadamente la mitad cuando la frecuencia se dobla, siempre que se mantengan constantes el resto de los factores.

En estas circunstancias la glotis permite el paso de sólo la mitad del volumen aéreo que pasaría durante la emisión de una octava más baja. El resultado es que aproximadamente la mitad del volumen aéreo pasa la glotis dos veces más rápidamente, siendo por tanto el consumo similar para tonos agudos y tonos graves.

Durante la ejecución del vibrato el volumen de flujo aumenta en comparación con el consumo aéreo que acompaña a la voz desprovista de este ornamento.

Durante la voz conversacional la generación de algunos sonidos consonánticos al ser producidos por escapes de aire lleva consigo un aumento de consumo. Lo mismo ocurre durante el canto, pero se compensa mediante una técnica adecuada.

En líneas generales debemos considerar que la regulación de estos factores requiere de un manejo extremadamente preciso de los mecanismos que los generan. Una compresión medial excesiva lleva a una voz apretada. La situación opuesta, una compresión medial mínima lleva a una voz de poquísima calidad, con marcado componente aéreo. Entre ambas situaciones extremas se encuentra la regulación adecuada, que se caracteriza por una compresión medial justa, una presión subglótica moderada y un flujo aéreo mínimo.

Regulación a nivel del tracto vocal

El tracto vocal actúa como un amplificador selectivo de determinadas frecuencias y como atenuador de otras. Cualquier armónico constituyente del sonido producido en la glotis que se sitúe próximo a un formante del tracto vocal se ve intensificado, siendo atenuado cuando se sitúa entre dos formantes (fig. 8).

La respuesta del tracto vocal es más eficaz para las frecuencias altas y ante la coincidencia exacta de un armónico con un formante. Esta sincronización entre armónico y formante, que carece de importancia en lo que se refiere a la voz hablada, cuyas frecuencias bajas no llevan consigo gran separación entre los armónicos, adquieren gran significado en la voz cantada, pues ante frecuencias altas, con gran separación entre armónicos, la sincronización entre la frecuencia fundamental y el primer formante supone un incremento de intensidad apreciable.

Regulación de la intensidad

La regulación de la intensidad depende de los ajustes que pueden realizarse tanto sobre el elemento efector como sobre el elemento valvular y el elemento resonador, los cuales aun realizándose

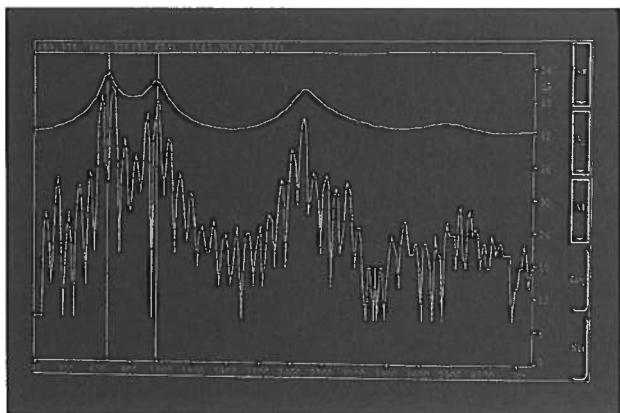


FIG. 8.—Coincidencia de los dos primeros formantes con los armónicos.

por mecanismos diferentes y a distinto nivel son interdependientes en gran medida.

A nivel de la efeción las variaciones de intensidad dependen de las que experimenta la fuerza aerodinámica regulada por la situación de contracción de la musculatura abdominal y torácica. Cuanto mayor es, más alto grado de presión intratraqueal o presión subglótica y mayor la intensidad, siempre que se corresponda con la fuerza opuesta que ejerce la resistencia de la válvula glótica al paso del aire. Esta fuerza, denominada resistencia glótica o impedancia glótica, depende del grado de contracción aductora. Cuando ésta aumenta, aun manteniéndose la fuerza aerodinámica constante, la presión subglótica se incrementa proporcionalmente al grado de contracción aductora y asimismo la intensidad.

Ante un descenso de la fuerza aerodinámica el incremento de la compresión a nivel glótico compensa el menor valor de aquélla manteniendo la intensidad previa.

De los mecanismos dirigidos a la regulación de la intensidad mencionados el más activo es la presión subglótica. En relación a este factor, VANDEMBERG (1953) establece que la intensidad de la voz es proporcional al cuadrado de la presión subglótica. En líneas generales se considera que un incremento del doble de la presión subglótica supone un aumento de la intensidad de aproximadamente 9 dB. Una intensidad media conversacional no requiere más de 4-6 cmH₂O de presión subglótica, siendo suficiente una presión de 12-14 cmH₂O para la emisión con intensidad alta. En la voz cantada, las presiones subglóticas son más altas. Para PROCTOR (1980) la presión subglótica varía durante el canto entre 5-35 cmH₂O. La presión subglótica como señala SUNDBERG (1987) varía en gran medida de forma rapidísima para adaptarse tanto a la sonoridad deseada como a la frecuencia. En relación al incremento de frecuencia debido al ascenso de la presión subglótica variaciones de aproximadamente 1 cmH₂O

suponen 3-4 Hz. de ascenso en la frecuencia de la voz conversacional, ascenso mínimo comparado con el experimentado por la presión. Incrementos elevados equivalentes al doble de la presión previa suponen ascensos significativos de la frecuencia.

La influencia del flujo sobre la intensidad de la voz ha sido relacionada con la velocidad de su interrupción a nivel glótico durante el ciclo vibratorio. Los estudios realizados por SUNDBERG y GAFFIN (1979) determinan que cuanto más corta es la duración de la fase abierta más rápida es la interrupción y mayor la intensidad. El proceso de la interrupción comienza con el inicio de la fase de cierre, continuándose progresivamente hasta el cierre total. Poco antes de que éste se produzca se genera por encima de la glotis la tasa máxima de presión negativa, lo cual facilita la excitación de la resonancia, lo que se traduce en un aumento de la intensidad.

Timbre

De las propiedades del tono: frecuencia, intensidad, timbre y sonoridad, el timbre es algo aparentemente inconcreto y difícil de explicar. Si escuchamos la emisión de un tono musical ejecutado por diversos instrumentos, por ejemplo, un «la» central, cuya frecuencia es 440 Hz., la impresión acústica que recibimos es que aunque todos emiten la misma frecuencia hay algo diferente para cada instrumento que nos permite distinguir cuál es el que la ejecuta. En relación a la voz humana distinguimos sin dificultad la voz de nuestro interlocutor aunque no le veamos si es previamente conocida. Es, por tanto, la característica acústica que nos permite juzgar que dos tonos presentados de la misma forma y con la misma frecuencia e intensidad son diferentes.

El timbre o cualidad depende de los formantes del tracto vocal, de la frecuencia fundamental y de la intensidad. Es influido, por tanto, por las dimensiones del tracto vocal y sus variaciones, por la configuración y dimensiones laríngeas, y determinado por los ajustes que regulan tanto la frecuencia e intensidad a nivel glótico como la presión subglótica a nivel del elemento efector.

Esta propiedad de la voz varía en calidad de unas regiones a otras de la extensión vocal, lo que permite diferenciar áreas concretas que se denominan registros vocales. El término registro vocal fue tomado del órgano por la identificación con el mecanismo destinado para realizar los cambios de cualidad en ese instrumento musical.

En relación al concepto de registro vocal, existe una controversia perenne respecto a su existencia, número y definición. TOSI (1723) ya reconoce en su tratado de canto la existencia de dos registros vocales a los que denomina de pecho y de cabeza o falsete, tanto en la voz del hombre como en la mujer.

Establece su extensión y ofrece recomendaciones para conseguir la igualación de la voz y evitar la percepción del paso de un registro a otro.

Desde entonces se mantiene una perenne discusión que ha dado lugar a numerosas publicaciones que se reflejan en el *IASCP Report on vocal registers* de 1982.

En relación a la definición de registro vocal nos acogemos a la de MANUEL GARCIA (1894), que ante la pregunta de un supuesto interlocutor responde: «Un registro vocal es una serie de sonidos homogéneos consecutivos producidos por un mecanismo que difieren esencialmente de otra serie de sonidos igualmente homogéneos producidos por un mecanismo diferente, cualquiera que sean las modificaciones del timbre y la fuerza.»

Significa esta definición que a nivel laríngeo se producen patrones de vibración diferentes, cada uno de los cuales presenta características frecuenciales y timbrales específicas y bien definidas, que permiten diferenciar las generadas por una regulación de las generadas por otras, es decir, la interrupción de un mecanismo y la sustitución de éste por otro. Cada registro cubre un rango de frecuencias que se solapan entre sí; cuando se superen sus límites la transición de un registro a otro se percibe como una variación del timbre que si se realiza de forma abrupta impresiona negativamente. Cuando se realiza de forma progresiva y precisa el paso no se percibe, obteniéndose el de-

seado efecto de la igualación del timbre o de un solo registro.

Respecto a cuántos registros existen en la voz humana y a cómo denominarlos existe una notable falta de acuerdo. Clásicamente la denominación se ha basado en la percepción física de las vibraciones que aprecia el cantante sobre un área determinada, pecho y cabeza, utilizando el término voz media para el centro de la misma. Para unos autores los registros serían tres: registro de pecho, registro medio y registro de cabeza. Otros diferencian dos para el hombre: modal o normal y falseto, y tres para la mujer: registros de pecho, medio y de cabeza.

El término modal, muy poco utilizado en español, equivale a normal y corresponde a las calidades timbrales de la voz conversacional del varón y a las de la voz grave del canto.

El término falsete inicialmente pretendía significar la imitación del carácter de la voz de la mujer por el hombre; actualmente se identifica con las frecuencias más altas y sus características timbrales.

La denominación utilizada internacionalmente para describir los tipos de voz hablada es: pulso, modal y falseto, siéndolo para la voz cantada: chest, head y falseto. El patrón de vibración de cada registro se esquematiza en las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

La regulación de los registros vocales depende principalmente de la actividad muscular a nivel glótico (fig. 15).

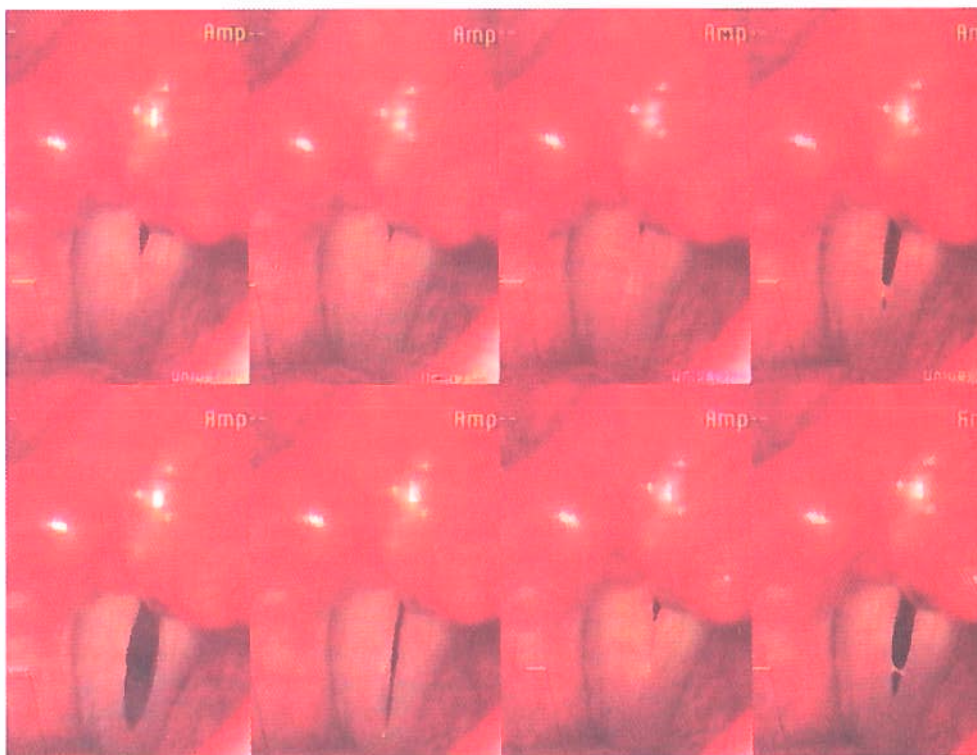


FIG. 9.—Varón de cuarenta y dos años. Fo: 80-90 Hz.; amplitud: 68 dB. (Registro pulse.)

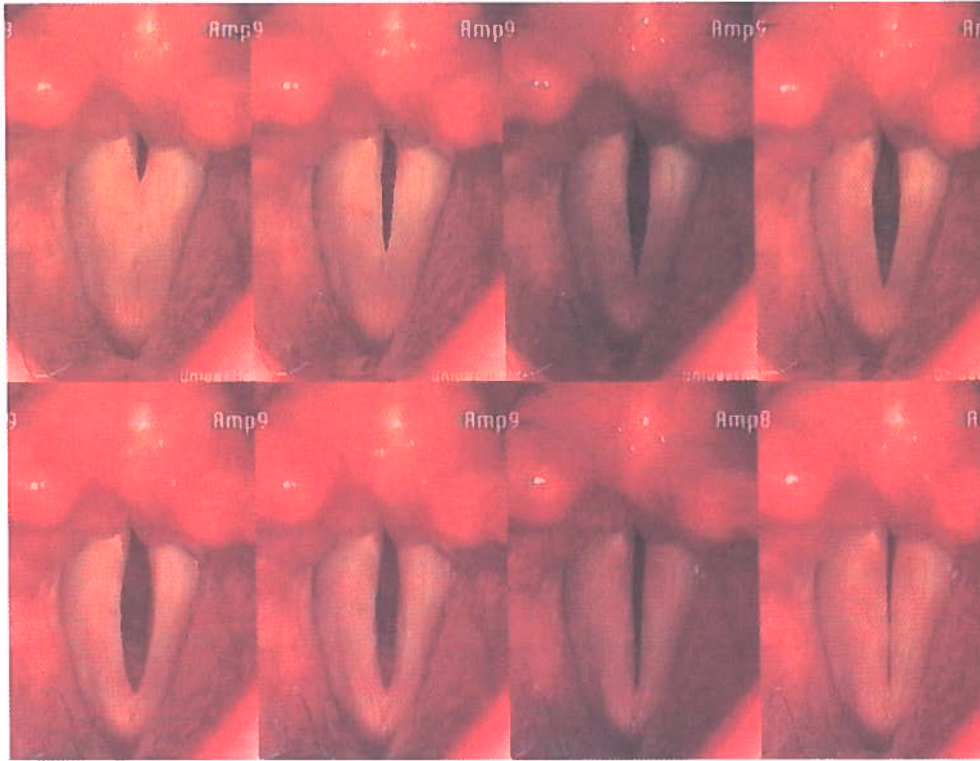


FIG. 10. — Varón de cuarenta y dos años.
Fo: 112 Hz.;
amplitud: 68 dB.
(Registro modal.)

En el registro de pecho la actividad del músculo tiroaritenoides tiende a acortar la longitud de la cuerda vocal, acortamiento que cuando alcanza un valor crítico se compensa por la acción del cricoti-

roideo. La contracción del tiroaritenoides supone un cierto grado de abducción de la cuerda vocal, por lo que se requiere de cierto grado de compresión medial generada por la contracción moderada

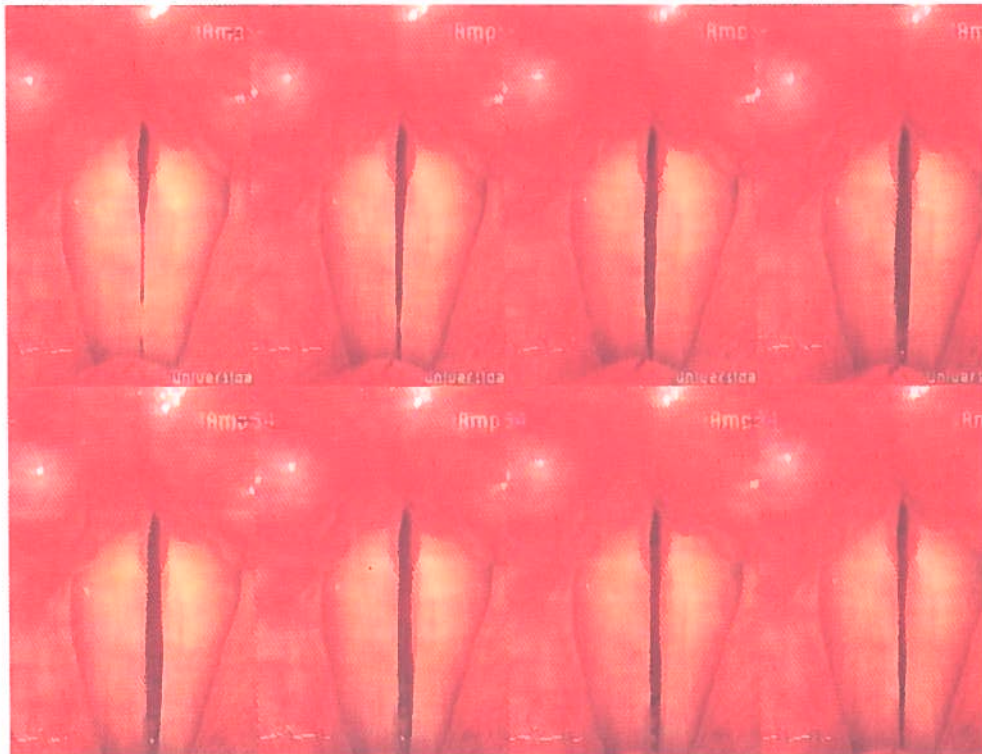


FIG. 11. — Varón de cuarenta y dos años.
Fo: 274 Hz.;
amplitud: 70 dB.
(Registro falseto.)

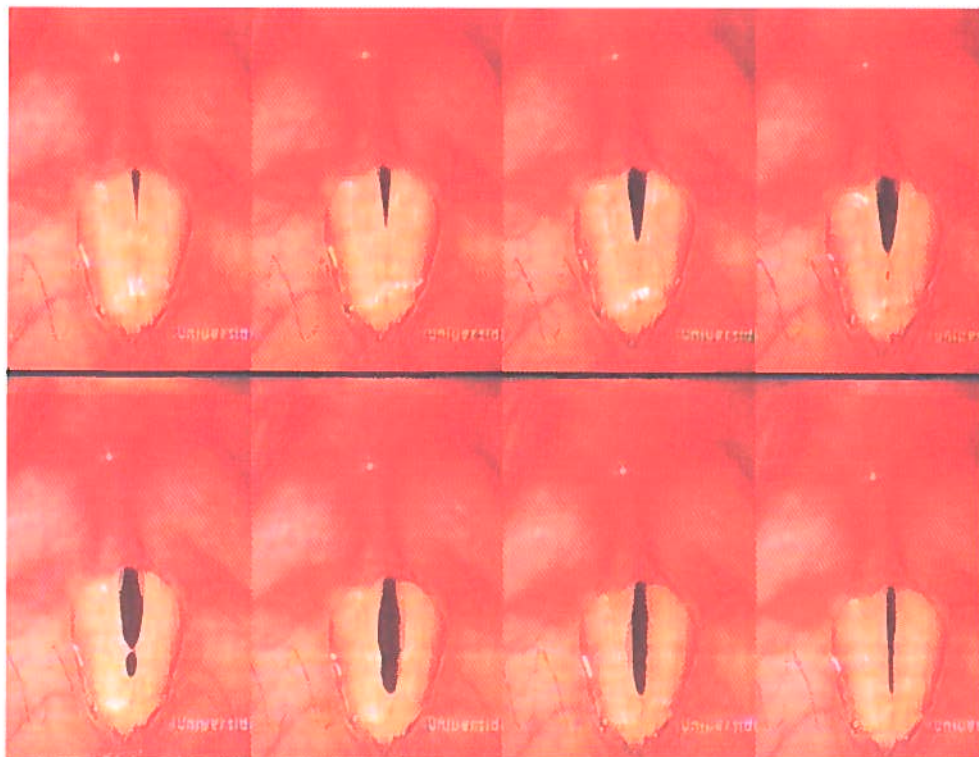


FIG. 12.—Mujer de veintisiete años. Fo: 157 Hz.; amplitud: 68 dB. (Registro pulse.)

del cricoaritenoides lateral. La actividad del interaritenoides es mínima. Bajo estas circunstancias la tensión del músculo vocal es alta, mientras que la tensión longitudinal del plano de cobertura es

baja y por tanto máximo el efecto Bernoulli y larga la duración de la fase cerrada. La ondulación de la mucosa es amplia, discurrendo sobre la vertiente superior de la cuerda vocal y muy apreciable la di-

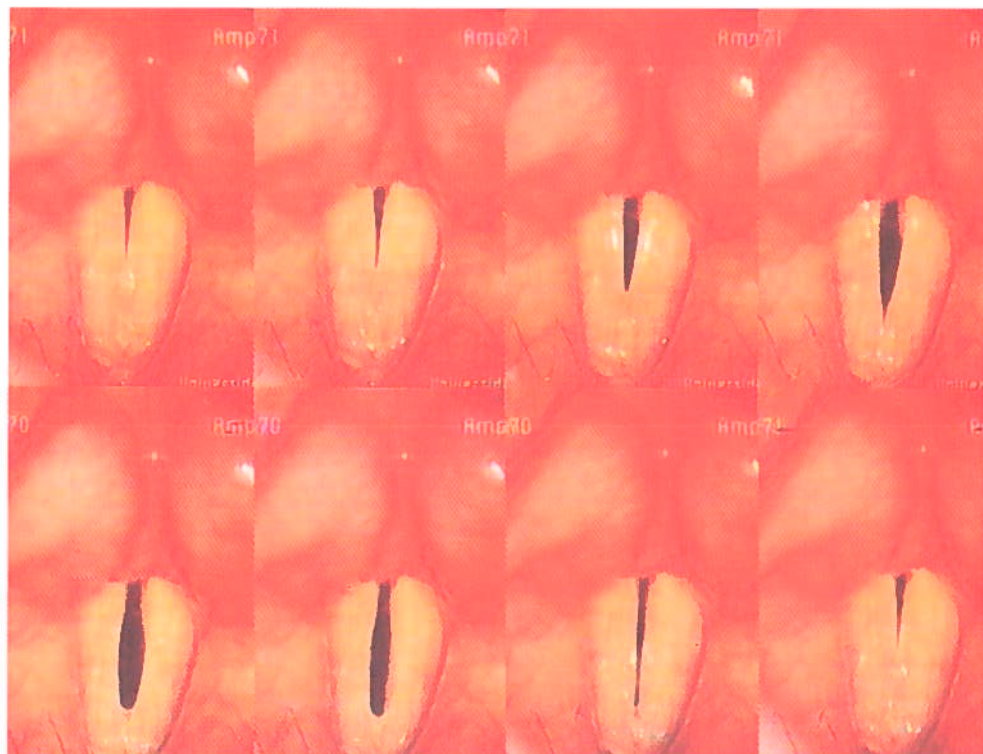


FIG. 13.—Mujer de veintisiete años. Fo: 170 Hz.; amplitud: 70 dB. (Registro modal.)

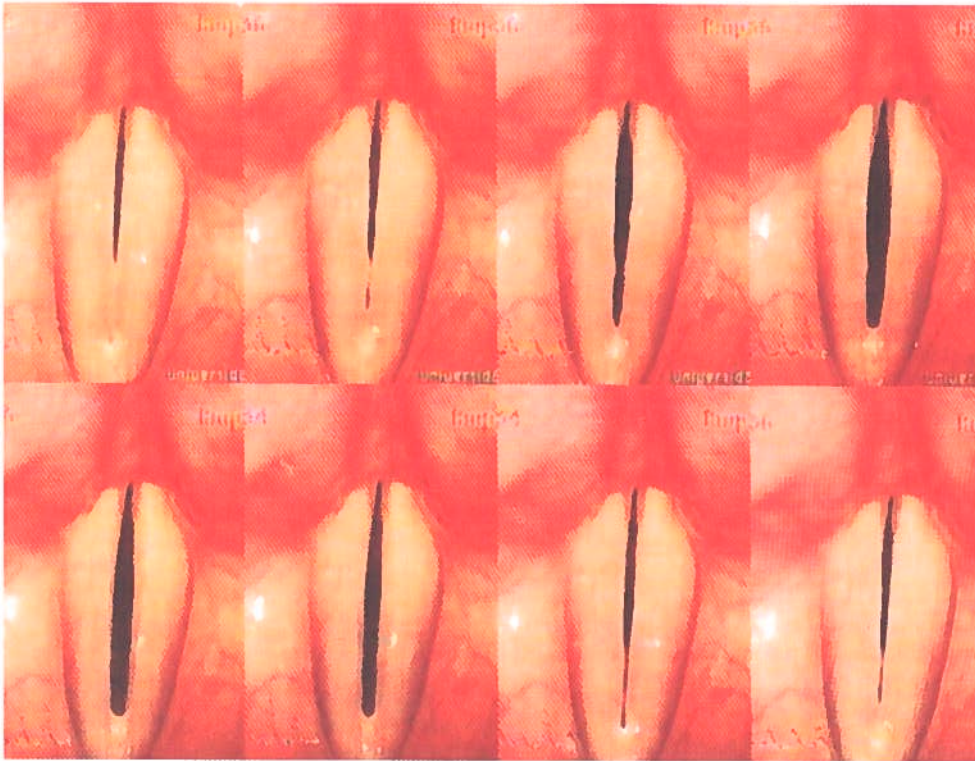


FIG. 14.—Mujer de veintisiete años. Fo: 372-440 Hz.; amplitud: 68 dB. (Registro falseto.)

ferencia de fase. La amplitud de la apertura glótica es máxima.

En el registro medio la acción del cricotiroides deja de ser exclusivamente compensatoria. El incremento de su actividad lleva consigo el aumento de la contracción de su antagonista y la elongación pasiva tanto del músculo vocal como del ligamento dentro de unos límites que se pueden definir como moderados. La acción del cricoaritenoides lateral e interaritenoides aumentan para evitar el desplazamiento de las cuerdas vocales hacia afuera. De esta forma la amplitud se ve reducida, la fase de cierre es más corta y la ondulación de la mucosa menos aparente.

En el registro más alto el músculo tiroaritenoides se relaja permitiendo la acción del cricotiroides libre de antiantagonismo. La elongación pasiva de la cuerda vocal y del ligamento son máximas, lo mismo que el grado de tensión del ligamento y de la mucosa que recubre la cuerda vocal. La compresión medial debido a la acción del tiroaritenoides, así como a la del músculo interaritenoides se intensifica. El patrón de vibración se caracteriza por amplitudes reducidas debido al aumento de tensión de las cuerdas vocales, la duración de la fase cerrada es mínima o inexistente y la ondulación prácticamente inexistente, siendo el ligamento tenso y estirado el que vibra como una verdadera cuerda.

El fenómeno denominado damping o limitación descrito por PRESSMAN (1955) se interpreta como

un mecanismo diferente destinado a incrementar el tono más allá de lo que permite el máximo de elongación y tensión obtenidas en el registro de falsete. El grado de contracción del músculo aritenoides se incrementa hasta producir un contacto muy firme entre ambas apófisis vocales y el segmento posterior de la porción membranosa de las cuerdas vocales, lo que supone un acortamiento de la porción vibrátil y, por tanto, un ascenso muy importante de la frecuencia que se acompaña de una gran limpieza de timbre y de sonoridad.

Elemento resonador

El tracto vocal que actúa como elemento resonador está constituido por el vestíbulo laríngeo, hipofaringe, orofaringe, cavidad oral y fosas nasales. Los senos paranasales, considerados por algunos como resonadores, no actúan de ninguna forma como tales. En líneas generales las cavidades de resonancia amplias en sus dos dimensiones, altura y anchura, refuerzan las frecuencias graves. Lo contrario, cavidades estrechas y cortas facilitan las frecuencias agudas. Las cavidades de resonancia en el ser humano ostentan la propiedad de variar tanto las características físicas de las paredes que las constituyen como su forma y dimensiones. Considerando las dimensiones del tracto vocal, cuya longitud aproximada es de 17 a 19 cm. para el hombre y 14 a 16 para la mujer, las variaciones

que se producen son relativamente limitadas. El descenso laríngeo puede suponer unos 2 cm. de aumento de la longitud y la protusión labial puede aumentar en algo más de 1 cm. esa dimensión.

Con excepción del paladar duro, los dientes y las fosas nasales configuradas por paredes rígidas invariables el resto del tracto vocal está formado por paredes compuestas por distintos tejidos cuya mayor o menor rigidez es variable y regulada de forma activa y pasiva por acción muscular consciente. La contracción muscular genera un aumento de la rigidez de la pared a su nivel influyendo indirectamente sobre las partes blandas que la recubren, elongándolas y comprimiéndolas entre sí, lo cual supone una reducción de su elasticidad. Cuanto mayor es la rigidez más eficaz es la pared para la reflexión de las frecuencias altas y más brillante el timbre. Cuanto más laxas más acusada es la amortiguación para aquéllos y más apagado y pastoso el timbre. Las modificaciones en consistencia acompañan de forma sistemática a las variaciones de las dimensiones y forma del tracto vocal. Los procesos patológicos que afectan al estado de las partes blandas o a la contractilidad muscular pueden generar variaciones apreciables que se traducen en alteraciones de la calidad vocal.

A nivel del vestíbulo laríngeo, primer segmento del tracto vocal sobre el que incide el sonido glótico, las modificaciones de dimensiones entrañan respuestas particulares. Una mayor contracción de los márgenes vestibulares que reduzca el área de la embocadura acompañada de una posición baja de la laringe se identifica con la aparición de un formante extra en la proximidad de los 3.000 Hz. Se denomina formante del cantante o formante 2.800. Su presencia en términos de canto se asocia a una buena resonancia de la voz, lo que se traduce en gran sonoridad de los parciales más altos con un mínimo de esfuerzo vocal.

El segmento medio o faríngeo del tracto vocal es más importante en lo que a influencia sobre el resultado vocal final se refiere. Actúa como un segmento de conexión entre la laringe y la cavidad oral y al mismo tiempo influye de forma absoluta sobre la calidad vocal, dado que en ese segmento se producen las variaciones más amplias y significativas. Sus paredes configuradas por los músculos constrictores de la faringe, medio e inferior, y sus conexiones con la base de la lengua, base del cráneo y mandíbula constituyen una unidad funcional ya descrita en el capítulo precedente, cuya regulación es consciente y entrenable. Las variaciones en diámetro de la faringe dependen principalmente de la acción constrictora. Las variaciones en altura relativa de la laringe y por tanto del volumen faríngeo se realiza por la acción de la musculatura elevadora y depresora de la laringe, que, en perfec-

to equilibrio, permite los rápidos ascensos y descensos de ésta. Este aspecto es de máxima importancia tanto en relación a la voz cantada como hablada. En la voz hablada la laringe varía de posición con las diferentes vocales, situándose alta con la /i/ y baja con la /a/ y asimismo con la frecuencia, ascendiendo con las frecuencias agudas y descendiendo con las graves. En la voz cantada la situación es la inversa, identificándose la generación de frecuencias altas con una posición baja de la laringe.

Al iniciar la fonación, así como al ascender en frecuencia, tiende a contraerse la musculatura extrínseca y a elevar la laringe, lo cual es negativo tanto en relación a la calidad de la voz como a la economía del proceso. Al igual, la acción depresora intensa, que tiende a fijar la laringe en posición baja, supone una limitación de la deseable movilidad de la laringe. Ambas situaciones traducen la existencia de una hiperfunción de la musculatura extrínseca fácilmente corregible mediante la creación de las sensaciones físicas adecuadas.

La cavidad oral varía en sus dimensiones con la posición de la mandíbula y de la lengua, pudiendo constituir con la faringe una cavidad muy amplia, o generar por medio del descenso de la mandíbula una apertura oral muy amplia y una reducción del diámetro anteroposterior de la faringe. La configuración del dorso de la lengua puede variar de forma notable, así como su situación con respecto al velo del paladar, paladar duro y pared posterior de faringe.

Los estudios realizados por LINDBLOM y SUNDBERG (1971) sobre modelos teóricos concluyen que el descenso de la mandíbula entraña una elevación de la frecuencia del primer formante y que la variación de configuración de la lengua afecta de forma intensa la frecuencia del segundo formante, elevándolo con la constricción oral.

La modificación de la configuración labial dependiente en gran medida de la posición de la mandíbula influye de forma importante en la modificación de las vocales. La configuración circular y ligera protusión de los labios lleva consigo el descenso de la frecuencia de los formantes. La situación opuesta, labios separados y extendidos, modifica el formante incrementando su frecuencia.

La rinofaringe y fosas nasales tienen un significado menor en lo que a resonancia se refiere. Ambas cavidades no son variables en forma y volumen y sólo participan en la generación de consonantes vocales. En nuestro idioma el resto de la producción consonántica y vocálica se realiza con la interrupción del paso del aire por el ascenso y contracción del velo sobre el rodete del músculo constrictor superior de la faringe. La contracción del músculo elevador es más potente ante mayor intensidad y

altura de la frecuencia, lo cual genera una mayor rigidez de la cúpula orofaríngea.

La alteración del cierre de la rinofaringe por debilidad, incompetencia o intencionadamente aporta a la voz un timbre nasal que aún en un grado muy reducido es en líneas generales indeseable, salvo en la generación de las consonantes nasales. La nasalización del tono como procedimiento para la colocación de la voz es un procedimiento útil en la terapia ortofónica por la relajación que lleva consigo.

Elemento regulador

La producción de la voz en cualquiera de sus formas requiere de un control muy preciso que desde el sistema nervioso central regule la actividad motora de todos los músculos que participan en la fonación.

Los mecanismos descritos como directamente implicados en la generación de un determinado efecto llevan consigo un ajuste compensatorio por parte de otros músculos. El inicio de un mecanismo y la evocación de una respuesta antagonista o agonista transcurren en brevísimo espacio de tiempo, milisegundos, y el grado de contractilidad muscular o el desplazamiento articular varía también en dimensiones muy pequeñas. Los estímulos como tensión, desplazamiento, presión o flujo aéreo a través de la superficie mucosa concurren conjuntamente, desencadenando la respuesta adecuada en perfecta armonía.

La sensación auditiva y las sensaciones físicas partiendo de una percepción inicial monitorizan el resultado final, el afinamiento deseado de todas las cualidades de la voz.

Se requiere por tanto de un sistema de regulación que combine dos niveles diferentes: uno, voluntario, y otro, que subcientemente sea capaz de coordinar de forma rápida y constante los procesos reflejos que regulan la situación muscular.

Para WYCK (1974) el proceso de la regulación neuromuscular se basa en tres tipos de control diferentes. Uno, voluntario, prefonatorio, destinado a iniciar la adducción y el incremento progresivo de la presión subglótica, así como el ajuste inicial de la longitud y tensión de la cuerda vocal en relación al efecto acústico que se desea obtener. Otro, intrafonatorio, que por medio de mecanorreceptores de la mucosa, músculo y articulaciones es responsable, respectivamente, de las variaciones inconscientes de tensión, elongación, posición y presión subglótica. El tercer control postfonatorio es la monitorización auditiva de la que depende tanto el aprendizaje y el control de lenguaje como el perfecto afinamiento de frecuencias e intensidades. A este último

sistema debe añadirse la percepción física propioceptiva que permite mediante los distintos receptores sentir la presión subglótica y el grado de tensión muscular, lo que hace posible el que un cantante bien entrenado pueda cantar bajo circunstancias adversas, como puede ser una acústica mala o el canto coral.

FISIOLOGIA DE LA RESPIRACION

Podemos considerar la voz como aire que hace vibrar el epitelio vocal generándose a partir de esta vibración el sonido vocal. El motor que pone en marcha toda esta cadena de movimientos es el aparato respiratorio. De ahí que sea necesario el valorar la función respiratoria en todos aquellos procesos disfónicos. La exploración física y el examen radiológico del tórax proporcionan sólo información indirecta sobre la función respiratoria. La cantidad de aire movilizada y el ritmo mediante el cual es intercambiada durante el ciclo respiratorio (inspiración y espiración) determinan la eficacia respiratoria individual tanto en procesos patológicos como en condiciones normales. Además proporcionan información de gran interés clínico sobre la potencia de los músculos respiratorios y la distensibilidad torácica y pulmonar. En este apartado no valoraremos el aspecto aerodinámico de la fonación que se trata en otros capítulos; consideraremos los aspectos básicos de la fisiología pulmonar en relación con la eficacia vocal.

Denominamos movimientos respiratorios a la sucesión regular de expansiones y retracciones torácicas.

FUNDAMENTOS MORFOLOGICOS DE LA FUNCION RESPIRATORIA

Las excursiones respiratorias del tórax y los cambios de forma del espacio torácico se producen por los movimientos de las costillas y del diafragma.

Movimientos de las costillas

Las costillas están unidas por articulaciones con las vértebras y el proceso transversal. Las costillas pueden realizar un movimiento giratorio alrededor de una línea recta que une ambas articulaciones y que se llama eje del cuello de la costilla. Según la posición del eje giratorio, los arcos costales se elevan por la acción de los músculos inspiratorios, con lo que los diámetros anteroposterior y transversal del tórax se ensanchan. Análogamente, el descenso de los arcos costales produce una disminución del espacio torácico.

Para comprobar la capacidad de ensanchamiento del tórax se utiliza un procedimiento sencillo: con-

siste en la medición del perímetro torácico en inspiración e espiración máxima del tórax. La cinta métrica se coloca inmediatamente debajo de las mamilas, mientras el sujeto extiende lateralmente los brazos. La diferencia de los perímetros torácicos en inspiración y espiración debe ser en un hombre joven aproximadamente 7 ó 10 cm. y en la mujer de 5 a 8 cm., aproximadamente.

La elevación inspiratoria de las costillas se produce fundamentalmente por los músculos intercostales externos. Sus haces de fibras cursan de tal forma que el punto de inserción en la costilla inferior está en cada caso más separado del centro de rotación articular que en la costilla superior. Por tanto, durante la contracción se ejerce sobre la costilla inferior un momento de rotación mayor de forma que resulta una elevación respecto a la costilla que está inmediatamente por encima. De esta manera los músculos intercostales externos contribuyen a la elevación del tórax. De la espiración es responsable normalmente la mayor parte de los músculos intercostales internos. Cuando se contraen y debido al curso de sus fibras se acerca en cada caso la costilla superior a la que está debajo y con ello el tórax desciende. Como muestra la figura 15, los elementos que están tensados entre los cartílagos costales de los músculos intercostales internos participan en la elevación del esternón.

Cuando hay que realizar un mayor trabajo respiratorio, los músculos respiratorios normales serán reforzados por los músculos auxiliares. Como apoyo de la inspiración están todos aquellos músculos que se insertan en el cinturón escapular como en la cabeza o en la columna vertebral y que son capaces de elevar las costillas. Aquí se encuentran en primer lugar los músculos pectorales mayor y menor, los músculos escalenos y el músculo esternocleidomastoideo, así como parte de los núcleos serratos. Como condición indispensable para su función co-

mo músculos respiratorios está la fijación de un punto de inserción. Es característico el apoyo en algún objeto fijo y la inclinación de la cabeza hacia atrás. Como apoyo de la espiración sirven sobre todo los músculos abdominales, que ejercen una acción hacia abajo en las costillas y como prensa abdominal empujan las vísceras con el diafragma hacia arriba.

Movimiento del diafragma

El músculo más efectivo en la inspiración es el diafragma, que está innervado por el nervio frénico. Normalmente el diafragma se curva en forma de cúpula dentro del tórax; en posición espiratoria el diafragma está pegado a unas tres costillas por la pared interior del tórax. En la inspiración los músculos del diafragma se contraen. El resultado es un aplanamiento por el que la lámina muscular se separa de la pared interior del tórax. Los espacios que se abren, que se denominan sinus frénico costales, ofrecen para las partes del pulmón aquí localizadas una excelente posibilidad de desarrollo y por tanto una excelente ventilación.

El desplazamiento de los límites inferiores del pulmón se puede comprobar por percusión de la pared exterior del pecho. En la frontera con el pulmón el sonido mate de percusión amortiguado por las vísceras se transforma en un tono sonoro sobre el tejido pulmonar lleno de aire. De esta manera se pueden examinar dónde se encuentran los límites del pulmón en la inspiración y espiración máximas. En el caso del joven sano, el desplazamiento deberá extenderse al menos en tres espacios intercostales.

Dependiendo de si el ensanchamiento de la caja torácica en la respiración normal se realiza principalmente por la elevación de las costillas o por descenso del diafragma se puede diferenciar un tipo de respiración costal (respiración torácica) del tipo de respiración abdominal. En la respiración torácica el trabajo respiratorio lo realizan fundamentalmente los músculos intercostales, mientras que el diafragma sigue más pasivamente los cambios de presión del tórax. En la respiración abdominal la mayor contracción de la musculatura del diafragma produce sobre todo un ensanchamiento inspiratorio del espacio torácico inferior y por el desplazamiento de las vísceras abdominales se abomba la pared abdominal.

FUNCION DE LAS VIAS RESPIRATORIAS

Funciones del sistema de vías respiratorias

Las vías respiratorias sirven no sólo para el aporte de aire puro durante la inspiración y la eliminación del aire alveolar durante la espiración,

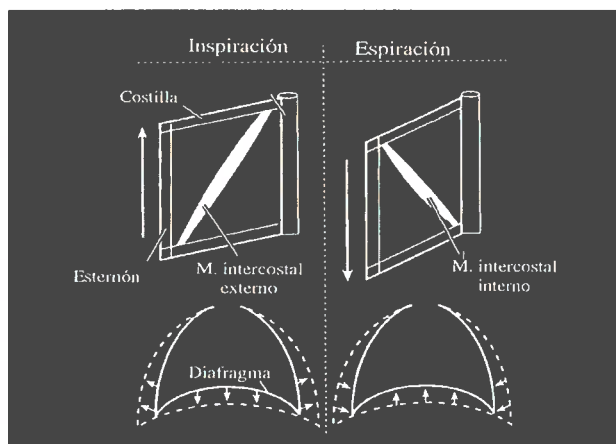


FIG. 15.—Movimientos del diafragma y de cambio en la caja torácica durante la inspiración y durante la espiración.

sino que también ejercen una serie de funciones auxiliares para la respiración. Entre ellas están la limpieza, calentamiento y humidificación del aire espirado.

Ventilación

Volúmenes pulmonares y respiratorios. La ventilación pulmonar depende de la profundidad de cada movimiento respiratorio (volumen respiratorio) y del número de movimientos respiratorios por unidad de tiempo (frecuencia respiratoria). Ambos valores pueden variar dentro de un amplio margen según las necesidades correspondientes.

Distribución de volumen

El volumen de cada movimiento respiratorio es relativamente pequeño durante la respiración en reposo si se compara con el volumen total de gases contenido en el pulmón. Tanto en la inspiración como en la espiración y por encima del volumen respiratorio normal pueden absorberse o eliminarse considerables volúmenes adicionales. No obstante, ni siquiera con una aspiración profunda es posible eliminar todo el aire del pulmón; siempre permanece en los alvéolos y en las vías respiratorias un cierto volumen residual. Para poder expresar cuantitativamente estas relaciones se ha hecho la siguiente distribución de volúmenes teniendo en cuenta que a volúmenes compuestos se les ha llamado capacidades (fig. 16):

- *Volumen respiratorio (VC)*. Volúmenes inspiratorios y espiratorios normales.
- *Volumen de reserva inspiratorio (VRI)*. Volumen que puede ser inspirado adicionalmente después de una inspiración normal.

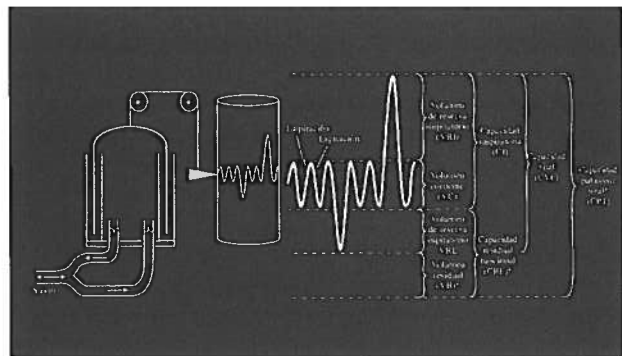


FIG. 16.—Sección de espirómetro «cerrado» de agua. Volúmenes pulmonares medidos mediante el espirómetro y registrados con los movimientos de la campana producidos al inspirar y espirar y que son grabados mediante un sistema inscriptor. Estos volúmenes no se registran directamente mediante espirometría.

- *Volumen espiratorio de reserva (VRE)*. Volumen que puede ser espirado adicionalmente después de una espiración normal.
- *Volumen residual (VR)*. Volumen que permanece en los pulmones después de una espiración máxima.
- *Capacidad vital [se denomina también capacidad vital forzada (CVF)]*. Volumen máximo que puede ser espirado después de una inspiración máxima. Es igual a la suma de 1, 2 y 3.
- *Capacidad espiratoria*. Volumen máximo que puede ser inspirado después de una espiración máxima (es igual a la suma 1 y 2)
- *Capacidad residual funcional (CRF)*. Volumen que queda aún en los pulmones después de una espiración normal (es igual a la suma de 1 y 2).
- *Capacidad residual funcional (CRF)*. Volumen que queda aún en los pulmones después de una espiración normal (es igual a la suma de 1 y 2).
- *Capacidad residual funcional*. Volumen que queda aún en los pulmones después de una aspiración normal (es igual a la suma 3 y 4).
- *Capacidad total*. Volumen que queda en los pulmones después de una inspiración máxima (es igual a la suma de 4 y 5).

De estos valores, además del volumen respiratorio los que tienen mayor importancia son la capacidad vital y la capacidad residual funcional.

— *Capacidad vital (CV)*. Representa una medida de la capacidad de distensión de los pulmones y del tórax. Aunque se pueda interpretar así, no se trata en ningún caso de una constante vital, pues incluso con las mayores demandas respiratorias nunca se aprovecha completamente la mayor profundidad respiratoria posible.

Apenas se puede dar un valor normal a la capacidad vital ya que depende de diversos parámetros, como la edad, el sexo, el tamaño corporal, la posición corporal, la posición del cuerpo y el estado de entrenamiento.

La capacidad vital disminuye con la edad, especialmente después de los cuarenta años. Los valores de la capacidad vital para las mujeres son un 25% menores que para los hombres. La influencia del tamaño corporal es evidente. Como regla general empírica es válido para el hombre joven lo siguiente: capacidad vital = $2,5 \times$ altura expresada en metros.

La posición del cuerpo tiene importancia porque la capacidad vital en personas en posición erecta es algo mayor que en personas en decúbito, ya que en posición erecta la plétora sanguínea del pulmón es menor. Finalmente, la capacidad vital depende del estado de entrenamiento. Los deportistas que están entrenados para resistir grandes esfuerzos tie-

nen una capacidad vital mucho mayor que personas no entrenadas.

— *Capacidad residual funcional.* La importancia fisiológica de la capacidad residual funcional (CRF) estriba en el equilibrio entre las concentraciones de oxígeno y CO_2 inspiratorios y espiratorios en el espacio alveolar. Si el aire puro llegara directamente a los alvéolos sin mezclarse con el aire que está en los pulmones, allí tendrían que aumentar o disminuir, respectivamente, las concentraciones de gases respiratorios según la fase respiratoria. Sin embargo, con la capacidad residual funcional, cuyo volumen es varias veces mayor que el aire puro respirado, aparecen como consecuencia del defecto de la mezcla sólo pequeñas oscilaciones temporales de la composición del aire alveolar.

La capacidad residual funcional (CRF), que es la suma del volumen residual y del volumen de reserva espiratorio, depende en su magnitud de varios parámetros. Por término medio se encuentran en hombres jóvenes valores de la CRF de 2,4 litros; en hombres mayores estos valores se elevan a 3,4 litros. En mujeres, la capacidad residual funcional es un 25 por 100 menor que en hombres.

MEDICION DE LOS VOLUMENES PULMONARES Y RESPIRATORIOS

Los volúmenes inspirados o espirados se pueden registrar directamente con ayuda de un espirómetro o de un neumotacógrafo. Por el contrario, el volumen residual y la capacidad residual funcional sólo pueden ser registrados por métodos indirectos.

Espirometría

Los espirómetros son aparatos que pueden absorber volúmenes variantes de gases con presión constante. Entre los primeros aparatos de espirometría usados se encuentra como ejemplo de aparato «cerrado» el espirómetro de agua basado en una cámara volumétrica inmersa en un recipiente de agua para procurar su estanqueidad. La dificultad de transporte y el mayor peso que esto comporta impulsó el desarrollo de los espirómetros llamados secos por tener una cámara volumétrica en forma de pistón, fuelle o concertina, sin tener que recurrir al recipiente de agua. Los espirómetros miden volumen y su relación con el tiempo por medio de un mecanismo de relojería para el registro gráfico. Pueden disponer además de conversión eléctrica de la señal de volumen y de la ayuda de un microprocesador de datos que permite la obtención de la curva flujo-volumen y registro de flujos instantáneos, aunque su valor se limita por la mayor inercia de estos instrumentos. Para la práctica de espirometría con aparatos cerrados es recomen-

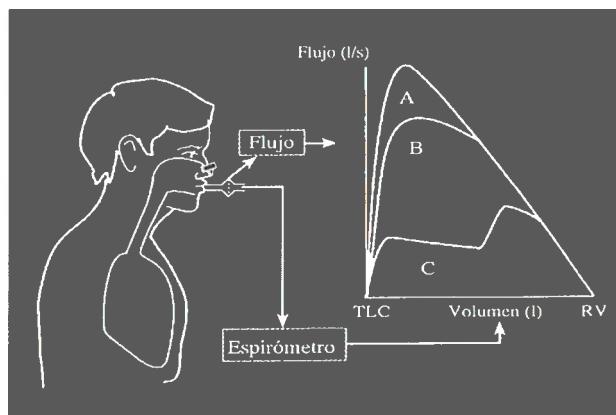


FIG. 17.—Ejemplo de curva flujo/volumen obtenida mediante un espirómetro «abierto» o seco. En el esquema se representa un neumotacógrafo de Fleisch acoplado a la boca. La integración del flujo permite obtener los valores de los volúmenes.

dable reducir la resistencia del circuito prescindiendo del absorbente de CO_2 . Aun así, la resistencia no debe sobrepasar los 1,5 cm. de agua cuando el flujo sea de 12 l/seg^{-1} . El neumotacómetro (ejemplo de aparato abierto) mide inicialmente el flujo a través de una resistencia conocida que provoca una diferencia de presión entre la parte anterior y posterior a la misma; la diferencia se transforma en señal de flujo por medio de un transductor de presión. La señal de flujo es integrada electrónicamente en volumen y por medio de un cronómetro interno relacionada con el tiempo. De esta forma el neumotacómetro puede dar lugar indistintamente una curva flujo/volumen, flujo/tiempo o volumen/tiempo de acuerdo con las instrucciones programadas en sus registros impresos. Las ventajas de unos y otros aparatos se ponen de manifiesto en circunstancias particulares. Puede decirse, sin embargo, de modo general que las necesidades clínicas las satisfacen indistintamente mediante el empleo de espirómetros y neumotacómetros con escasas diferencias entre los dos en lo que a la espirometría se refiere (figs. 17, 18 A y B y 19).

Registros dinámicos

La simple cuantificación de volúmenes y capacidades tiene un valor limitado. El término dinámico se refiere a flujo aéreo, es decir, volumen por unidad de tiempo expresado en litros por segundo o por minuto. Estos parámetros reflejan de forma indirecta el grado de resistencia al paso de aire a través de toda la vía aérea.

La espirometría pone de manifiesto el aumento de resistencia a nivel bronquial en fases avanzadas con manifestaciones clínicas evidentes y habitualmente de carácter irreversible. La explicación fisiológica que subyace a este hecho es la siguiente: los

A

Dpto. de Otorrinolarinología
 Clínica Universitaria

DATOSPIR '92

Referencia:000111 Fecha:10/06/91
 Nombre:
 Sexo:Mujer Edad(a): 24
 Peso(Kg): 58 Altura(cm):165
 Temperatura: 25 Humedad(%): 21
 Presion(mmHg):730
 Motivo:
 Procedencia:

Referencia:000111 Fecha:10/06/91
ESPIRACION-INSPIRACION FORZADA
 Resultados de la prueba 1

	OBS	REF	%
FUC(l)	3.34	4.15	80
FEV1(l)	2.52	3.40	74
FEV.5(l)	1.45		
FEV1/FUC ..(%)	75.44	82.97	90
FEV.5/FUC .(%)	43.41		
PEF(l/s)	2.96	7.01	42
MEF 75% .(l/s)	2.93		
MEF 50% .(l/s)	2.28	4.60	49
MEF 25% .(l/s)	1.81	1.98	91
FEF75-85%(l/s)	1.63		
FEF25-75%(l/s)	2.29	3.81	60
MET(s)	0.74		
MTT(s)	0.68		
FEV1/PEF(s)	14.18	7.77	182
FEV1/FEV.5 ...	1.73	1.50	115
FIUC(l)	3.70		
FIU1(l)	1.34		
PIF(l/s)	1.99		
MIF 50% .(l/s)	1.99		
MEF50/MIF50 ..	1.14	0.88	129
PEF/PIF(s)	1.48	1.42	104
FEV1/FIU1	1.88	0.89	211

B

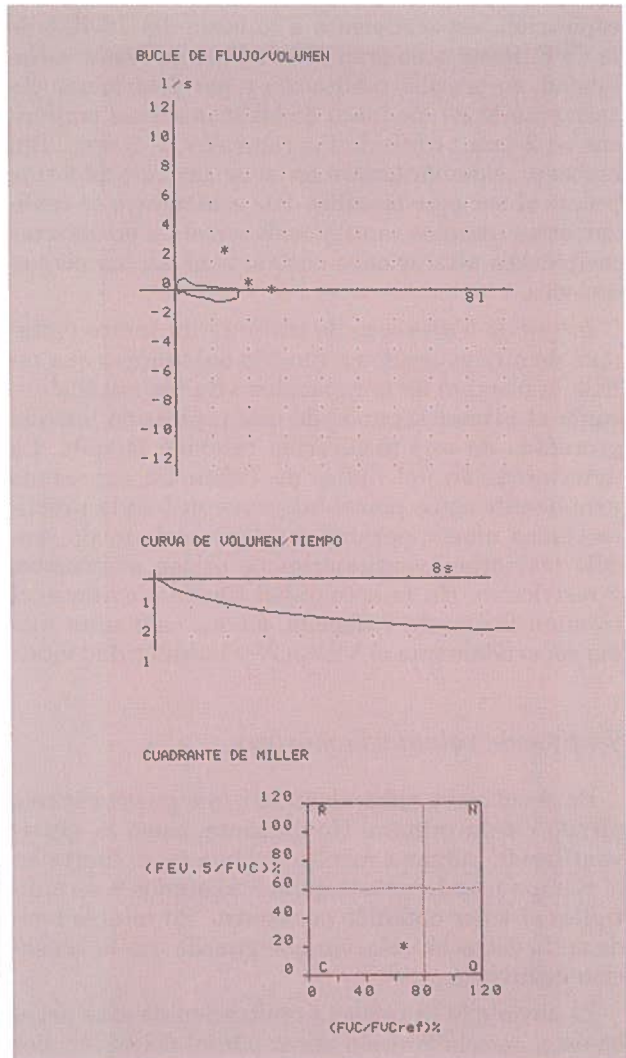


FIG. 18.—A y B: Registro de los principales parámetros espiratorios e inspiratorios en una mujer joven con una sinequia de comisura anterior.

bronquios de diámetro menor de 2 mm. intervienen aproximadamente sólo en un 25% del flujo aéreo. Por tanto, su alteración no se evidenciará por métodos groseros. En este sentido resulta interesante el término de enfermedad de las vías aéreas pequeñas que hace referencia a la patología de las pequeñas vías aéreas, como, por ejemplo, la broncoconstricción.

Volumen espiratorio forzado (VEF₁)

Es aquel volumen de aire exhalado en el primer segundo con una espiración forzada después de una inspiración profunda. También se denomina volumen espiratorio máximo en el primer segundo (VEMS).

Análogamente pueden determinarse los volúmenes espiratorios en el primer medio segundo y a los

dos o tres segundos iniciales de la espiración forzada, respectivamente. El VEF₁/CV refleja la velocidad de paso de aire durante el primer segundo de la



FIG. 19.—Espirómetro «seco».

espiración, especialmente a lo largo del 70-75% de la CVF. Resulta de gran utilidad por su ligera variabilidad, su sencilla realización y por determinar eficazmente el estado tanto de las vías aéreas periféricas (< 2 mm.) como de las centrales (> 2 mm.). Sin embargo, este parámetro no se ve afectado de forma precoz al ser poco sensible. Por este motivo se realizan otros estudios ventilatorios con el fin de detectar incipientes alteraciones obstructivas de las pequeñas vías.

Índice de Tiffeneau. Se trata de un índice (volumen de aire espirado en función del tiempo) que refleja la fracción de la capacidad vital expulsada durante el primer segundo de una espiración forzada precedida de una inspiración también forzada. La determinación del índice de Tiffeneau expresado usualmente como porcentaje, muy útil en la práctica clínica diaria, permite diferenciar de modo sencillo trastornos ventilatorios de origen obstructivo y restrictivo. En la actualidad tiende a evitarse el término clásico de Tiffeneau, ya que este autor medía separadamente el VEF_1/CV y la capacidad vital.

Ventilación voluntaria máxima

Es el volumen máximo de aire que puede ser respirado en un minuto. No obstante, como la hiperventilación máxima resulta agotadora se limita en el tiempo usualmente a quince segundos y se multiplica el valor obtenido por cuatro. Su interés reside en la estrecha relación que guarda con la sensación de disnea.

Es obvio que la correcta realización de esta prueba exige la colaboración eficaz y total del sujeto, por lo que en la actualidad tiende a abandonarse empleando registros con una sola inspiración (VIMS).

Flujo espiratorio forzado ($FEF_{25-75\%}$)

Es el flujo máximo mesoespiratorio, y es un índice relacionado con el volumen espiratorio forzado. Se ve afectado en alteraciones todavía incipientes, por lo que resulta de gran utilidad clínica. Informa sobre el estado de las pequeñas y medianas vías aéreas, razón por la cual puede modificarse cuando el VEF_1 y la CVF son normales, ya que existen procesos patológicos que se originan cronológica y topográficamente en dichas pequeñas vías. La gran sensibilidad de este parámetro, que se modifica precozmente, se ve contrarrestada por su polivalencia (refleja tanto el estado de las vías aéreas como del parénquima pulmonar que lo rodea) y su inespecificidad (falsos positivos por reducción del volumen pulmonar). Se calcula sobre el trazado de una espiración forzada tras una inspiración de las mismas características, resultando del cociente en-

tre la mitad del volumen de la espiración total y su duración.

Interpretación de los valores registrados

Los valores de los diferentes volúmenes y capacidades pulmonares varían con el sexo, la edad y la complejidad física del individuo. Por tanto, los valores registrados durante una exploración de este tipo deberán compararse con datos considerados como normales establecidos a partir de muestras suficientemente representativas de la exploración. No obstante, debido a la imprecisión inevitable de estos valores teóricos, un volumen y/o capacidad pulmonar no se considerará anormal a menos que presente una desviación mínima del 20% con respecto al valor esperado.

En teoría todo grupo social o étnico, y en el peor de los casos cada país, debería determinar sus valores de referencia obteniéndolos de manera idéntica. Lamentablemente las escasas tablas existentes realizadas además con metodologías diferentes dificultan el establecimiento de unos criterios objetivos.

La dispersión de los valores de los volúmenes y las capacidades pulmonares considerados normales se reduce mucho si se expresan las relaciones existentes entre ellos. De este modo se sabe que la capacidad vital y el volumen residual representan el 75 y 25%, respectivamente, de la capacidad pulmonar total en posición de decúbito y el 70 y 30% en posición sentada; la relación volumen residual/capacidad pulmonar total tiende a aumentar con la edad (20% a los veinte años y 35% a los setenta años) aproximadamente un 3% cada diez años.

La capacidad residual funcional equivale a la mitad de la capacidad pulmonar total en posición ortostática y algo menos en decúbito.

Las variaciones patológicas de los registros anteriormente citados arrojan información sobre el tipo de alteración ventilatoria, pero no sobre el tipo de enfermedad desde un punto de vista nosológico. Su importancia radica en coadyuvar eficazmente con la clínica y la radiología al diagnóstico. También resulta de enorme utilidad en el seguimiento de los pacientes respiratorios.

VALORES DE REFERENCIA E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Valores de referencia

Idealmente los valores de referencia a utilizar en un laboratorio deben obtenerse en el propio laboratorio. Esto supone un esfuerzo que no todos los laboratorios tienen a su alcance. Para aquellos que

no planean obtener sus propios valores de referencia existen dos soluciones. La primera es obtener valores en un grupo reducido de voluntarios sanos, de características similares a las de sus propios pacientes cuyo número sea suficiente para comparar con arreglo a los criterios estadísticos correctos, los datos propios con los de un grupo mayor de entre los publicados en la literatura. Este es el camino seguido por CRAPO y cols. (1981).

La segunda alternativa consiste en adopción de un conjunto de valores de referencia de los publicados en la literatura que por las características de recogida de pacientes, del tipo de voluntarios y del método y aparatos utilizados se asemeje al máximo a las del propio laboratorio en cuestión. Es práctica corriente que el fabricante de un instrumento, generalmente extranjero, proporcione el aparato con unos valores de referencia incorporados en el microprocesador y por consiguiente haga difícil adoptar esta última alternativa. En bastantes de estos aparatos la modificación y sustitución de los valores por otros de elección del propio laboratorio es factible, pero conviene establecerla con anterioridad a la compra del aparato. La decisión de favorecer datos de poblaciones similares a las del laboratorio propio es importante ya que las diferencias entre poblaciones, métodos, aparatos, técnicas, criterios de selección, etc., pueden llegar a hacer importante la discrepancia entre los datos observados por el laboratorio y los correspondientes a los valores de referencia incorporados al espirómetro. Existe suficiente literatura para proyectar con éxito la consecución de una serie de valores de referencia propios. Es mucho más problemática la forma en que una vez obtenidos los valores de referencia se comparen con los datos del paciente. Consideración especial merece la discusión sobre el intervalo de referencia, límites del rango de referencia, percentiles, etc., que excede el ámbito de estas recomendaciones, pero que puede encontrarse en la literatura relacionada. Las limitaciones e inadecuaciones del uso clínico de las ecuaciones sumariales propuestas por la ECCS han sido someramente expuestas por THORNTON y MILLER (1982). En su revisión de la literatura el grupo de trabajo ha podido encontrar los valores de referencia del estudio multicéntrico de Barcelona como los únicos hasta el presente obtenidos en población española de acuerdo con las normas internacionales.

Clasificación de la alteración espirométrica

El uso de una clasificación con diferentes grados de severidad facilita la comunicación y la uniformidad del lenguaje entre el laboratorio y la clínica. Con ello mejoran el intercambio de experiencias y el seguimiento de los pacientes. No obstante, con-

TABLA I: CLASIFICACION DE LA ALTERACION ESPIROMETRICA

Severidad	FVC, FEV o ambos expresados como % del valor de referencia
Ligera	Hasta el 65%
Moderada	Entre el 64 y el 50%
Severa	Entre el 49 y el 35%
Muy severa	Menor del 35%

American College of Chest Physicians, 1967.

viene mantener presente la arbitrariedad de las cifras propuestas para los distintos grados, no directamente extrapolables a la valoración de incapacidad laboral u otras situaciones específicas ajenas al uso clínico habitual. Recomendamos la clasificación propuesta por el American College of Chest Physicians, pero limitándolo a la valoración de FVC y FEV₁. La experiencia acumulada entre los casi veinte años transcurridos desde su introducción representa un firme aval de su utilidad.

Desde un punto de vista estrictamente espirométrico, las alteraciones ventilatorias pueden clasificarse como en la tabla I.

BIBLIOGRAFIA

- ACRES, J. C., y KRYGER, M. H.: «Upper airway obstruction». *Chest*, 1981; 80: 207-211.
- ARNOLD, G. E.: *Manual of voice, speech and language*. Ed. Luschinger R. Wodsworth Pub., 1967.
- ATS Statement: «Snowbird workshop on standardization of spirometry». En Gardner, R. M., y cols., editores. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1979, 119: 831-838
- BERG VAN DEN, J. W.: «Myoelastic-aerodynamic. Theory of voice production». *J. Speech. Hear. Res.*, 1958; 227-244.
- CASAN, P.; GINER, J.; MIRALDA, R. M.; CANET, J.; NAVAJAS, D., y SANCHIS, J.: «Calibrador de espirómetros por descompresión explosiva». *Arch. Bronconeumol.*, 1983; 19: 94-99.
- CASAN CLARA: *Valores espirométricos de referencia para niños y adolescentes sanos*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona, 1985.
- CRAPO, R. O.; MORRIS, All., y GARDNER, R. M.: «Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1981; 123: 659-664.
- DROUET, D.; KAUFFMAN, F.; BRILLE, D., y LELLOUCH, J.: «Valeurs spirométriques de référence. Modèles mathématiques et utilisation pratique». *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 1980, 16: 745-767.
- EISER, N. M.; KERREBIJN, K. F., y QUANJER, Ph. H.: «Guidelines for standardization of bronchial challenges with (nonspecific) bronchoconstricting agents». *Bull. Europ. Physiopathol. Respir.*, 1983; 19: 495-514.
- EJNELL, H.; BAKE, B., y MANSSON, I.: «Spirometric indices in the assessment of laryngeal obstruction». *Eur. J. Respir. Dis.*, 1984; 65: 600-610.

- FEINSTEIN, A. R.: *Clinical biostatistics*. Chicago: Mosby Co., 1977; 243-253.
- FERRIS, B. G., y cols.: «Epidemiology standardization project». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1978; 118, n.º 5 (part 2 of 2 parts): 1-120.
- GARCIA, M.: *Hints of singing*. Londres: Ed. Ascherberg, Hopwood and Crew, 1894.
- GARCIA, M.: *Memoria acerca de la voz humana*. Traducción al español. En: García, M., y Tapia, A. G., editores. Madrid, 1905.
- GARDNER, R. M.; CRAPO, R. O.; BILLINGS, R. G.; SHIGEOKA, J. W., y HANKINSON, J. L.: «Spirometry: What paper speed?». *Chest*, 1983; 84: 161-165.
- GARDNER, R. M.; GLINDMEYER, H. W., y HANKINSON, J. L.: «Standardization of spirometry with special emphasis in field testing». En: Hans Weill, M. *Occupational lung diseases*. Vol. 18: *Lung biology in health and disease*. Turner-Warwick. New York: Marcel Dekker, 1971; 61-85.
- GLINDMEYER, H. W.: «Predictable confusion». *J. Occup. Med.*, 1981; 23: 845-849.
- GRÄSBECK, R., y ALSTRON, T., editores: *Reference values in laboratory medicine*. Chichester: John Wiley & Sons, 1981.
- HANKINSON, J. L., y GARDNER, R. M.: «Standard waveforms for spirometer testing». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1982; 126: 362-364.
- HERRERA, L.: «The precision of percentiles in establishing normal limits in medicine». *J. Lab. Clinical. Med.*, 1985; 52: 34-42.
- HIRANO, M.; KUSITA, S.; KIYOKAWA, K., y cols.: «Basic and clinical investigation». *Otologia (Fukuska)*, 1975; 21: 231-442.
- HIRANO, M.; KOIKE, Y.; MIHASHI, y KASUYA, T.: *Some aspects of the vocal cord as a vibrator*. IX Congreso Internacional de Acústica. Madrid, 1977.
- LINDBLOM, B., y SUNDBERG, J.: «Acoustical consequences of lip, tongue and larynx movements». *JASA*, 1971; 50: 1166-1179.
- MAINLAND, D.: «Remarks on clinical "norms"». *Clin. Chem.*, 1971; 17: 267-274.
- MARTIN ESCRIBANO, P.; PALOMERA FRADE, J.; LOPEZ ENCUESTRA, A.; IGNACIO GARCIA, J. M., y DOMINGUEZ LOZANO, M. J.: «Arm span and standing body height». *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 1985; 21: 28A (abstract).
- MÜLLER, J.: *Tratado de fisiología humana*. Madrid: Bailly-Bailliere, 1860.
- MURPHY, E. A., y ABBEY, H.: «The normal range. A common misuse». *J. Chron. Dis.*, 1967; 20: 79-88.
- PERELLO, J.: *Annals d'Otolaryngology*, 1962; 79: 722.
- PERKS, W. H.; SOPWITH, T.; BROWN, D., y GREEN, M.: «Should values obtained with a bellows spirometer be converted to BTPS?». *Proc. Br. Thorac. Assoc. Jan.*, 29-30, 1981. *Thorax*, 181; 36: 221 (abstract).
- PETUSEVSKY, M. L.; LYONS, L. D.; SMITH, A. A.; EPLER, G. R., y GAENSLER, E. A.: «Calibration of time derivatives of forced vital capacity by explosive decompression». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1980; 121: 343-350.
- PRESSMAN, J. J., y KELEMAN: «Physiology of the larynx». *Physiol. Rev.*, 1955; 33: 506.
- PROCTOR, D. F.: *Breathing speech and song*. New York: Springer-Verlag, 1980.
- RAHN, H.: «Absolute lung volume: BTPS, ATPS and STPD conditions». En: Altman, P. L., y Dittmer, D. S., editores. *Respiration and circulation*. Bethesda: Med. Fed. Amer. Soc. Exper. Biol., 1971: 11.
- ROCA TORRENT, J.: *Valors de referencia de l'espirometria forçada d'una població mediterrània*. Tesis doctoral. U. de Barcelona, 1982. También en Roca, J., y cols.: «Spirometric reference values for a mediterranea population». *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 1982; 18: 101-102.
- ROSSITER, C. F.: «Discussion en scand». *J. Respir. Dis.*, 1976; 113: 587-600.
- SALTZMAN, H. P.; CIULLA, E. M., y KUPERMAN, A. S.: «The spriographic "kink". A sign of emphysema». *Chest*, 1976; 69: 51-55.
- SCHÖNHÄRL, E.: *Die stroboskopie in der praktischen laryngologie*. Stuttgart: Thieme, 1960.
- SNIDER, G. L.; KORY, R. C., y LYONS, H. A.: «Grading of pulmonary function impairment by means of pulmonary function tests». *Dis. Chest*, 1967; 52: 270-271.
- SOBOL, B. J., y SOBOL, P. G.: «Percent of predicted as the limit of normal in pulmonary function testing a statistically valid approach». *Thorax*, 1979; 34: 1-3.
- Standardized lung function testing. Report Working Party «Standardization of lung function tests». En: Quanjer, Ph. H., editor. Eur. Com. Coal and Steel, Luxembourg, July 1983. *Bull. Eur. Physiopath. Resp.*, 1983, 19 (supl. 5): 22-27.
- STONDERMAN, F. W.: «Current concepts of "normal values", "reference values", and "discrimination values" in clinical chemistry». *Clin. Chem.*, 1975, 21: 1873-1877.
- SUNDBERG J.: *The science of the singing voice*. Northern Illinois University Press, 1987.
- TAMMELIN, B. R.; WILSON, A. F.; BERRY BORORWIECKI, B., y SASSIN, J. F.: «Flow-volume curves reflect pharyngeal airway abnormalities in sleep apnea syndrome». *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1983; 128: 712-715.
- TANDORF, W.: «Kehlkopf-Modell». *Z. HNO*, 1929; 22: 464.
- THORNTON, J. C., y MILLER, A.: «Standardized lung function testing». *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.*, 1984; 20: 571-572.
- TOSI, P. F.: *Lart du chant*. Traducción al francés. Rothschild. París: Théophile Lemaire, 1874.
- VINCKEN, W. G.; GAUTHIER, S. G.; DOLLFUSS, R. E.; HANSON, R. E.; DARANAY, C. M., y COSIO, M. G.: «Involvement of upper-airway muscles in extrapiramide disorders». *New Engl. J. Med.*, 1984; 311: 438-442.
- WYKE, M. D.: «Recent advances in the neuralgy of phonation: Phonatory reflex mechanisms in the larynx». *Brit. Jour. Disor. Communication*, 1967; 2: 2-14.

Notas básicas de acústica vocal

A. BONAVIDA ESTUPIÑA

Vibración mecánica

Oscilación o movimiento de vaivén de las moléculas, partículas o estructuras de los sistemas formados por masa, elasticidad y rozamiento alrededor de su posición de reposo (fig. 1).

Vibración libre

Vibración libre de toda acción exterior. Ejemplo: Diapasón una vez excitado.

Vibración forzada

Vibración mantenida por una acción exterior. Ejemplos: Péndulo reloj, glotal.

Clases de vibraciones

Periódicas: Simples y complejas. *Aleatorias:* Ruidos. Ejemplos: Diapasón, glotal, como periódicas y ruido de fritura; de tránsito, como aleatorias.

Amplitud de la vibración

La desviación máxima (asociada al concepto de intensidad).

Frecuencia (f)

Número de vibraciones completas por segundo o Hertz. Ejemplo: 1.000 vibraciones por segundo es equivalente a 1.000 Hertz (Hz).

El *pitch* es la frecuencia de la vibración glotal.

Período (T)

Duración en segundos de una vibración completa.

Relación entre f y T

$f = 1/T$. Así, 1.000 Hz = 1/0,001 segundos.

Vibrato y trémolo

Fluctuación regular de frecuencia y amplitud, respectivamente. Ejemplo de vibrato: Sirena ambu-

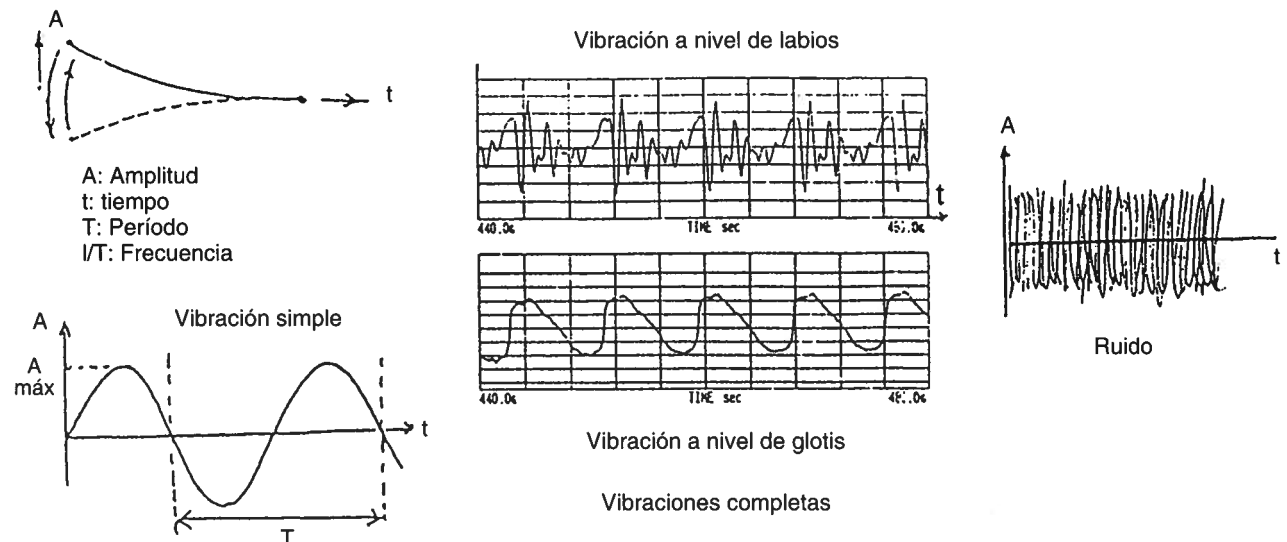


FIG. 1.—Características y clases de vibraciones.

lancia. El vibrato en un cantante suele ser de unas siete fluctuaciones por segundo. Ejemplo de trémolo: Emisión de una vocal parcial y regularmente interrumpida.

Sonido

Vibración mecánica capaz de producir una sensación auditiva.

Parámetros de un sonido

Amplitud, frecuencia y tiempo.

Gama de frecuencias audibles

Desde 16 a 20.000 Hz.

Infrasonidos

Vibraciones de frecuencia inferior a 16 Hz.

Ultrasonidos

Vibraciones de frecuencia superior a 20.000 Hz.

Fuerza

Acción capaz de producir una deformación o un movimiento.

Presión

Fuerza por unidad de superficie.

Presión sonora

Presión del aire generada por la vibración sonora.

Unidad de presión

Tanto la presión estática como la dinámica se miden en Pascal (Pa). Una presión estática de una atmósfera técnica equivale a 100.000 Pa (1 kg/cm^2). Es la presión de una columna de aire de 10.000 metros de altura. La presión de una columna de agua de 10 metros de altura equivale también a 100.000 Pa. La presión de una columna de agua de 60 cm. en contacto con el tímpano es de 6.000 Pa, valor máximo utilizado en pruebas timpanométricas.

Nivel de presión sonora

Diferencias iguales entre dos estímulos de presión sonora no producen diferencias en la sensación audible percibida. A mayor valor del estímulo, menor sensibilidad al cambio de su valor. Lo propio ocurre con el resto de los órganos sensoriales. En cambio la respuesta auditiva se ajusta más a los cambios relativos al estímulo. Es decir, una escala de estímulos, manteniendo el mismo cociente entre dos valores consecutivos, produce aproximadamente las mismas diferencias en la sensación percibida.

Ejemplo: Si los valores de los estímulos son 0,1, 1 y 10 Pa (cocientes consecutivos iguales) las respectivas sensaciones estarán escalonadas según los números 0, 1 y 2 (diferencias consecutivas iguales). De donde la necesidad de tomar el valor relativo, es decir, el cociente entre dos presiones sonoras y no su diferencia, para así poder apreciar iguales cambios a nivel neurosensorial. Una de las dos presiones se toma como referencia.

El deciBel (dB) es la unidad utilizada para valorar de forma especial el cociente entre una magnitud acústica y otra magnitud de referencia. Por esta razón es la unidad adoptada en audiometría.

La valoración en dB de la presión sonora relativa es el *nivel de presión sonora*.

Conversión de la presión sonora relativa en nivel de presión sonora

La forma de convertir la presión sonora relativa en nivel de presión en dB es la siguiente:

- Elegir una presión de referencia, por ejemplo, $P_{ref} = 1 \text{ Pa}$.
- Elegir la presión que se va a convertir en nivel de presión, por ejemplo, 100 Pa.
- Obtener el cociente $100 \text{ Pa} / 1 \text{ Pa} = 100$.
- Tomar el número de ceros de este cociente (equivale a tomar el logaritmo decimal) en este caso 2.
- Multiplicar por 20 este número de ceros y añadir dB al resultado.

El número 20 es una constante homologada.

En el ejemplo citado el nivel de presión sonora de 100 Pa, tomando como referencia 1 Pa, es de 40 dB.

Si en vez de tomar 1 Pa como referencia se hubiese tomado 0,1 Pa, el nivel de presión de 100 Pa sería de 60 dB.

Como puede observarse, la valoración del nivel de presión en dB depende de la presión de referencia elegida.

Si se toma como referencia 0,00002 Pa, el nivel de presión se expresa con las siglas dB SPL.

El nivel de presión de 200 Pa sería de 140 dBSPL y el nivel de 0,0000a Pa de la propia presión de referencia sería 0 dBSPL, según la regla citada anteriormente.

0,0002 Pa es la presión sonora cerca del umbral estadístico de la audición humana a la frecuencia de 1.000 Hz.

En caso de no ser la unidad seguida de ceros el valor de la presión NPa a convertir en nivel y suponiendo que se toma como referencia 1 Pa, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de presión} = 20 \times \log (\text{NPa}/1 \text{ Pa})$$

Niveles mínimo y máximo de la presión dinámica en la audición

0 y 140 dBSPL, respectivamente.

Límites mínimo y máximo de frecuencia en la audición

16 y 20.000 Hz, respectivamente.

Parámetros subjetivos de un sonido

Sonoridad (sonia) y tonalidad (tonia). La sonoridad va asociada al parámetro físico de intensidad (función de la amplitud de la vibración sonora) y la tonalidad va asociada al parámetro físico de frecuencia.

Resonancia

Efecto de coincidencia de las frecuencias de dos sistemas vibrantes. Un sistema actúa como emisor de vibraciones y el otro sistema como receptor pasivo, capaz de adquirir una gran amplitud de vibración a una o ciertas frecuencias discretas, llamadas frecuencias propias, al coincidir con las de un vibrador activo acoplado. La frecuencia de coincidencia es la frecuencia de resonancia.

Ejemplo de sistemas activos: Diapasón, pliegues vocales, cuerda tensa de guitarra.

Ejemplos de sistemas pasivos: Conducto vocal, tubo cilíndrico, botella sin tapón, copa de cristal, puente.

El cantante Caruso rompía copas de cristal con su propia voz ajustada a la frecuencia propia de la copa.

El efecto resultante de la resonancia es una gran amplificación de las vibraciones del sistema receptor, algunas veces de efectos catastróficos.

Formantes

Existen dos modelos de resonadores pasivos: el de tipo botella y el de tipo tubo alargado. En el tipo botella, como es el caso de una botella corta sin tapón, hay una sola frecuencia propia. En el de tipo tubo alargado hay varias frecuencias propias, como es el caso de un tubo cilíndrico con un extremo casi cerrado simulando la glotis y el otro abierto simulando la boca. Un tubo con estas características y una longitud de 17,5 cm. simula aproximadamente al tracto vocal emitiendo la *e* neutra. Las frecuencias capaces de entrar en resonancia con las de este tubo son aquellas que cumplen la siguiente condición:

$$F_{1,2,3,4} = (350/L) \times 1/4, (350/L) \times 3/4, (350/L) \times 5/4, (350/L) \times 7/4$$

siendo $L = 0,175$ m. la longitud del tubo; $F_{1,2,3,4}$, las frecuencias propias del tubo, y 350, la velocidad en m/s. del sonido en aire cálido. Los valores obtenidos son: $F_1 = 500$ Hz, $F_2 = 1.500$ Hz, $F_3 = 2.500$ Hz y $F_4 = 3.500$ Hz.

En el interior del tubo sólo y en cada una de estas frecuencias aparecen zonas regularmente distribuidas a lo largo del tubo y en forma alternada, de máximos y mínimos presión, como se indica en la figura 2. La máxima separación de las senoides corresponde a un máximo de presión. Estas formas de distribución de la presión, diferentes según la frecuencia, se las conoce con el nombre de ondas estacionarias. Las frecuencias F_1 , F_2 , F_3 y F_4 son las cuatro primeras frecuencias capaces de crear en el mismo tubo su correspondiente onda estacionaria.

A las frecuencias F_1 , F_2 , F_3 y F_4 se las denomina también *frecuencias formantes* o simplemente *formantes*.

En el caso real de la fonación (fig. 3), al variar la longitud y distribución de las secciones del conducto vocal debido a la posición de los articuladores, las frecuencias formantes también cambian y en este cambio radica la diversidad de los sonidos vocales.

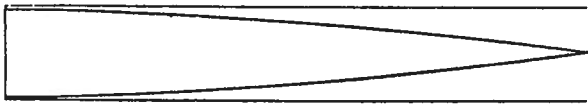
El *formante del canto* situado entre 2.500 y 3.000 Hz en los cantantes profesionales se debe a la constricción y descenso de la sección de la laringe anexa a la faringe cuando al cantar «cubierto» actúa como resonador de tipo botella independientemente del comportamiento del resto del tracto vocal.

Tracto vocal

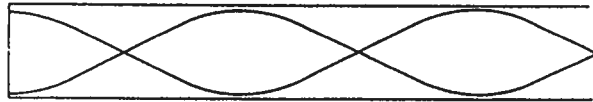
Encadenamiento de los sistemas vibrantes: pliegues glotales y cavidades laringe-faringe, boca y nariz.

El sistema vibrante activo está formado por los pliegues vocales (mal llamadas cuerdas vocales) y

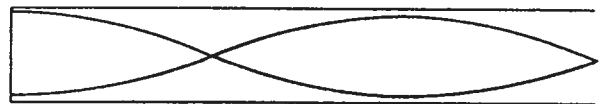
Primer formante
1/4 de longitud de onda
500 hertzios



Tercer formante
5/4 de longitud de onda
2.500 hertzios



Segundo formante
3/4 de longitud de onda
1.500 hertzios



Cuarto formante
7/4 de longitud de onda
3.500 hertzios

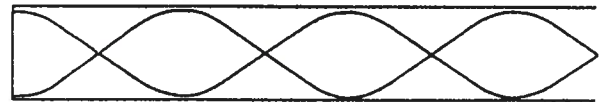


FIG. 2.—Ondas estacionarias en un tubo de 17,5 cm. de longitud. El máximo de presión corresponde al extremo más cerrado y el mínimo al extremo más abierto.

las cavidades constituyen los sistemas vibrantes pasivos.

Característica de la vibración glotal

Según el teorema de Fourier toda vibración compleja periódica, como es la vibración glotal y la de la mayoría de los instrumentos musicales, está formada por una frecuencia fundamental senoidal y una serie de frecuencias también senoidales llamadas armónicos, múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

Ejemplo: Una vibración glotal de frecuencia fundamental 100 Hz va acompañada de los armónicos 200, 300, 400, 500 Hz, etc., resultado de multiplicar la frecuencia fundamental por 2, 3, 4, 5, etc. El conjunto de todos ellos forma una serie o familia armónica.

La frecuencia fundamental (pitch) es la que da la tonalidad de la voz.

La frecuencia de un armónico equivale a la generada por un diapasón con la misma frecuencia. El diapasón es uno de los pocos instrumentos que dan sonidos simples o senoidales.

El *jitter* se refiere a fluctuaciones irregulares de frecuencia de la vibración glotal.

El *shimmer* se refiere a fluctuaciones irregulares de amplitud de la vibración glotal.

Órgano fonatorio

El órgano fonatorio está formado por:

- Una fuente de energía (caudal de aire): los pulmones.
- Un generador de vibraciones: cuerdas vocales, situados en el centro de la laringe.
- El conducto vocal integrado por las cavidades laringe-faringe, articuladores (mandíbula, lengua, labios) y el conducto nasal.

Las cuerdas o pliegues vocales son repliegues elásticos de la mucosa que recubre la laringe y al entrar en vibración actúan de forma parecida a los labios de un trompetista o a los de los niños imitando el ruido de un motor.

La apertura de la mandíbula acorta el tubo en la región de la glotis y lo amplía en proporción en la zona de los labios. Tal disposición resulta adecuada para subir la frecuencia del primer formante.

Tal estrategia es utilizada por las sopranos para desplazar el primer formante a una frecuencia superior donde está situada la fundamental.

La frecuencia del segundo formante es muy sensible a la forma del cuerpo de la lengua y la del tercero a la posición de la punta de la lengua.

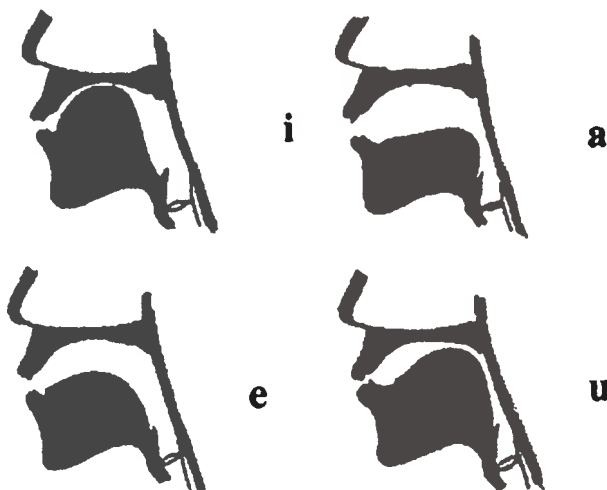


FIG. 3.—Configuración del tracto vocal y posición de los articuladores para la emisión de las vocales i, e, a, u.

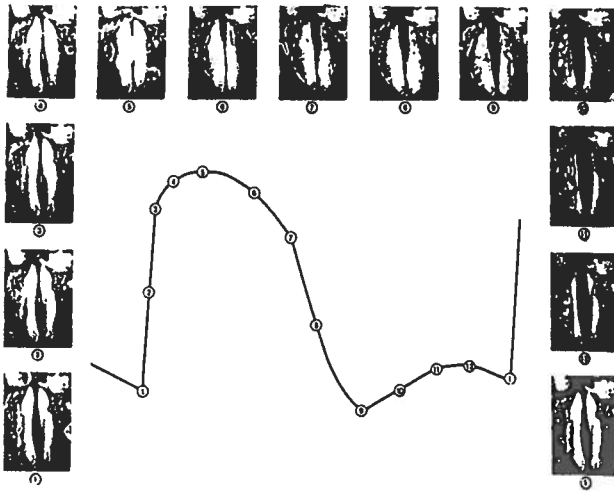


FIG. 4.—Variación de la conductividad eléctrica registrada por un glotógrafo en las diferentes fases de la vibración glotal. El valor máximo corresponde al cierre total de la glotis.

Las vibraciones glotales son generadas por la presión subglótica que provoca la separación de los pliegues vocales. La velocidad del flujo de aire crea un efecto de succión (efecto Bernoulli) y como consecuencia el cierre inmediato de la glotis. Al cerrarse el paso del aire aumenta la diferencia de presión entre la parte subglótica y supraglótica y se separan de nuevo los pliegues glotales reanudándose el proceso.

La frecuencia depende de las propiedades mecánicas de las cuerdas y de la interacción neuromuscular que ordena la rigidez y la configuración del sistema.

En la figura 4 aparece la gráfica temporal del grado de oclusión de la glotis, obtenida a partir de la conductividad eléctrica registrada por un glotógrafo: a mayor oclusión mayor conductividad eléctrica. Este tipo de gráfica refleja de una forma inversa y sólo aproximada el área de paso de aire entre los pliegues vocales. No obstante, es de gran utilidad para la correcta detección de la frecuencia glotal y obtención de pulsos de sincronismo para el análisis y síntesis de voz por predicción lineal (LPC).

La pendiente abrupta de la gráfica en la fase de

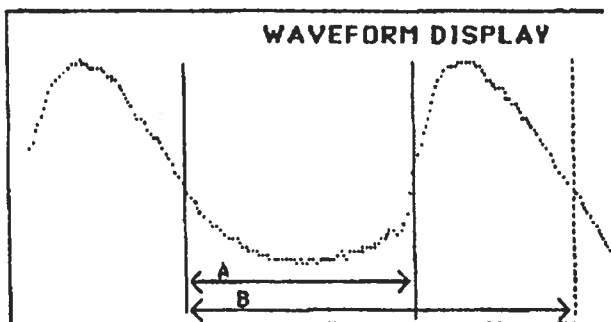


FIG. 5.—Relación entre el tiempo de apertura de la glotis y el período total de la vibración.

cierre de la glotis significa una disminución brusca del paso del aire y por tanto de la presión supraglótica. Este cambio brusco interviene de forma muy activa en la generación de un gran contenido de armónicos necesarios para la activación de todas las resonancias o formantes en el tracto vocal.

Es de gran interés en el análisis de la función glotal la determinación de la relación cíclica de la pulsación, es decir, el resultado de dividir el tiempo de apertura de la glotis por el período glotal (fig. 5 A y B).

Largos tiempos de abertura son causantes de la voz susurrada y una suavización de las pendientes de la figura 4, y los tiempos cortos acompañados de oclusión total con acentuación del flanco de cierre de la glotis mejoran la calidad y el rendimiento de la voz.

Las consonantes sordas (por ejemplo, las oclusivas sordas) se generan sin vibración glotal y se originan por el aire expirado a través de pasos angostos (puntos de articulación). El ruido generado contiene también por naturaleza todas las frecuencias excitadoras de las cavidades resonadoras, aunque con menor nivel que las generadas por vibración glotal.

Representación tridimensional de una vibración

Al estar definida una vibración sonora por tres dimensiones: amplitud, frecuencia y tiempo, puede tratarse y representarse como si fuera un objeto real en un espacio de tres dimensiones. A este objeto le denominaremos objeto sonoro. En la figura 6 aparecen las representaciones tridimensionales de una regla de dibujo y del objeto sonoro y sus proyecciones sobre cada uno de los tres planos coordenados.

Compárense los resultados obtenidos en las proyecciones de ambos objetos.

El objeto sonoro que se ha elegido está formado por tres senoides amortiguadas que representan las vibraciones de tres diapasones; la frecuencia más baja es considerada como armónico fundamental y las otras dos como segundo y tercer armónico.

Según sea el plano de proyección se obtendrán del mismo objeto tres formas de representación bidimensional diferentes. Las del objeto sonoro son:

Oscilograma (wave form). Plano de proyección: Amplitud-tiempo. La altura en cada instante de cada punto en la figura proyectada es la suma de las elongaciones de cada una de las tres senoides que la componen en este mismo instante (no la superposición de las tres senoides). Esto da lugar a una forma de onda periódica modificada de forma, pero con el mismo período que la frecuencia fundamental. El período puede apreciarse por la separación temporal de los máximos. Esta gráfica permite observar, por ejemplo, en el caso de una vocal, el período glotal y por tanto el *pitch* (frecuencia de la vi-

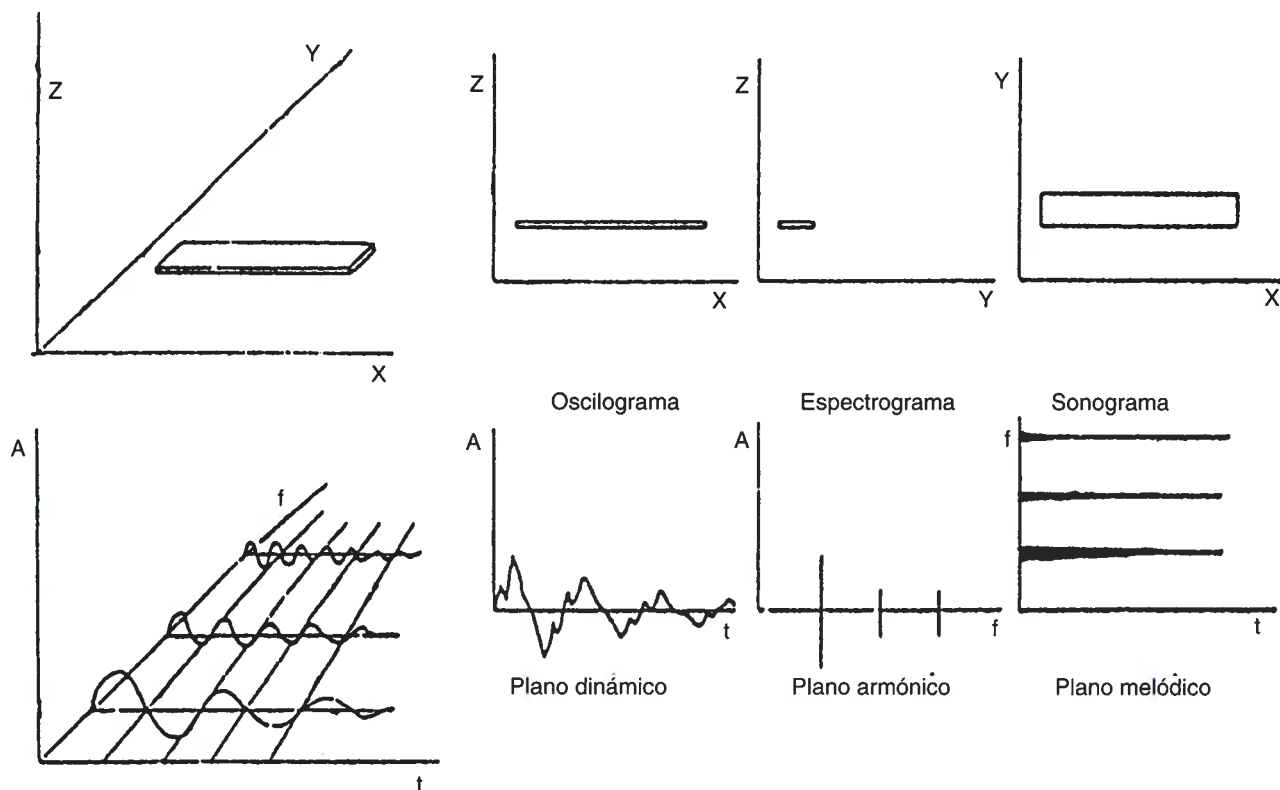


FIG. 6.—Oscilograma, espectrograma y sonograma de un sonido. Perfil dinámico (ADSR) de un oscilograma.

bración glotal), la amplitud de la señal (valor máximo), el perfil dinámico (línea imaginaria que une todos los máximos a lo largo del tiempo), la distorsión (recorte anormal de crestas o deformación de la señal) y el tipo de forma de onda. El perfil dinámico se expresa con las siglas ADSR (*attack, decay, sustain y release*).

Espectrograma (power spectrum). *Plano de proyección: Amplitud-frecuencia.* Las tres senoides proyectadas sobre este plano aparecen como un conjunto de tres rayas verticales con sus correspondientes amplitudes en su correcta posición y equidistantes en la escala de frecuencias. Una vez elegi-

do el instante de la proyección el espectro de rayas obtenido corresponde solamente a la señal promediada (cada raya por separado), que está incluida dentro de un entorno de tiempo alrededor de este instante, no de todo el tiempo transcurrido. En cambio sí sería válido utilizar todo el tiempo transcurrido para promediar si la señal fuera constante en amplitud y frecuencia durante todo este tiempo. Por tanto, el espectrograma sólo tiene sentido para intervalos reducidos de tiempo o ventanas de análisis de la señal. Esto explica el porqué en señales periódicas en régimen estacionario, por ejemplo, una vocal sostenida, puede elegirse cualquier ven-

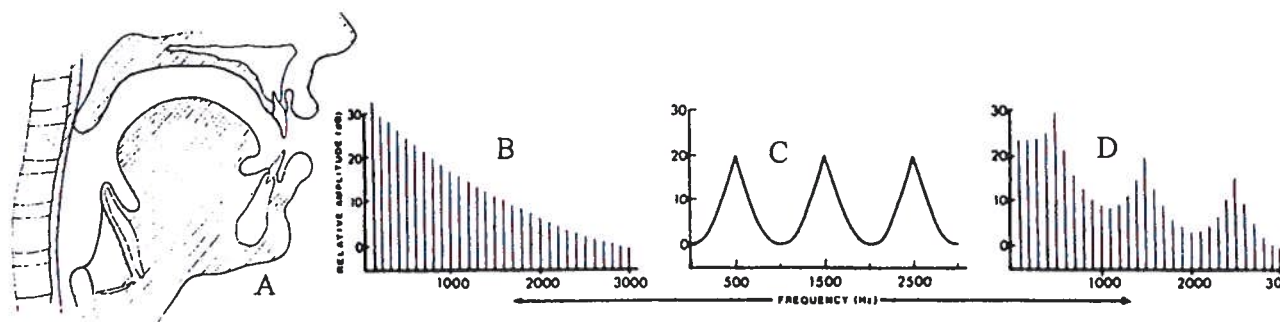


FIG. 7.—En A aparece la configuración del tracto vocal en posición de emitir la e neutra. En B se da el espectrograma de la vibración glotal en su origen. En C, las resonancias del filtro vocal. En D, el espectrograma a nivel de labios con las zonas formantes.

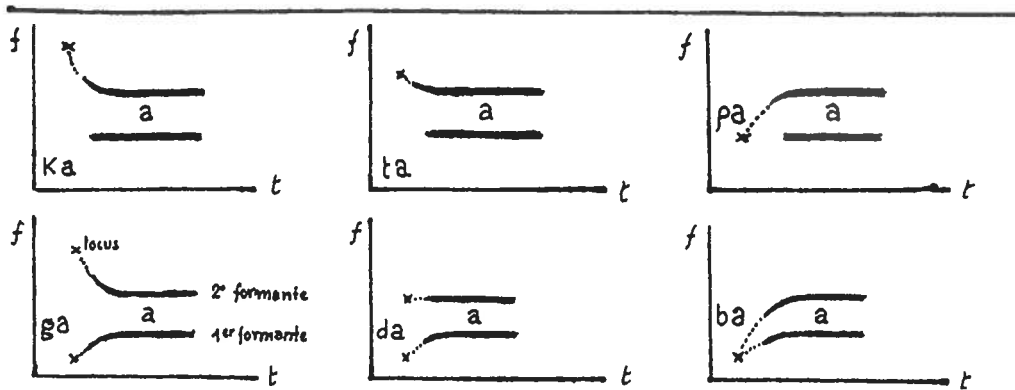


FIG. 8.—Influencia de los prefonemas b, k, d, b, g, t en la evolución de los formantes de la a.

tana de tiempo para el análisis sin alteración del espectro de la señal.

El espectrograma se puede comparar a una fotografía tomada con flash.

Este tipo de representación permite una visión sólo dentro de un corto espacio de tiempo del número y la paridad de los armónicos, del perfil espectral y, por tanto, del número y posición de las zonas del espectro de mayor amplitud de los armónicos. Estas zonas corresponden a los formantes.

Sonograma (sound spectrogram). Plano de proyección: Frecuencia-tiempo. Las tres senoides representativas de la frecuencia fundamental y del segundo y tercer armónico al ser proyectadas sobre este plano se convierten en tres líneas paralelas al eje de tiempos. La intensidad de negro de cada raya en el caso presente, mayor al principio porque

las senoides son de mayor amplitud, se va debilitando a medida que la senoide proyectada se va amortiguando en el transcurso del tiempo. La figura de las tres rayas paralelas es el sonograma y cada una de ellas representa un armónico que mantiene la frecuencia a lo largo del tiempo. Si las frecuencias fueran variables en el transcurso del tiempo se perdería el paralelismo respecto al eje de tiempos.

El *timbre* como característica diferencial de una fuente de señal es un concepto muy complejo, pero podría representarse *grosso modo* por el carácter invariante de sus sonogramas puesto que depende principalmente del contenido armónico de la señal y de su perfil espectral y dinámico.

La intensidad de negro de cada línea en cada instante depende del promedio de la amplitud de

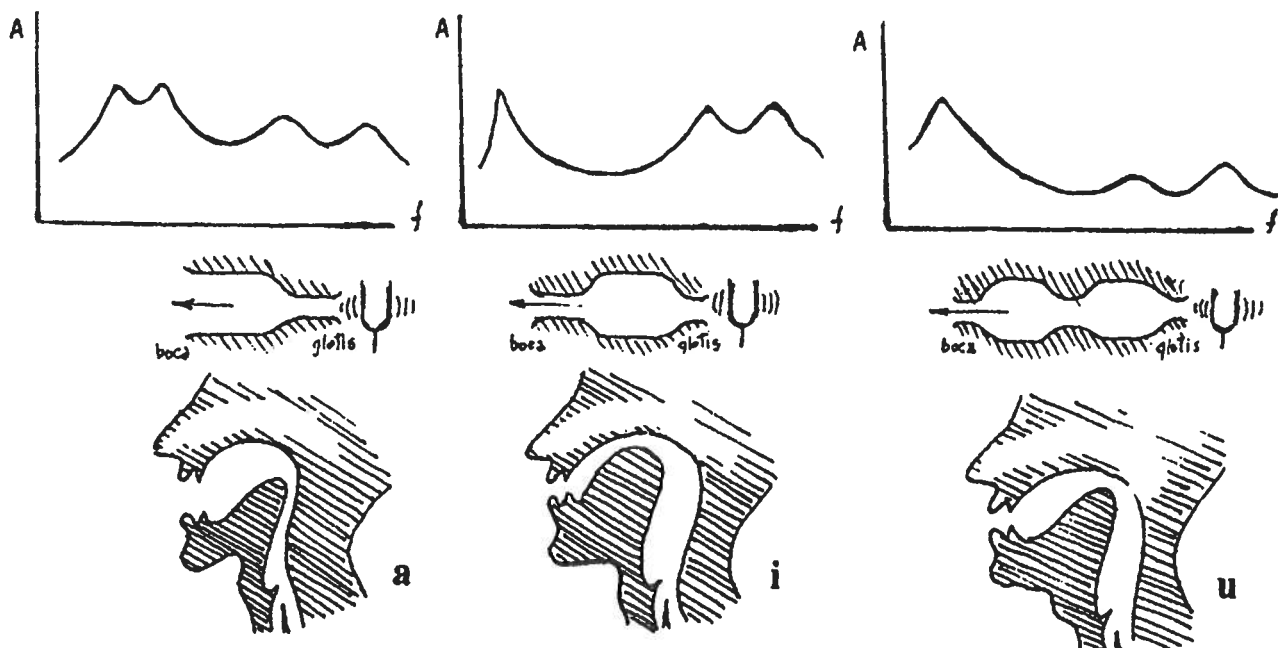


FIG. 9.—Simulación del tracto vocal con resonadores.

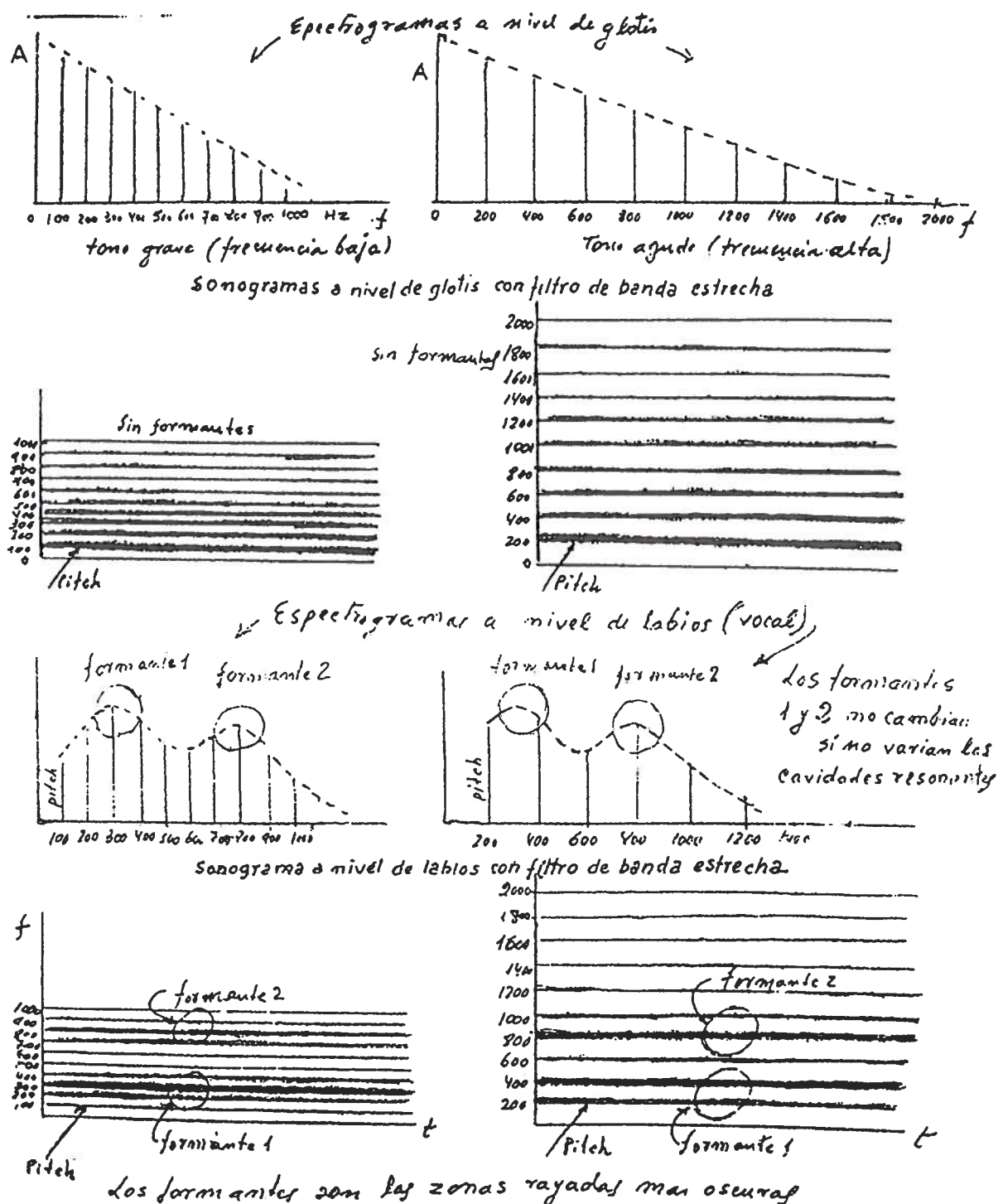


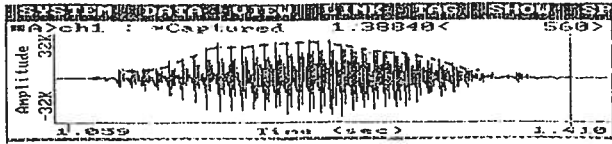
FIG. 10.—Espectrogramas y sonogramas de vocales sostenidas a nivel de glotis y a nivel de labios con los mismos formantes y diferente frecuencia fundamental (pitch).

la senoide proyectada dentro de un pequeño intervalo de tiempo en el entorno del instante de análisis. Se ha convenido en los sonogramas de representar las líneas con mayor densidad de negro si la amplitud del armónico por ellas representado es mayor.

El sonograma es la representación más completa de cualquier tipo de vibración transformada en señal eléctrica. Permite explorar el contenido espectral de una señal en cada intervalo de tiempo y la presencia y evolución temporal de las zonas de los formantes.

Si el espectrograma lo hemos comparado a una instantánea fotográfica, el sonograma se puede comparar a una secuencia de imágenes tomadas con una videocámara.

El sonograma puede definirse como un espectrograma evolutivo en el tiempo.



Perfil dinámico (ADST) de un oscilograma.

En la figura 7 A se da la configuración del tracto vocal en posición de emitir la *e* neutra. Esta disposición es bastante aproximada a la de un tubo de 17,5 cm. de longitud como ya se había indicado al hablar de las ondas estacionarias en la figura 2. En la figura 7 B aparece el espectrograma de la vibración glotal en su origen, con un gran contenido de armónicos con una atenuación de -12 dB/octava.

El conducto vocal se comporta como un amplificador selectivo en el entorno de las frecuencias de 500, 1.500 y 2.500 Hz debido a sus modos propios, lo que se pone de manifiesto en el espectrograma de la señal emitida a nivel de labios (fig. 7 C).

Dado el tamaño de la abertura de los labios y debido a su directividad como fuente radiante, de reducida superficie, su contribución a la emisión de la voz es la de aumentar el nivel de intensidad a razón de +6 dB/octava que sumada a la pérdida de -12 dB/octava a nivel de glotis da una resultante de -6 dB/octava.

En la figura 8 se pone de relieve la influencia de los prefonemas *p*, *k*, *d*, *b*, *g*, *t* en la evolución de la vocal *a*.

Cada fonema consonante posee zonas (locus) de mayor densidad de energía que afectan al inicio del fonema vocal siguiente. Véase la evolución del primer y segundo formante de la *a* en los difonemas *pa*, *ka*, *da*, *ba*, *ga*, *ta*.

En la figura 9 puede observarse la equivalencia del tracto vocal configurado para las vocales *a*, *i*, *u* y los resonadores en forma de cavidades encadenadas de la parte alta de la figura. El diapasón en un extremo simula el vibrador glotal y el otro extremo la boca de emisión.

En la figura 10 se pone de relieve la independencia conceptual entre la frecuencia glotal y las frecuencias formantes. Se representa el espectrograma y el sonograma de una vocal sostenida con tonalidad grave y aguda a nivel de glotis y a nivel de labios, pero manteniendo la misma posición de los formantes.

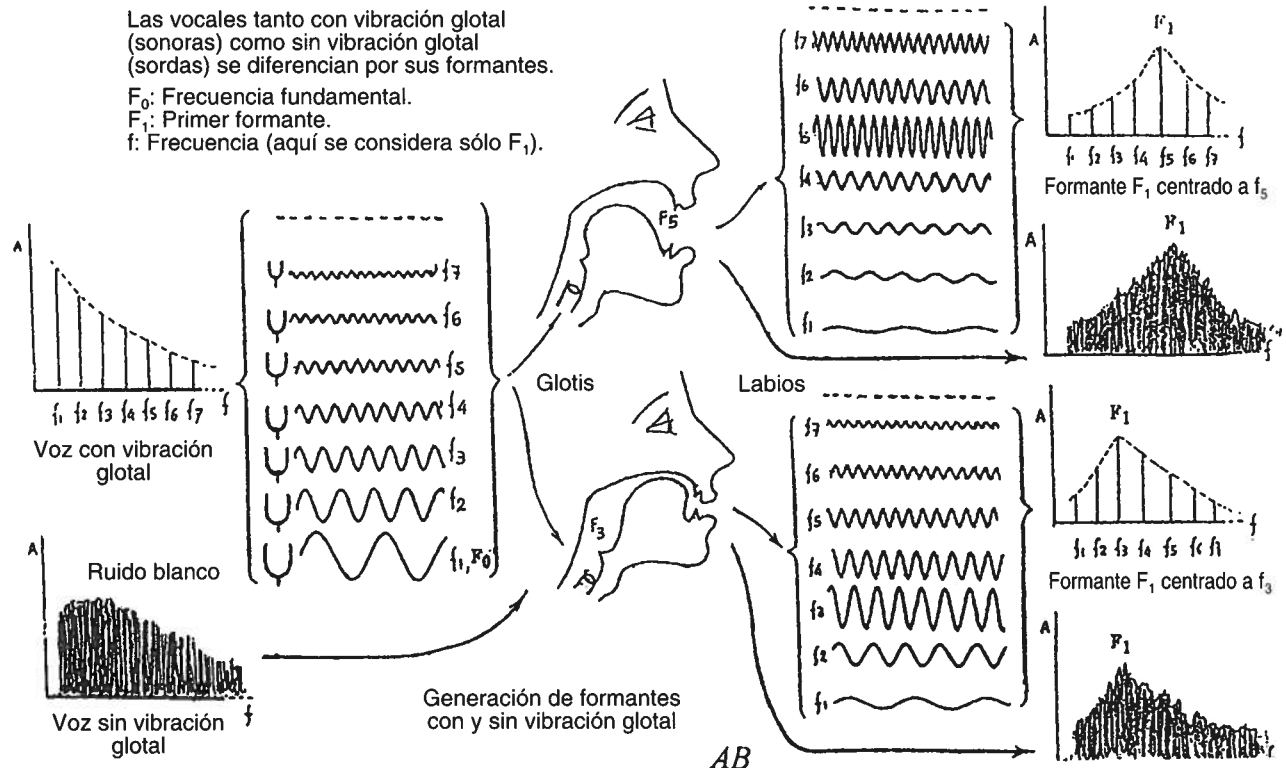


FIG. 11.—Generación de sonidos vocales sordos y sonoros.

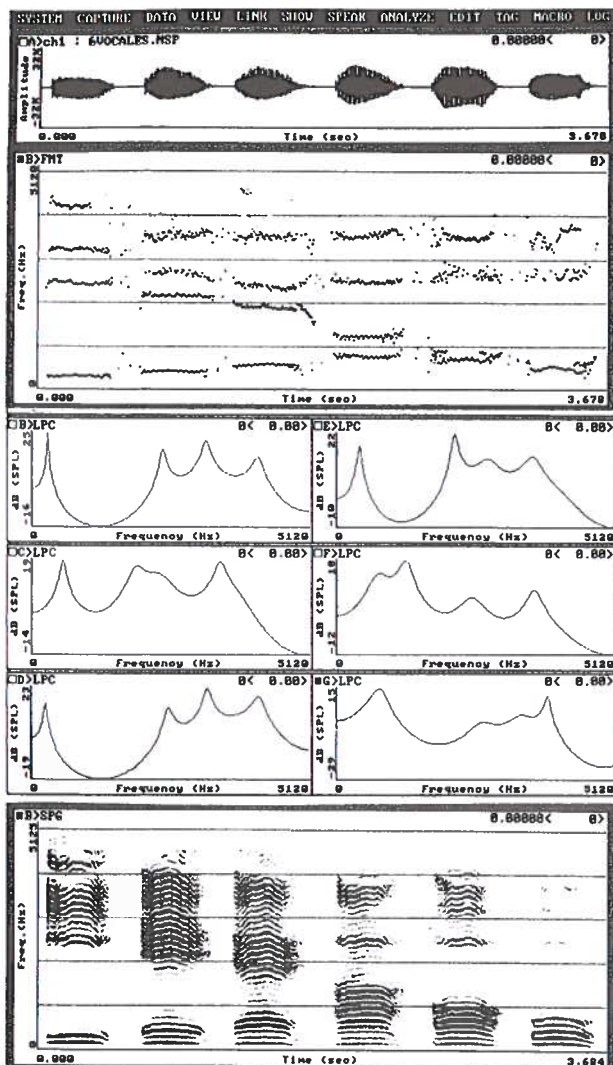


FIG. 12.—Oscilogramas, formantes, perfiles espectrales y sonogramas de sonidos vocales.

En la figura 11 se da una interpretación de la génesis de los sonidos vocales *a* (cabeza superior), *i* (cabeza inferior) con y sin vibración glotal sustituyendo los armónicos a nivel de la glotis por sonidos puros generados por diapasones en el caso de las vocales sonoras y por ruido aleatorio en el caso de las vocales sonoras y por ruido aleatorio en el caso de sonidos sin vibración glotal, generado por una fuente de ruido simulando la voz expirada. La frecuencia fundamental está indicada por F_0 y los formantes por $F_1, F_2, F_3...$ como es habitual en fonética. En física acústica se especifican las mismas frecuencias por $f_1, f_2, f_3...$. En esta figura puede observarse la influencia de los cambios de la estructura anatómica del tracto vocal, a nivel de labios, en el desplazamiento de las zonas formantes tanto si la voz es vibrada como no. Este desplazamiento se debe a la amplificación selectiva del resonador vocal, como ya

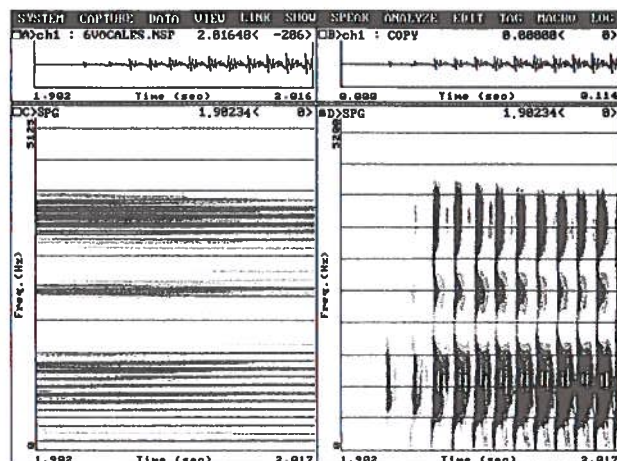


FIG. 13.—Sonograma en banda estrecha y banda ancha de la vocal *a*.

se ha explicado anteriormente, a las frecuencias de resonancia de las cavidades. A nivel glotal la frecuencia con mayor amplitud es la fundamental f_1 , en cambio a la salida de labios las más realizadas son la f_5 (gráfica superior) y la f_3 (gráfica inferior).

Las frecuencias elegidas sólo tienen valor conceptual y sólo se ha destacado el primer formante con su zona asociada.

El ruido elegido no es propiamente blanco porque no contiene todas las frecuencias con la misma densidad espectral, sino con una atenuación progresiva hacia las frecuencias altas. Es el denominado *speech noise*.

La figura 12 resume en gran parte lo explicado anteriormente. El gráfico superior es el oscilograma de las seis vocales *i, é, è, a, o, u*. Sólo se puede apreciar el perfil dinámico. Se necesita expandir la imagen (zoom) en el sentido temporal para proceder a su análisis.

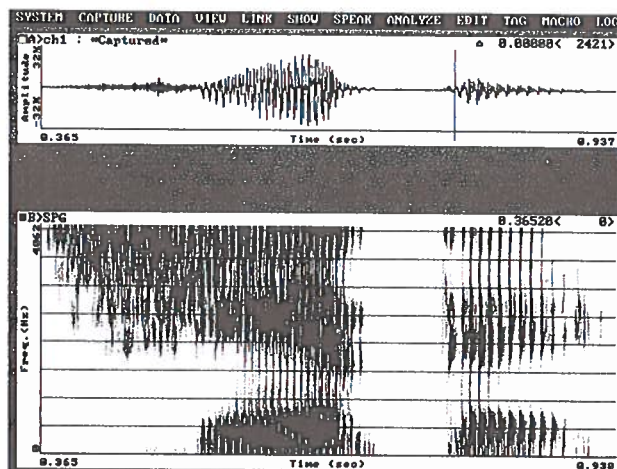


FIG. 14.—Oscilograma y sonograma de la palabra siete.

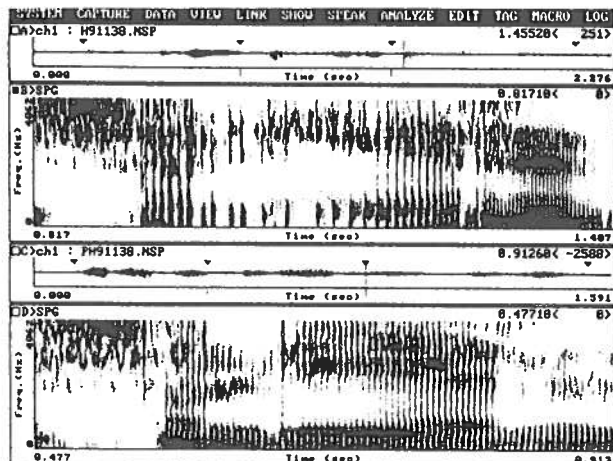


FIG. 15.—Sonograma de una voz disfónica y de una voz normal.

El segundo gráfico es un sonograma estilizado obtenido con el método LPC donde solamente se han trazado las rutas de los formantes (líneas del sonograma correspondientes al armónico de mayor intensidad o amplitud).

La presencia de los puntos dispersos entre las líneas es debido a la ausencia de señal, es decir, a la interrupción de la voz entre vocal y vocal.

En los seis gráficos siguiente se dan los perfiles espectrales, obtenidos por el método LPC, de las seis vocales enunciadas y en el mismo orden. Nótese la presencia de las zonas formantes (las crestas más destacadas del perfil espectral) y la aproximación progresiva de los dos primeros formantes al pasar de la *a* a la *u*.

El último gráfico es el sonograma completo de las mismas seis vocales. Nótese cómo las líneas de más densidad de negro de cada sonograma se corresponden con las rutas de los respectivos formantes del segundo gráfico.

Este tipo de sonograma donde se destacan las líneas representativas de los armónicos se ha obtenido pasando previamente la señal por un filtro de banda estrecha, es decir, un filtro que sólo deja pasar muy pocas frecuencias y, por tanto, de alta resolución espectral, pero de poca resolución temporal.

Las figuras 13 A y B representan el oscilograma de los 100 primeros milisegundos de emisión de la vocal *a*.

Las figuras 13 C y D son los sonogramas obtenidos del oscilograma anterior con filtros de análisis de banda estrecha y banda ancha, respectivamente.

El filtro de banda ancha permite, como se ve en el gráfico, una buena resolución temporal y una mala resolución frecuencial y, por tanto, una buena discriminación de la fase inicial del fonema.

En la figura 14 A aparece el oscilograma de la palabra *siete* y en figura 14 B el correspondiente sonograma utilizando un tipo de filtro de banda re-

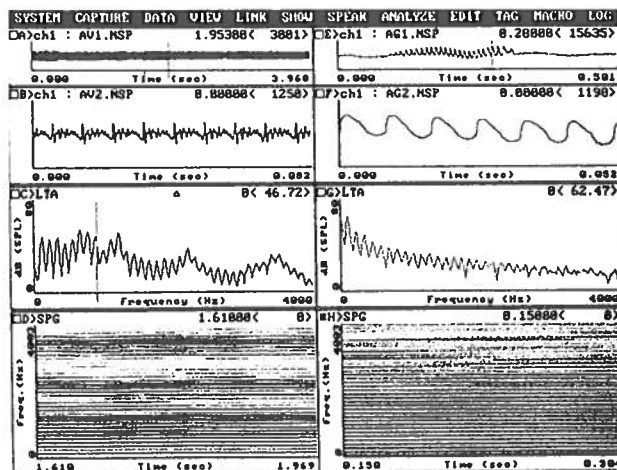


FIG. 16.—Diferencias en el espectrograma y sonograma entre la voz a nivel de labios y la vibración glotal en una vocal sostenida.

lativamente ancha. En este sonograma puede observarse en su parte inicial la presencia de la fricativa *s* en forma de una banda de ruido en el entorno de los 3.000 Hz. Seguidamente aparece la vibración del diptongo *ie* y la convergencia de los dos primeros formantes. Las barras verticales corresponden a los instantes de cierre de los pliegues glotales y su separación al período glotal. La frecuencia deducida de la base de tiempos es de 130 Hz. A continuación aparece una zona de silencio. Esta interrupción es debida a la articulación de la *t* en su fase de oclusión y el efecto de explosión en su fase de apertura es el de una *s* de muy corta duración y aparece antes de la vibración glotal de la vocal sonora *e*. El período ahora es mayor y la frecuencia correspondiente es de 100 Hz. Esto es debido a una disminución del tono de la voz al final de la palabra *siete*.

Los gráficos de análisis han sido obtenidos de ficheros como formato TIF y para la grabación de las señales se ha elegido:

- Un micrófono de respuesta en frecuencia muy uniforme, buena sensibilidad y prácticamente independiente de la orientación respecto a la fuente de señal. Es decir, de característica omnidireccional.
- Una estancia exenta de ruidos.
- La distancia a la fuente de señal de 20 a 30 cm. para evitar efectos reverberación ambiental y soplo.
- El nivel máximo de grabación sin rebasar en ningún momento el umbral de distorsión.
- Grabación digital. Si la tarjeta digitalizadora está incorporada en el propio ordenador hay que contar con una reducción de relación señal/ruido propio de los convertidores internos.

Las grabaciones con magnetocassettes convencionales siempre son de inferior calidad.

f) Una impresora de tipo láser.

Por último, como ejemplos de aplicación del método de análisis digital de la voz, en la figura 15 B aparece el sonograma de la palabra *solier* de un paciente disfónico antes del tratamiento médico y en la figura 15 D después del tratamiento. Obsérvese en la figura 15 B la gran irregularidad de la periodicidad glotal y en la figura 15 D cómo el *pitch* ya está completamente normalizado.

En las figuras 16 A y B se muestran los oscilogramas real y expandido de una vocal sostenida a nivel de labios, en la figura 16 C su espectrograma y en la figura 16 D el correspondiente sonograma obtenido con filtro de banda estrecha.

En las figuras 16 E, F, G y H se dan los gráficos de la misma señal obtenidos a nivel glotal por vía glotográfica.

LECTURAS RECOMENDADAS

BAKEN, R. J.: *Clinical measurement of speech and voice*. Allyn and Bacon Boston, 1987.

FANT, G.: *Acoustic theory of speech production*. La Haya: Mouton, 1970.

FLANAGAN, J. L.: *Speech analysis, syntesis and preception*. Berlin, Heidelberg, New York, 1972.

FRENCH, A. P.: *Vibraciones y ondas*. Editorial Reverté, S. A., 1974.

FRY, D. B.: *Acoustic phonetics*. Cambridge University Press, 1976.

FRY, D. B.: *The physics of speech*. Cambridge University Press, 1979.

LEIPP, E.: *Acoustique et musique*. Masson et Cie Editeurs, 1971.

LIEBERMAN, P. H.: *Speech physiology and acoustics phonetics*. New York: MacMillan Publishing Inc., 1977.

PULGRAM, E.: *Introduction to the spectrography of speech*. La Haya: Mouton, 1959.

RANDALL, R.: *An introduction to acoustics*. Addison-Wesley, Press. Inc., 1951.

THOMAS D. R.: *The science of sound*. London: Addison-Wesley Publishing Co.

SEARS, F. W., y ZEMANSKY, M. W.: *Física general*. Madrid: Aguilar, 1957.

SMITH, B. J.: *Acoustics*. London: Longman Group Limited, 1971.

WINCKEL, F.: «Acoustical foundations of phonetics». Malmberg, B. *Manual of phonetics*.

EXPLORACION DE LA VOZ

Valoración subjetiva de la voz e historia clínica

I. COBETA MARCO, T. RIVERA RODRIGUEZ y B. ORTIZ AGUADO

VALORACION SUBJETIVA DE LA VOZ

Al hacer la historia clínica vocal tenemos la ventaja de oír la voz por la que el paciente consulta. En nuestra opinión constituye un excelente ejercicio relacionar el tipo de voz con la lesión que vemos en la exploración, con lo que iremos ganando una experiencia impagable.

Es difícil decir si una voz es normal y es más difícil todavía decir cómo debería ser una voz para considerarla normal en una persona determinada. Existen voces que en una persona podrían ser normales, pero que en otra nos llamarían la atención. Cuando alguien nos consulta por alteración de la voz es evidente que le preocupa su sonido, bien porque piense que puede ser reflejo de una enfermedad, porque no le resulte adecuada para su actividad laboral o social o porque no le guste.

Cuando un paciente acude a nosotros por alteración de la voz debemos prestarle, como otorrinolaringólogos, toda la ayuda que necesite. Puede que tengamos el concepto de que sólo una disfonía que nos sugiera la existencia de un carcinoma debe explorarse con todos los medios a nuestro alcance a fin de diagnosticar y tratar una enfermedad que amenace la vida del enfermo, pero como médicos otorrinolaringólogos debemos ser conscientes de que en el mundo actual, tan pendiente de la propia imagen, la voz es algo que dice mucho en sí misma de cada uno de nosotros. Este es el sentimiento que en muchas ocasiones lleva al paciente a la consulta y no la sospecha de una enfermedad grave. En el momento actual de la otorrinolaringología debemos atender estas alteraciones de la voz que, aunque no pensemos que estén causadas por una enfermedad grave, hacen que el paciente no se sienta a gusto con ellas.

Según ARONSON (1985) «hay alteración de la voz cuando difiere de las voces de otras personas del mismo sexo y similar edad y grupo cultural en timbre, tono, volumen y flexibilidad en la dicción. El concepto de voz normal, con unos criterios objetivos, absolutos, no existe».

MOORE (1971) ya habló sobre este difícil tema afirmando que «es obvio que no existe una forma única de sonido que podamos llamar voz normal, existiendo voces infantiles, voces de niño, de niña, voces de hombre y de mujer, voces de anciano... Entre estos

grupos, además, puede haber voces normales y anormales. El umbral que separa lo uno de lo otro lo juzga cada observador en base a sus criterios culturales, educativos, ambientales, de conocimiento vocal y factores similares, pero donde quiera que coloquemos la separación entre lo normal y lo patológico es evidente que cada uno tiene ideas adquiridas sobre lo que es normal y patológico. Esta observación debería alertar al clínico sobre el hecho de que las alteraciones de la voz están basadas en factores culturales y son determinadas por factores sociales».

Por tanto, sólo se pueden establecer criterios generales sobre la voz normal basados en lo siguiente:

1. El timbre debe ser agradable. Este criterio implica la presencia de un cierto timbre musical y la ausencia de ruido o falta de sonoridad.
2. El tono debe ser el adecuado en correspondencia a la edad y al sexo del individuo.
3. El volumen debe ser el apropiado, sin que la voz sea tan débil que no se pueda oír en condiciones de un entorno sonoro normal ni que sea tan alta que llame negativamente la atención.
4. La flexibilidad debe ser la adecuada. La flexibilidad o variedad de la voz se refiere a las variaciones de tono y volumen que ayudan a expresar énfasis, intencionalidad, significado o contenido, lo cual, en definitiva, viene a expresar los sentimientos de una persona.

La voz, además de su propia sonoridad, vehiculiza estados de ánimo, de forma que un explorador experimentado puede colegir la disposición anímica de una persona; esto se expresa, como hemos visto, sobre todo por el tono, el volumen, la flexibilidad y el ritmo verbal (prosodia).

Voz anormal

Si la voz normal es la que no llama la atención en ninguna de sus características, la voz patológica será la que no responda a criterios de similitud para grupos de la misma edad, sexo y educación. En las voces anormales lo que nos queda por definir es quién marca el criterio de similitud o de diferencia; este criterio puede marcarlo el propio paciente, las demás personas de su entorno o el médico. Si sólo es el propio paciente quien lo nota, por lo general podremos pensar que la alteración no es demasiado importante.

El grado de normalidad, sin embargo, viene determinado por la selectividad para la que se utilice la voz, y aquí entramos a considerar el concepto de voz profesional. La voz puede servir sólo, y ya es bastante, para establecer comunicación (social, familiar...), pero también puede servir, en mayor o menor medida, para ganarse la vida. Cuanto más esté la actividad profesional de un paciente en relación con un perfecto estado de la voz, más profesional será el uso de su voz: si un cantante lírico no puede desarrollar su actividad por una leve disfonía y sí lo puede hacer, con esa misma disfonía, un conferenciante, diremos que el primero tiene un uso más profesional de la voz. Con ese mismo razonamiento deberemos contemplar las voces profesionales.

En cierto sentido todas las personas que desarrollan su actividad profesional relacionándose verbalmente con los demás tienen un uso profesional de la voz. En nuestro mundo actual de comunicación e imagen personal la diferencia entre voz profesional y uso profesional de la voz es muy tenue. Parece lógico pensar, sin embargo, que la voz profesional más selectiva es aquella que utilizan las personas cuyo medio de vida depende en primer lugar del uso de la voz, como son: cantantes, actores, locutores, telefonistas...; vendrían después los profesionales cuya actividad se vehiculiza a través de la voz, como son: profesores, vendedores, conferenciantes...; en tercer lugar tendríamos un amplísimo grupo de profesionales que utilizan la voz para la comunicación pero que no vehiculiza su actividad directamente a través de ella: médicos, ingenieros, funcionarios...; en último lugar tendríamos a los profesionales que no utilizan la voz si no es para comunicarse con colegas o que simplemente no utilizan la voz.

Cuando además del paciente las demás personas de su entorno noten que la voz ha cambiado, la alteración tendrá una mayor significación; en último término seremos nosotros, los otorrinolaringólogos, quienes valoremos la anormalidad de la voz, comparándola con nuestra idea de voz normal en grupos similares de población, adecuándola al grado de utilización profesional y contando con la opinión del propio enfermo y de algún allegado.

Síntomas vocales

Antes de iniciar una descripción de los tipos de voz sería conveniente aclarar algunos términos que vamos a utilizar en adelante:

- *Fonación*. Acto mecánico de la producción vocal que tiene lugar por el paso del aire espirado a través de las cuerdas vocales, a las cuales hace vibrar. Estas vibraciones producen interrupciones de la columna de aire, lo que origina una onda sonora que resuena en las cavidades supraglóticas.

- *Voz*. Sonido audible producido por la fonación.
- *Disfonía*. Voz anormal, percibida como tal por el oyente y que puede afectar al tono, la intensidad, el timbre, la fluidez o a una combinación de estos elementos.
- *Afonía*. Ausencia de tono laríngeo definido, con lo que la voz es totalmente aérea o cuchicheada. Atendiendo estrictamente a su etiología, a-fonía sería la ausencia de voz, pero no la ausencia de sonido.
- *Mudez*. Incapacidad para emitir sonido o articular la voz. También se le ha llamado absitiria.

La disfonía es la causa más frecuente de consulta por alteración de la voz. Si consideramos que en el origen de la emisión vocal correcta la vibración de las cuerdas vocales debe ser regular y exacta y abrupto el cierre de la glotis, la presencia de vibraciones irregulares e incluso la ausencia parcial de ellas junto con los defectos de cierre glótico significan un defecto de funcionamiento y por tanto causa de disfonía. También podemos considerar como causa de disfonía la presión excesiva de ambas hemilaringes; los puntos de contacto de las hemilaringes son las apófisis vocales y el borde libre de las cuerdas vocales, pero cuando hay una tensión excesiva pueden contactar los cuerpos aritenoides e incluso las bandas ventriculares.

En una voz disfónica hay que aprender a valorar psicoacústicamente cinco elementos:

- *Dureza de la voz*. También llamada tensión (voz dura, voz tensa o voz constreñida). Esta interpretación psicoacústica corresponde al fenómeno de la hiperfonación o tensión excesiva de la laringe. La contracción excesiva es el origen de muchas lesiones hipertróficas del borde libre de las cuerdas. Este origen por «exceso de la función» laríngea hace que también puedan considerarse funcionales lesiones como los nódulos laríngeos. La tensión de la voz, con agotamiento del aire espirado, con sensación acústica de dureza, suele tener una repercusión extralaríngea, de forma que se aprecia contracción de los músculos del cuello e ingurgitación venosa cervical. En la voz tensa, el principio de las frases es levemente explosivo (golpe de glotis), lo que puede favorecer también la aparición de granulomas de contacto.

- *Aire en la voz*. La sensación de voz aérea o voz soplada se produce por escape de aire entre las cuerdas vocales, sea cual fuese la causa que la determina. Hemos dicho que el aire espirado hace vibrar las cuerdas en cada ciclo vocal: éste es el aire productivo, con salida en pulsos regulares con la cadencia de la frecuencia fundamental. Si por alguna circunstancia no hay cierre glótico, parte del aire espirado se pierde de forma turbulenta entre las cuerdas, lo cual percibimos como voz aérea. El caso

más llamativo lo tenemos en la parálisis laríngea o en la voz resultante poco después de una corpectomía. En ocasiones es difícil percibir la voz aérea cuando hay escape leve, como, por ejemplo, en los pequeños defectos de cierre posterior o en las pequeñas irregularidades del borde libre. Las personas que mejor perciben los pequeños escapes de aire suelen ser los profesores de canto. En un capítulo posterior valoraremos objetivamente, de forma elemental, el escape aéreo mediante el índice s/a.

— *Ronquera* (voz ronca). Dentro de la confusión semántica que hay en la valoración psicoacústica de la voz, la denominación que se emplea para expresar la irregularidad o defecto de la vibración, e incluso la ausencia de vibración, es la más confusa. La ronquera, o disfonía por antonomasia, corresponde a este defecto de vibración. Si pensamos en muchas patologías vocales veremos que la alteración de la vibración es el resultado de la mayoría de ellas, bien porque hay una masa en el borde libre que hace que se bloquee la vibración por rozar con la otra cuerda en cuanto se dé la mínima contracción de la cuerda, o porque la mucosa de la cuerda está fija al músculo y se produce una ausencia de onda mucosa. Las inflamaciones agudas laríngeas participan de ambos mecanismos. La forma más simple de ronquera es el bloqueo instantáneo de la vibración por la interposición de una mucosidad sobre el borde libre y la forma más grave es la infiltración tumoral de la glotis.

En ocasiones se interpreta como ronquera lo que simplemente es una disminución de la frecuencia fundamental por aumento de la masa de las cuerdas como, por ejemplo, la voz grave, profunda, que se tiene a la mañana siguiente de una noche con mucho humo y mucho canto.

— *Alteraciones de la resonancia*. Hemos visto en la fisiología que el sonido glótico debe atravesar los espacios resonadores para ganar la riqueza de los formantes y tener brillo y personalidad. El sonido glótico es débil y monótono: se asemeja al vuelo de un moscardón, es un sonido «robotizado», pero que al pasar por los resonadores concentra energía en diversas frecuencias (formantes) y extiende los valores de la frecuencia fundamental. En general, podemos decir que los tractos resonadores pequeños dan voces más agudas y los tractos resonadores grandes dan voces más graves, correspondiéndose esto con el tamaño de la laringe; pero piénsese que en cada individuo, además, según el discurso verbal, hay sonidos agudos y sonidos graves. Esto lo podemos comprobar en nosotros mismos poniendo la mano sobre el cartílago tiroides: al decir la /i/, con resonancias agudas, la laringe asciende, y al decir la /u/, con resonancias graves, la laringe desciende.

Una resonancia que los otorrinolaringólogos reconocemos bien es la resonancia nasal o rinolalia. La rinolalia puede ser abierta (hipernasalidad)

cuando el paladar blando no cierra y todos los sonidos tienen resonancia nasal, no sólo la m, n y ñ; y cerrada (hiponasalidad) cuando el paladar está prácticamente cerrado (hipertrofia adenoidea) y ni siquiera la m, n y ñ tienen resonancia nasal. Hay pruebas específicas para comprobar estas alteraciones emitiendo frases con consonantes nasales y sin ellas, pinzando y sin pinzar las alas nasales.

— *Alteraciones de la flexibilidad*. La voz normal durante el habla contextualizada posee unas variaciones en el tono, la intensidad y el timbre mediante las que se expresan los menores significados intelectuales y emocionales; en las voces patológicas esas fluctuaciones están disminuidas y aplanadas o son excesivas.

Otros síntomas vocales

— *Fatiga vocal*. Es la incapacidad para fonar durante períodos largos de tiempo sin cambiar el timbre vocal; es decir, en la fatiga vocal hay dolor o molestia laríngea acompañada de cambio en el timbre y el tono vocal, de forma que la voz se percibe más grave. Cada persona tiene su límite, pero digamos que oscila entre ochenta y ciento veinte minutos de habla continua. El tono, como hemos dicho, se hace más grave y la dicción es más monótona, perdiendo flexibilidad. Además de tener su origen en el uso prolongado de la voz puede ser debido a astenia generalizada; de hecho, en situaciones de debilidad corporal hay una voz débil, apagada, sin apoyo (atributos que quieren significar pérdida de presión subglótica). Ciertas enfermedades neurológicas como la miastenia, esclerosis múltiple, ELA o Parkinson se manifiestan inicialmente con debilitamiento de la voz.

También puede ocurrir que la fatiga se desencadene por un mecanismo inverso, de forma que si una persona, buscando una voz más atractiva, por lo general profesionales de la voz, descienden la frecuencia fundamental (tono más bajo) para darle resonancias graves, descendiendo la laringe y ensanchando la faringe, se llega a una alteración funcional que se manifiesta en seguida por fatiga vocal, tensión muscular laríngea, mal aprovechamiento respiratorio e incluso pueden aparecer lesiones estructurales. A este síndrome de fatiga y tensión laríngea se le ha llamado (KOUFMAN, 1988) de Bogart-Bacall, queriendo manifestar que se presenta tanto en hombres como en mujeres que buscan un mayor atractivo vocal imitando las voces graves de esos artistas de cine.

— *Aclaramiento vocal*. La necesidad de aclarar continuamente la laringe mediante carraspeo y tos laríngea indica disfunción o patología glótica. Cuando existe una sobrecarga vocal (uso por encima de las posibilidades vocales), lo primero que se produce

es un aumento de las secreciones y poco después, si la situación no desaparece, una leve irregularidad en el borde libre con las mismas secreciones. La sobrecarga establece la necesidad de un aclaramiento laríngeo continuo. En otras dos circunstancias también hay necesidad de aclaramiento: nódulos vocales y reflujo gastroesofágico. Los nódulos, y en general todas las lesiones del borde libre, aumentan las secreciones mucosas y las dirigen al lugar de la lesión por un fenómeno físico de la vibración.

El aclaramiento produce un traumatismo añadido al que ya existe, creando un círculo vicioso que podemos romper en sus dos direcciones: tratando la sobrecarga vocal y evitando el aclaramiento. Para evitar el aclaramiento existen dos pequeños «trucos»: hacer una inspiración nasal profunda, corta y forzada, deglutiendo a continuación y, también, espirar el aire de forma forzada, contrayendo energicamente los músculos respiratorios, pero sin contraer la laringe (no hacer la válvula laríngea de la tos), con lo que se eliminan las secreciones, pero no se aducen ni se presionan las hemilaringes.

— *Calentamiento prolongado.* Este es un síntoma vocal que se reconoce sobre todo en cantantes; antes de cantar a pleno, los cantantes necesitan calentar la voz haciendo escalas; el calentamiento dura quince minutos. Cuando el calentamiento necesita ser más prolongado, sobre todo por las mañanas, es probable que exista reflujo gastroesofágico.

— *Disminución del rango vocal.* Este síntoma, aunque pueda darse en todas las personas, los cantantes lo perciben mucho mejor. Consiste en la incapacidad para emitir las notas altas (agudas) del registro vocal; se interpreta como una lesión de pequeño tamaño del borde libre de la cuerda que únicamente se pone de manifiesto cuando las cuerdas se tensan mucho a fin de dar las notas más agudas, siendo en ese momento cuando la voz se quiebra y suena afónica porque al contactar las cuerdas se bloquea la vibración. En los no cantantes tendremos conocimiento de la disminución del rango vocal cuando les hagamos un fonetograma.

Los síntomas vocales no se presentan de forma aislada, por lo que las voces patológicas tienen componentes complejos y en algunos casos es bastante difícil correlacionar el sonido con los tipos de las alteraciones de las cuerdas y de la emisión vocal. BOONE (1991) da una lista de ¡100! adjetivos tratando de identificar los tipos de voz y el sonido de sus posibles atributos vocales e incluso de su patología; entre ellas tenemos: voz abierta, abrasiva, acaramelada, aérea, afectada, afeminada, afinada, agradable, aguda, alta, amorosa, armoniosa, aterciopelada, baja, brillante, burbujeante, cálida, clara, confiada, constreñida, cristalina, cruda, cubierta, débil, dorada, dura, efervescente, femenina, forzada, fuerte, hueca, húmeda, infantil, inmadura, intimidatoria,

llorosa, masculina, matada, melodiosa, metálica, monótona, muerta, nasal, oscura, pesada, plana, pobre, profunda, punzante, redonda, relajada, rica, ronca, seca, sedosa, sensual, sofisticada, suave, temblorosa, temerosa, tensa, tímida, tintineante... Lo básico ya lo hemos explicado: voz dura (*harsh*), voz ronca (*hoarse*) y voz aérea (*breathy*). Creemos que tiene una gran importancia oír bien una voz y pensar en sus componentes fisiopatológicos para que cuando exploremos la laringe y el tracto resonador podamos correlacionar lo que oímos con lo que vemos, e incluso con lo que analizamos mediante la exploración con equipos de análisis informatizado.

HISTORIA CLÍNICA

Al hacer la historia clínica de un paciente que consulta por alteración de la voz debemos seguir los pasos de toda historia clínica:

- ¿Qué le ocurre?
- ¿Desde cuándo?
- ¿A qué lo atribuye?

A la pregunta de qué le ocurre, el paciente suele mostrar una cierta perplejidad porque su dolencia le parece tan evidente que considera innecesaria la pregunta, pero siempre es conveniente hacerla para valorar su propia vivencia. En este apartado es donde debemos establecer el tipo de voz y tratar de relacionarlo con la lesión subyacente (orgánica, funcional o psicógena).

En el apartado temporal trataremos de averiguar desde cuándo presenta la sintomatología, si su existencia ha sido continua o intermitente y, en este último caso, en relación con qué se presenta. Las disfonías que se presentan desde la infancia hablan a favor de una lesión congénita.

En el apartado de la atribución deberemos ahondar en las causas, que por lo general será uso inadecuado y excesivo de la voz: voz de uso profesional, carácter extrovertido del paciente... Una causa que suele pasarse por alto, pero de una gran importancia etiopatogénica, es el hablar en un ambiente ruidoso, incluyendo el interior de los coches.

Se ha discutido mucho sobre la conveniencia o no de utilizar una historia clínica vocal diseñada e impresa para que la paciente la rellene por sí mismo antes de que lo entrevistemos; aun a pesar de los inconvenientes que presenta: poca precisión en la descripción del síntoma principal, dificultad para que el paciente se interese en rellenar todo el cuestionario..., creemos que es un buen método para que el enfermo aclare mentalmente todo lo referente a la historia y para que nosotros sigamos una sistemática. Más adelante propondremos un modelo de historia clínica en forma de cuestionario que sea útil, tanto para la voz profesional como para la voz habitual.

Uso de la voz

Dentro de la historia clínica es importante preguntar el uso que se le da a la voz: tiempo que habla el paciente, volumen y entorno sonoro donde se emplea. Hemos dicho que más de dos horas seguidas, sin descanso, puede dar lesiones vocales, primero funcionales y después estructurales.

Cuando el volumen está por encima de las posibilidades de resistencia de las cuerdas también aparece patología. El sistema fonador soporta adecuadamente unos volúmenes de hasta 65-70 dB, pero a partir de esos niveles se resiente con rapidez; en esos casos se nota dolor laríngeo, cambio de timbre vocal y voz ronca y débil. Las personas que más sufren esta causa suelen ser los profesores de colegios que están con niños pequeños. Los propios niños, entre ellos, se gritan mucho y llegan a producirse nódulos con facilidad. Otra circunstancia muy lesiva son las conversaciones prolongadas en el interior de los coches mal insonorizados: el ruido dentro de un coche puede llegar a los 75 dB. También debemos preguntarles si su actividad se desarrolla en otros entornos también muy ruidosos: fábricas, interior de aviones, oficinas multitudinarias...

Hay actividades que están bastante expuestas a las lesiones vocales; ya hemos mencionado a los profesores, pero también podemos hablar de directores de coro, cantantes aficionados, personas que desarrollan su actividad con sordos, deportistas que hacen mucho esfuerzo como gimnastas, levantadores de peso y en general todos aquellos que hemos mencionado antes como profesionales de la voz.

También son lesivos para la voz los ambientes secos y polvorientos. Cuando la humedad relativa del ambiente está por debajo del 65-70% existe sequedad mucosa, con lo que el golpeteo de las vibraciones vocales produce irritación de contacto y pueden determinar la aparición de lesiones con mayor facilidad.

Estado general

Debemos recordar que la emisión vocal depende de la normalidad y coordinación de diversos sistemas y aparatos: respiratorio, muscular y nerviosos central y periférico; también es conveniente recordar que la emisión vocal es una actividad, sobre todo, muscular y que en cierto sentido las personas que necesitan hablar mucho son atletas. El mecanismo vocal es un instrumento complejo y bien afinado, que es muy sensible a los pequeños cambios, por lo que se requiere una perfecta normalidad de todos los sistemas, en especial cuando se hace un uso profesional de la voz.

Las infecciones del tracto respiratorio superior son, por lo general, las que tienen una mayor responsabilidad en el origen de las lesiones vocales; se

produce una inflamación de la mucosa con alteración de la secreción, con lo que la mucosa es más vulnerable a las lesiones. La tos y el aclaramiento vocal, según hemos visto, puede facilitar el traumatismo vocal. Las infecciones sinusales se asocian a inflamación difusa de la mucosa y a drenaje retro-nasal que puede afectar a las resonancias y a la propia percepción del sonido.

La alergia es también un problema común entre los enfermos que consultan por alteraciones de la voz; esto es especialmente grave en pacientes con uso profesional de la voz. En nuestra opinión existe el peligro de diagnosticar demasiado a la ligera una alergia respiratoria, dando medicación que produce sequedad sobre la mucosa poco alterada, con lo que las consecuencias son peores que los síntomas que queríamos tratar: ronquera intermitente con voz aérea, fatiga vocal, aumento de secreciones y necesidad de aclaramiento vocal.

Los enfermos que además de alteración de la voz presentan halitosis, abundantes secreciones faringolaringeas, dolor retroesternal y pesadez en epigastrio pueden tener reflujo gastroesofágico. El reflujo se da bastante en profesionales de élite de la voz debido al aumento de presión abdominal que requieren para la emisión y por la especial forma de vida que llevan. Vocalmente suelen presentar ronquera matutina, tiempo de calentamiento vocal excesivo, sensación de cuerpo extraño en garganta y necesidad de aclaramiento vocal. En la exploración también presentan enrojecimiento aritenoides e incluso laringitis hipertrófica del tercio posterior de las cuerdas.

Además de las infecciones respiratorias cualquier otro problema de este sistema va a tener una gran importancia en la emisión vocal, por lo que es conveniente cerciorarse expresamente de su normalidad.

Las alteraciones hormonales, especialmente aquellas que van a dar retención acuosa, pueden producir síntomas vocales por aumento del contenido de líquido en el espacio de Reinke; el hipotiroidismo juega un papel importante en la fisiopatología de esta alteración, apareciendo ronquera, fatiga vocal, voz opaca, pérdida del rango vocal y sensación de bolo faríngeo. Además del hipotiroidismo, las hormonas sexuales tienen una importancia decisiva en la voz, empezando porque la voz es un carácter sexual secundario en relación con la cantidad de estrógenos o andrógenos circulantes. Se ha identificado una alteración vocal llamada laringopatía premenstrual que presentan bastantes mujeres en edad fértil los días previos a la menstruación, consistente en pérdida de notas altas en la voz cantada, opacidad de la voz, disminución de la eficiencia vocal, fatiga vocal, ligera ronquera e incluso una mayor disposición a las hemorragias submucosas. Los estrógenos se han utilizado para

alargar el brillo y el rango vocal en mujeres postmenopáusicas; éste es un efecto que de forma indirecta se consigue en las mujeres que reciben estrógenos para disminuir los efectos de la osteoporosis. El uso de andrógenos en mujeres produce inestabilidad de la voz con carácter irreversible, cambios de timbre y descenso de la frecuencia fundamental, acercándose a las frecuencias masculinas; los andrógenos se suelen usar en las mujeres para controlar ciertas formas de endometriosis.

Estilo de vida y medicación

No hay ninguna duda de que el uso del tabaco produce alteraciones de la voz; los cambios que se dan en la mucosa laríngea son inflamación, atrofia y metaplasia. Existen patologías que tienen una relación directa con el hábito del tabaco como es el edema de Reinke. Si el paciente decide abandonar el tabaco debemos darle todo nuestro apoyo, haciéndole ver las ventajas que eso va a tener, no sólo en lo referente a su voz, sino a su sistema cardiovascular y a la salud en general; también debemos avisarle que durante las primeras semanas puede tener bastantes molestias, ya que el tabaco producía una cierta insensibilidad mucosa.

El uso no moderado del alcohol tiene un efecto pernicioso sobre la voz puesto que el paciente pierde el control de la emisión vocal, haciendo que no emplee los mecanismos de autoprotección, hablando por encima del ruido ambiente durante mucho tiempo y exponiendo la mucosa a la irritación del propio alcohol y al muy probable reflujo gastroesofágico. Por regla general, las bebidas alcohólicas que tienen más de 20°, aun en cantidades que no intoxiquen, producen irritación mucosa faringolaríngea y deben proscribirse en pacientes con alteraciones de la voz.

La falta de sueño y el cansancio crónico tiene también un efecto nocivo sobre la voz porque no dejan que las cuerdas se recuperen de la posible sobrecarga. El cansancio crónico puede ser, a su vez, reflejo del estrés que por sí mismo también tiene un efecto negativo en la producción vocal.

Los problemas psicológicos que conducen a una situación de tensión emocional descontrolan la emisión vocal, por lo que será misión nuestra tratar de desentrañar situaciones afectivas que produzcan alteraciones de la voz. Estas situaciones debemos sospecharlas cuando a la disfonía se asocie una prosodia monótona y un tono vocal especialmente grave; junto a los síntomas vocales encontraremos síntomas de estrés como cefalea, dolor cervical, insomnio, pérdida de memoria...

Entre los medicamentos que tienen efectos sobre la voz podemos considerar los siguientes:

- *Antihistamínicos*. Su efecto, produciendo sequedad, disminuye la lubricación de las cuer-

das vocales, con lo que aumenta la irritación mucosa y se produce tos. Los antihistamínicos hay que usarlos con cuidado en los profesionales de la voz, especialmente en los cantantes.

- *Diuréticos*. Los suelen tomar las cantantes en los días premenstruales. Cuando la medicación no la prescribe el ginecólogo puede producirse un exceso de deplección acuosa con deshidratación y sequedad de la mucosa laríngea.

Intervenciones quirúrgicas

En nuestra anamnesis debemos descartar que la disfonía se haya producido por una intervención quirúrgica. Si la intervención ha sido sobre la glotis deberemos sospechar la existencia de una lesión iatrogénica, aunque hasta que hayan pasado tres semanas no se recupera completamente la vibración mucosa. También puede ocurrir que la disfonía se haya producido por la intubación.

Los casos en donde la intervención quirúrgica se puede relacionar con claridad a la disfonía es en las intervenciones quirúrgicas cervicales, especialmente en las tiroidectomías, bien por afectación de los músculos prelaríngeos o por lesión de los nervios recurrente o laríngeo superior. La lesión del recurrente es muy evidente y fácilmente reconocible, mientras que la de la rama externa del laríngeo superior es mucho más sutil, con leve asimetría laríngea, un cierto arqueamiento glótico e incapacidad para alcanzar notas agudas.

La cirugía abdominal interfiere durante bastante tiempo con la emisión vocal porque se pierde la capacidad de apoyar el aire. Finalmente, una intervención que preocupa a los cantantes es la amigdalectomía porque se tardan bastantes meses en alcanzar las resonancias previas a la cirugía, e incluso puede que la voz se oscurezca algo porque desciende el segundo formante.

BIBLIOGRAFÍA

- ARONSON, A. E.: *Clinical voice disorders. An interdisciplinary approach*. Nueva York: Thieme Inc., 1985.
 BOONE, D.: *Is your voice telling on you?* San Diego, CA: Singular Publishing Books, 1991.
 KOUFMAN, J. A., y BLALOCK, P. D.: «Vocal fatigue and dysphonia in the professional voice user: Bogart-Bacall syndrome». *Laryngoscope*, 1988; 98: 493-499.
 MOORE, G. P.: *Organic voice disorders*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1971.

LECTURAS RECOMENDADAS

- FAWCUS, M.: *Voice disorders and their management*. Londres: Chapman & Hall, 1991.
 MORRISON, M.: *Tratamiento de los trastornos de la voz*. Barcelona: Masson, 1996.
 SATALOFF, R. T.: *The science and art of clinical care*. Nueva York: Raven Press, 1991.

HISTORIA IMPRESA

Vamos a dar dos modelos de historia clínica vocal: el primero corresponde a una forma reducida y el segundo a una forma extensa. Sugerimos que la forma extensa se utilice con profesionales de la voz. En cualquier caso estos modelos deben ser orientativos tanto para el médico como para el enfermo. Cada médico, dependiendo de su dedicación a la voz y a sus posibilidades diagnósticas instrumentales, puede modificar la historia para adaptarla a su propia circunstancia; a los enfermos debemos sugerirles, sobre todo en la forma extensa, que rellenen la historia relajadamente, que no es un examen, sino un guión que vamos a repasar juntos para que no se nos olvide nada.

FORMA REDUCIDA (Hospital Victoria. Glasgow)

Factores
psicógenosMal uso/
abuso vocalLesión
orgánica

Ronquera:

Normal Moderada Excesiva

Valoración de la voz

Nombre

..... Fecha

Número de historia Edad

Profesión

Historia clínica (comienzo y duración):

— Comienzo:

Gradual Tras un hecho específico

Brusco, sin motivo

— Duración:

• En el tiempo:

Siempre presente Aumenta

Intermitente Disminuye

• En la visita:

Siempre presente Aumenta

Intermitente Disminuye

Descripción de la voz

Tono:

Normal Agudo Grave

Inestable

Extensión vocal:

Normal Disminuida

Volumen vocal:

Normal Mucho volumen

Poco volumen

Tensión vocal (dureza):

Normal Moderada Excesiva

Aire en la voz:

Normal Moderada Excesivo

Nasalidad:

Normal Hiponasal Hipernasal

Tipo de disfonía (predominancia):

Tensión Ronquera Aérea

Severidad de la disfonía:

Leve Moderada Severa

Muy severa

Producción vocal

Ataque glótico:

Normal Suave Algo duro

Muy duro

Tiempo de fonación para la /a/:

8-16 seg. 0-8 seg. +16 seg.

Soporte del aire:

Normal Inadecuado

Respiración:

Abdominal Costal baja

Costal alta

Entorno:

Normal Ruidoso Silencioso

Descripción de la laringe

Articulación vocal

Enfermedades y operaciones

Medicación habitual

Personalidad

FORMA EXTENSA (basada en ROBERT T. SATALOFF, MD)

Nombre

Fecha N.º historia

Edad Profesión

1.

- ¿Cuánto tiempo hace que tiene el problema por el que consulta?
- ¿Quién se dio cuenta del problema?
- ¿Sabe usted a qué se debe?
- ¿Los síntomas empezaron de repente o poco a poco?
- Ahora está: igual, mejor o peor.

2.

¿Qué síntomas presenta:

- Ronquera.
- Fatiga vocal (cansancio o cambio del timbre vocal).
- Cambios en el volumen de la voz.
- Pérdida de la extensión vocal.
- Calentamiento vocal excesivo.
- Voz muy aérea.
- Sensación de picor al hablar o cantar.
- Dolor de garganta al hablar o cantar.
- Otros

3.

¿Ha recibido clases para mejorar la voz hablada o para cantar?

- No.
- Sí.
- Voz hablada.
- Canto.

4.

Marque lo que le ocurre a usted:

- Muy mala voz por la mañana.
- Muy mala voz a lo largo del día, después de haberla usado.
- Habla continuamente (profesor, vendedor, telefonista...).
- Necesita aclarar continuamente la garganta.
- Frecuentes molestias de garganta.
- Siente sabor amargo y ácido o mal aliento por las mañanas.
- Acidez gástrica frecuente o hernia de hiato diagnosticada.
- Grita o habla muy fuerte.

..... Frecuentemente habla susurrando.

..... Cansancio crónico (insomnio).

..... Hace ejercicio físico violento.

..... Sequedad de mucosa en boca y faringe.

..... Ronquera por la mañana.

..... Tos irritativa de garganta.

..... Se va a la cama en seguida después de cenar.

..... Toma antiácidos.

..... Siente tensión nerviosa personal o profesional.

..... Mal aliento con frecuencia.

..... Vive o trabaja en ambiente con humo de tabaco o ambiente cargado.

..... Viaja con frecuencia.

5.

- ¿Ha tenido algún catarro reciente?
- ¿Ha sido diagnosticado por un médico de alergia? ¿A qué ha resultado alérgico?
- ¿Fuma? ¿Cuánto fuma?
- ¿Cuántos años lleva fumando?
- ¿Acostumbra a beber? ¿Cuánto?
- ¿Bebe café o toma sustancias estimulantes?

6.

¿Ha observado en usted alguno de los siguientes cambios?:

- Hipersensibilidad al calor o al frío.
- Transpiración excesiva.
- Variaciones en el peso: Ganancia kg.
- Pérdida kg. En meses.
- Cambios en la piel o el pelo.
- Palpitaciones de corazón.
- Cambios del estado emocional.
- Entumecimiento o insensibilidad en la cara o las extremidades.
- Picor alrededor de la boca o la cara.
- Visión borrosa o pérdida de visión.
- Parálisis facial.
- Pesadez en brazos o piernas.
- Pérdida de conocimiento.
- Dificultad para hablar o tragar.
- Ataque epiléptico.
- Dolor en el cuello y los hombros.
- Espasmos o temblores.

- Pérdida de memoria.
- Cambio de personalidad.

Para el sexo femenino:

- ¿Está embarazada? Sí No
- ¿Le han extirpado el útero? Sí No
- ¿Le han extirpado los ovarios? Sí No
- ¿Tiene los períodos de forma regular? Sí No
- ¿A qué edad tuvo el primer período?
- Si ha dejado de tener los períodos, diga hace cuántos años
- ¿Toma hormonas para contrarrestar la falta del período? Sí No
- ¿Toma pastillas para regular la natalidad? Sí No

7.

Resumen de los problemas otorrinolaringológicos:

- Pérdida de audición.
- Ruidos en el oído.
- Vértigos.
- Parálisis facial.
- Obstrucción nasal.
- Deformidad nasal.
- Dolor en la boca.
- Problemas para tragar.
- Dolor en la mandíbula.
- Problemas oculares.
- Dolor de oídos.
- Dolor en la cara.
- Rigidez o dolor de cuello.

8.

Otros problemas médicos:

- Diabetes.
- Problemas de tiroides.
- Hipertensión arterial.
- Anginas de pechos o infartos.
- Glaucoma.
- Convulsiones.
- Cefaleas.
- Úlcera gastroduodenal.
- Enfermedades renales.
- Asma.
- Artrosis u otros problemas osteoarticulares.
- Tumores.
- Hepatitis.

..... Enfermedades familiares. ¿Cuáles?

..... ¿Está tomando alguna medicación actualmente?
¿Cuál y en qué dosis?

..... Alérgico a: penicilina, sulfamida, tetraciclina, eritromicina, cefalosporinas, novocaina, yodo, codeína, aspirina, esparadrapo o

..... Operaciones: amigdalectomía, adenoidectomía, septoplastia, rinoplastia o

9. En casos de cantantes:

— ¿Qué tipo de música cantada hace usted? Rock
Ligera Flamenco Comedia musical Zarzuela Opera.....

— ¿Tiene algún compromiso profesional importante próximamente? No Sí Cuando

— ¿Ha estudiado canto? No Sí Especifique

— ¿Tiene profesor de canto? Especifique

— ¿Además de cantar hace algún otro trabajo? No
Sí Especifique

— ¿Desea dedicarse exclusivamente al canto como forma de ganarse la vida? Sí No

— ¿Cuánto tiempo diario le dedica al estudio del canto?

— ¿Cuánto tiempo canta en cada actuación?

— ¿Cada cuántos días está cantando actualmente?

— ¿Qué problema técnico vocal le preocupa actualmente?: Problemas al cantar a poco volumen, problemas a cantar a plena voz, cambios en el timbre vocal, problemas en el apoyo del aire, problemas al cambiar el registro. Otros

— ¿Cuál es la molestia que más le preocupa actualmente?: Ronquera, aire en la voz, fatiga vocal, imposibilidad para alcanzar las notas altas de su rango vocal, se le quiebra la voz en algún punto determinado, dolor de garganta al cantar.

— ¿Ha tenido previamente alguno de los diagnósticos laringeos siguientes?: Laringitis, nódulos, pólipos, hemorragias en las cuerdas. Otros

Tiempo de fonación. Índice s/z. Volúmenes. Escalas

I. COBETA MARCO y A. MATE BAYON

La exploración vocal comienza en el momento en que oímos la voz del paciente. El tipo de voz y la longitud de las frases entre cada inspiración (fiato) nos dan una primera idea de la lesión.

La secuencia elemental de la exploración de la voz es: oír, medir y ver. Sobre los tipos de voz ya hemos hablado en otro capítulo. Para medir los tiempos que el paciente es capaz de mantener la fonación durante una o varias inspiraciones lo único que necesitamos es un reloj con segundero. Tendremos que valorar los tiempos de fonación para unos sonidos y valorar los tiempos relativos al comparar unos sonidos con otros y sacar conclusiones.

El tiempo que una persona es capaz de mantener un sonido vocal nos da cierta información sobre:

- Control de la función respiratoria.
- Eficiencia glótica.
- Control laríngeo.

Cuando la función respiratoria no es normal la cantidad de aire que se emplea para mantener la fonación está disminuida o la fuerza que ejerce sobre la laringe es menor. Si el problema está situado en la glotis la eficiencia glótica estará disminuida porque el aire se pierda al haber un defecto de cierre (aire vocal no productivo) o porque la fuerza de las hemilaringes al cerrarse esté aumentada y el aire se pierda explosivamente al abrir la glotis. El control motor laríngeo, generalmente alterado en enfermedades neurológicas que cursan con alteraciones del habla, produce una fuerza armónica de cierre que determina la mayor eficiencia glótica.

TIEMPO MAXIMO DE FONACION

Se define el tiempo máximo de fonación (TMF) como el mayor tiempo que se sea capaz de mantener un sonido vocal, generalmente la /a/. El paciente debe emitir la vocal a un tono y una intensidad cómodos. Es difícil transmitir el concepto de comodidad vocal, pero se refiere a que el paciente debe emitir a su frecuencia fundamental, es decir, sin poner la voz grave ni aguda, procurando no hacer ningún gesto laríngeo que aumente el esfuerzo re-

querido. La intensidad cómoda se refiere a un volumen de la voz que sea escuchado, sin sensación de esfuerzo, por un explorador situado a 1-2 metros de distancia en un entorno silencioso; en estas condiciones la emisión se suele hacer entre 45-55 dB.

Al paciente se le pide que emita la /a/ tanto tiempo como sea capaz, después de haber hecho una inspiración profunda, a un tono y una intensidad cómodos. Se mide la duración en segundos. Es recomendable realizar la prueba dos-tres veces y tomar el tiempo mayor. También es conveniente que no se lleven prendas muy ceñidas y que la prueba se realice de pie; si se está sentado el tronco debe estar bien erguido.

Los valores normales varían en función del sexo y la edad. Según HIRANO (1981) los varones tienen un TMF medio de veinticinco-treinta y cinco segundos y las mujeres de quince-veinticinco segundos. Clínicamente unos valores del TMF /a/ por debajo de diez segundos se deben considerar patológicos. Las variaciones según la edad han sido estudiadas por diversos autores; KENT (1987) divide la muestra en niños pequeños (tres-cuatro años), niños mayores (cinco-doce años), adultos (trece-sesenta y cinco años) y personas mayores (sesenta y cinco años en adelante) tanto en sexo masculino como femenino. El resumen de los resultados se muestra en la tabla I.

TABLA I: TMF (EN SEGUNDOS) SEGUN SEXO Y EDAD. KENT (1987)

<i>Edad</i>	<i>Media</i>	<i>Des. est.</i>
Sexo masculino		
— Niños pequeños	8,9	2,1
— Niños mayores	17,7	4,1
— Adultos	25,9	7,4
— Personas mayores	14,7	6,2
Sexo femenino		
— Niñas pequeñas	7,5	1,8
— Niñas mayores	14,9	3,8
— Adultas	21,3	5,6
— Personas mayores	13,5	5,7

Es lógico pensar que la capacidad para mantener la fonación se desarrolle e incremente con la edad desde la infancia hasta el estado adulto debido al crecimiento del cuerpo y a la capacidad pulmonar. Entre los sexos las diferencias son significativas a partir de la pubertad. En las personas mayores de sesenta y cinco años existe una disminución global de la capacidad pulmonar, así como una pérdida de la eficiencia glótica, lo que conlleva a una disminución del TMF.

La mayoría de las disfonías tienen una disminución del TMF, especialmente aquellas que están producidas por una incompetencia del cierre glótico. Cuando el paciente emite un sonido vocal las variaciones del tiempo de emisión vienen determinadas por la capacidad pulmonar, la intensidad del sonido y la eficiencia glótica. Si sabemos, porque se los hemos preguntado, que el paciente no tiene patología pulmonar y, por tanto, su capacidad pulmonar es normal, si controlamos psicoacústicamente (con nuestro oído) que el volumen de emisión no es exagerado, las disminuciones del TMF deberemos achacarlas, en principio, a una pérdida de la eficiencia glótica. Cuando alguna lesión impide el cierre de las cuerdas (masa, atrofia o rigidez) parte del aire se escapa sin producir vibración. Dicho aire crea turbulencias no armónicas que generan la disfonía. De esta forma podemos asociar disfonía a disminución del TMF (tabla II).

La excepción a esta regla se produce en ciertos tipos de disfonía por hiperfonación cuando el flujo aéreo es bajo y el paciente es capaz de producir habitualmente tiempos de fonación excesivamente largos (FAWCUS, 1991).

INDICE s/z

El índice s/z también se le conoce como índice o cociente fonorrespiratorio y como índice s/a. Parti-

cularmente a nosotros nos gusta llamarle índice s/a porque es realmente lo que hacemos en los idiomas latinos. La denominación de cociente fonorrespiratorio es algo engañosa porque cambia en el orden del enunciado el numerador por el denominador; en realidad tendría que ser cociente respirofonatorio, que ya es complicar mucho las cosas.

El índice s/a es el cociente entre el TMF para la /s/ y el TMF para la /a/. El TMF /s/ se halla pidiéndole al paciente que diga la letra /s/ todo el tiempo que pueda después de una inspiración profunda. La /s/ se dice haciendo pasar el aire entre los dientes anteriores (arcadas dentales separadas 2-3 mm.) y modulándolo con la punta de la lengua. La intensidad debe ser baja y el control de la espiración máximo. De esta forma tratamos de conseguir un TMF /s/ mayor o igual que el TMF /a/.

El índice s/a tiene como finalidad relacionar las funciones pulmonar y laríngea. Un TMF /a/ corto puede tener un sentido engañoso, pues puede significar tanto una capacidad pulmonar pobre como una incompetencia glótica. En 1977, BOONE introdujo el índice s/z sugiriendo que los individuos normales deberían ser capaces de mantener la vocalización (/z/ o en nuestro caso la /a/) durante un período de tiempo igual o ligeramente menor al mantenido durante la espiración controlada sin vocalización (/s/). Este cociente debería ser de aproximadamente 1. En nuestra experiencia es de 1 o ligeramente mayor con la /a/.

El razonamiento de la prueba índice en que si el sistema respiratorio está afectado y la laringe es normal debería haber una reducción semejante en el tiempo del aire espirado sin fonación (/s/) que con fonación (/a/), lo que nos seguiría dando un índice de 1 aproximadamente. Sin embargo, en el caso de estar reducida la eficiencia glótica se pierde aire (aire no productivo vocal), con la consiguiente disminución de la capacidad para mantener la fonación, pero sin disminuir la duración de la espiración (/s/, que es el numerador del índice). Si el numerador permanece igual y el denominador disminuye (/a/) obtendremos unos índices anormalmente altos. En nuestra experiencia el límite de la normalidad se encuentra en 1,5.

Esta prueba es sencilla de realizar y tiene utilidad, pero debemos ser cautos tanto en la realización como en la interpretación. Al hacer la prueba debemos enseñarle al paciente que controle muy bien el sonido /s/ para que dure el mayor tiempo posible; para ello se debe repetir la prueba dos-tres veces animándole a que lo haga más duradero. Los resultados inferiores a 1 no tienen una clara significación patológica y son más bien defectos de realización de la prueba. Los valores mayores de 1,5 se relacionan con defectos de cierre por incompetencia glótica o por lesiones del borde libre que impiden el cierre.

TABLA II: TMF (EN SEGUNDOS) EN DIVERSAS PATOLOGÍAS. SHIGEMORI (1977)

Patología	Número	TMF ≤ 10 seg.	Rango
Parálisis laríngea unilateral ...	113	73 (65%)	1,9-42,0
Parálisis laríngea bilateral	9	5 (56%)	2,4-20,0
Sulcus vocalis	26	8 (29%)	3,8-42,0
Laringitis	59	10 (17%)	4,0-38,0
Nódulo/pólipo	182	44 (24%)	1,7-48,8
Edema vocal	36	11 (31%)	4,0-38,8
Tumor benigno	28	5 (23%)	7,0-39,6
Hiperplasia epitelial	14	0	10,2-49,2
Carcinoma	34	6 (18%)	5,4-41,8

El índice s/a se debe hacer siempre, aunque sabiendo que el diagnóstico de una lesión glótica no debe hacerse sólo en base a esta prueba. Tiene también mucha utilidad para llamar la atención del clínico sobre una lesión que ocupa el espacio glótico. A nosotros nos ha sido útil para valorar la recuperación tras una fonocirugía.

VOLUMENES

El volumen de la voz se relaciona psicoacústicamente con la intensidad y viene determinado por la energía que el paciente es capaz de desarrollar en la producción vocal. Como hemos visto en la fisiología vocal, la intensidad varía en función de la presión subglótica, de la fuerza y precisión del cierre glótico y de la afinación del tracto vocal. Sin duda, el elemento más importante para aumentar el volumen vocal es la presión subglótica. SUNDBERG (1987) determinó que aumentando al doble la presión subglótica se aumentaba en 10 dBs (SPL) el volumen de emisión vocal. El aumento de presión subglótica no resultaría eficaz si no se produjese un aumento de la tensión entre las hemilaringes para contener dicho aumento de presión o no existiese una precisa capacidad laríngea para cerrar y abrir la glotis en cada ciclo vocal. La afinación del tracto vocal es un mecanismo, en cierta forma intuitivo, muy desarrollado en los cantantes, que permite el rendimiento máximo de la energía fonatoria.

Para medir el volumen lo primero que tenemos que hacer es perder el pudor a que se escuchen voces y gritos exploratorios en nuestros Servicios de Otorrinolaringología. El método más sencillo es pedirle al paciente que empiece a contar números a un volumen normal y que vaya aumentando el volumen según avanza en la cuenta hasta terminar gritando y que luego empiece a bajar el volumen.

Otro método más rápido es pedirle al paciente que emita una vocal, por lo general la /a/, desde la intensidad más baja a la que sea capaz hasta la más alta y luego descender. El sonido parecerá una sirena. Esta subida y bajada en intensidad se llama *filado*. Por lo general existe una tendencia natural a aumentar el tono (voz más aguda) cuando aumentamos el volumen. Esto se debe a dos mecanismos: por un lado, al aumentar la presión subglótica se hacen más delgadas las cuerdas vocales y la nota es más aguda, y por otro, con notas agudas se consigue más energía. Trataremos de pedirle al paciente que alcance el grito en una zona alrededor de la frecuencia fundamental (Fo).

Para valorar el volumen vocal de forma rápida nos valdremos de la experiencia ganada en diversas valoraciones instrumentales anteriores (fonetogramas hechos) o ayudándonos al principio con un instrumento muy útil llamado sonómetro, que mide presiones acústicas y las determina en dBs (SPL). La mínima intensidad a la que se emite la voz (que no sea cuchicheada) es de 35 dB y la máxima en personas sanas y entrenadas es de 90-105 dBs. El sonómetro hay que colocarlo a 20 cm. de distancia de la boca. El rango dinámico más amplio (amplitud en dBs SPL entre los sonidos a menor y mayor volumen) se obtiene en la Fo, correspondiendo un promedio de 55 dB para los varones y 50 dBs para las mujeres.

Los volúmenes tienen importancia clínica para la «localización» fisiológica del problema vocal (respiratorio, laríngeo, articulatorio o neurológico) para la identificación de formas de abuso vocal y para valorar la marcha de las terapéuticas vocales.

ESCALAS

Parte de lo que vamos a decir en este apartado lo desarrollaremos en el correspondiente al fonetogra-

TABLA III: RELACION ENTRE NOTAS Y FRECUENCIAS SEGUN LAS OCTAVAS

Octava	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Do	32,7	65,4	130,8	262	523	1.046	2.093	4.186	8.372
Do#	34,6	69,3	138,6	277	554	1.109	2.217	4.435	8.870
Re	36,7	73,4	146,8	294	588	1.175	2.349	4.699	9.397
Re#	38,9	77,8	155,6	311	622	1.244	2.489	4.978	9.956
Mi	41,2	82,4	164,8	330	659	1.318	2.637	5.274	10.546
Fa	43,6	87,3	174,6	349	698	1.397	2.793	5.588	11.175
Fa#	46,2	92,5	185,0	370	740	1.480	2.960	5.920	11.840
Sol	49,0	98,0	196,0	392	784	1.568	3.136	6.272	12.544
Sol#	51,9	103,8	207,6	415	831	1.661	3.322	6.645	13.290
La	55,0	110,0	220,0	440	880	1.760	3.520	7.040	14.080
La#	58,3	116,5	233,0	466	932	1.865	3.729	7.459	14.917
Si	61,7	123,5	246,9	494	988	1.976	3.951	7.902	15.804

ma. Poco a poco el otorrinolaringólogo interesado en los problemas de la voz debe ir ganando capacidad para analizar las frecuencias, relacionándolas con notas musicales. Las notas musicales son siete (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si) con cinco sostenidos (Do#, Re#, Fa#, Sol#, La#) que dan un total de 12 semitonos por octava. A cada uno de los semitonos en cada una de las escalas le corresponde una frecuencia determinada (tabla III).

Para hacer una escala tendremos que empezar pidiéndole al paciente que emita una vocal, generalmente la /a/ a su frecuencia fundamental (Fo), que conseguiremos haciéndole prolongar la vocal /a/ tras pronunciar una palabra que termine por esa letra, como, por ejemplo, casaaaaaaaa. A partir de ese tono el paciente deberá ascender en la escala musical hasta conseguir la nota más aguda que sea capaz. Una vez conseguida volveremos a la Fo y desde allí hasta abajo, hasta alcanzar la nota más grave. Una vez que el paciente tenga conciencia de las notas extremas de su rango vocal (nota más grave y más aguda) le pediremos que emita toda la escala continuadamente desde la grave a la aguda y luego al revés. Este «caminar vocal» por toda la escala recibe el nombre de *glisando*. El glisando hay que tratar de hacerlo al mismo volumen en todo el recorrido, pero es difícil de conseguir porque existe una tendencia natural a aumentar el volumen cuando se asciende en la escala hacia los agudos. El glisando puede ser ascendente o descendente.

El glisando tiene el valor clínico, además de mostrarnos el rango vocal, de señalarnos el lugar de la escala donde aparece una disfonía. Esto se interpreta como que al subir en la escala vocal la tensión anteroposterior de elongación de las cuerdas hace que una lesión en el borde libre de una o las dos cuerdas rocen, inmovilizando dicha vibración.

Para saber qué notas ha alcanzado el paciente podemos ayudarnos de un pequeño teclado o de un identificador de tonos en cualquiera de sus variedades, desde un afinador de pianos al analizador del estroboscopio.

Como valores extremos los varones con voces entrenadas pueden alcanzar entre 85-440 Hz y las mujeres entre 140-880 Hz. La tabla III es muy útil para convertir los intervalos de frecuencia en intervalos de semitonos. La extensión de la voz o rango vocal también se puede expresar en semitonos. La extensión vocal tanto para los hombres como para las mujeres vocalmente no entrenados es de unos 24 semitonos (dos octavas).

Para averiguar en número de semitonos que hay entre las frecuencias extremas de una voz podemos aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Número de semitonos} = 39,86 \times \log (\text{frecuencia más aguda/frecuencia más grave})$$

BIBLIOGRAFIA

- HIRANO, M.: *Clinical examination of voice*. Viena: Springer-Verlag, 1981.
- KENT, R. D.; KENT, J., y ROSENBEK, J.: «Maximum performance tests of speech production». *J. Speech Hear Res.*, 1987; 52: 367-387.
- SHIGEMORI, Y.: «Some tests related to the air usage during phonation. Clinical investigations». *Otología (Fukuoka)*, 23: 1977; 138-166.
- FOWCUS, M.: *Voice disorders and their management*. Londres: Chapman & Hall, 1991.
- BOONE, D. R.: *The voice and voice therapy*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1977.
- SUNDERG, J.: *The science of the singing voice*. Dekalb, Ill.: Northern Illinois University Press, 1987.

Fonetograma

J. GAMBOA MUTUBERRIA, C. MARTIN ROIGE y A. DEL PALACIO MUÑOZ

Al analizar un sonido podemos considerar tres dimensiones. La primera dimensión es el tiempo; el lenguaje hablado está basado en un código, en el que los cambios temporales juegan un papel fundamental y los equipos que actualmente se utilizan para el análisis de voz realizan medidas de perturbación de frecuencia o intensidad comparando mediciones obtenidas de cada ciclo vocal. El fonetograma se realiza a partir de la emisión de sonidos vocales sostenidos, y precisamente validamos la medida cuando el sonido se mantiene sin cambios de intensidad y frecuencia fundamental (F_0) al menos durante dos segundos siguiendo las reglas para la normalización del fonetograma de la Unión Europea de Foniatría (UEP) (SHUTTE, 1983). Las otras dos dimensiones del sonido son la intensidad y la frecuencia.

La voz humana es el resultado de la transmisión en el medio aéreo de un movimiento vibratorio que produce compresión y rarefacción. La energía sonora que emitimos tiene múltiples componentes frecuenciales. Cuando un sonido tiene su energía distribuida de manera aleatoria a lo largo de un espectro de frecuencias le llamamos ruido. Los sonidos vocales tienen componentes frecuenciales discretos, el menor de los cuales es denominado F_0 y corresponde a la frecuencia con que vibran las cuerdas vocales, los demás componentes frecuenciales son múltiplos enteros de esta F_0 y se llaman armónicos.

El fonetograma es la representación gráfica de la capacidad fonatoria de la laringe (DAMSTE, 1970). La fonetometría supone la medición del volumen o nivel de presión sonora (NPS) en decibelios A (dB A), tanto máximo como mínimo, al que puede una persona emitir y mantener durante al menos dos segundos un tono determinado (GRAMMING, 1988). La percepción del tono se corresponde en general con la medida de la F_0 . Esta medida se realiza en todo el espectro de notas que el explorado es capaz de emitir, desde la más grave a la más aguda, pronunciando siempre una misma vocal que puede ser la /a/, la /u/ o la /i/. Estos dos parámetros, intensidad y frecuencia, son medidas objetivas y cuantificables que pueden tratarse estadísticamente, lo que permite un análisis cuantitativo de la voz que complementa los tradicionales adjetivos, que solemos aplicar a la voz disfónica (GAMBOA, 1994).

La información (fig. 1) se anota sobre un diagrama cartesiano en cuyo eje de abscisas (x) se reconocen frecuencias desde 32,7 a 2.096 Hz, con sus correspondientes notas musicales equivalentes, comprendiendo un total de seis octavas divididas en 72 semitonos (ST). En el eje de ordenadas (y) se representan los NPS desde 40 hasta 120 dB (A). En la figura 2 se representa el teclado del piano con sus notas y frecuencias correspondientes. Vemos que por cada siete teclas blancas (Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si) existen cinco negras (Do sostenido, Re sostenido, Fa sostenido, Sol sostenido y La sostenido). Las notas Mi y Si carecen de sus correspondientes sostenidos. Llamamos octava al conjunto de estas siete notas con sus cinco sostenidos, lo que equivale a un total de 12 semitonos. La escala musical se repite varias veces a lo largo del teclado, y si consideramos las siete notas musicales del Do al Si apreciamos que la «octava» tecla hacia la derecha a partir de cualquier punto del mismo corresponde a la misma nota musical, pero más aguda. Los valores de F_0 que corresponden a cada nota musical presentan una curiosa relación, y es que la frecuencia fundamental de cualquier nota es el doble que la F_0 de esa nota en la octava que le precede (a la izquierda en el teclado) y, por tanto, su valor es la mitad

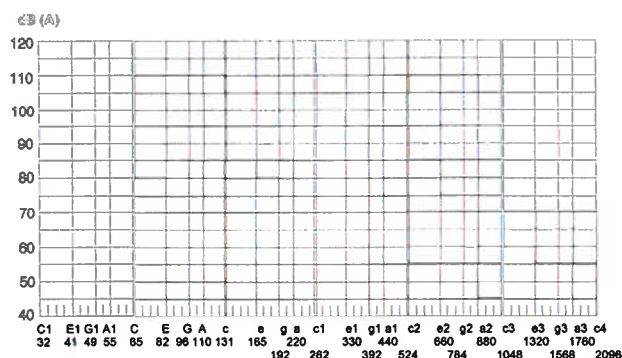


FIG. 1.—Diagrama cartesiano para la realización del fonetograma. En abscisas están señalados los valores de las frecuencias desde 32,7 a 2.096 Hz con sus correspondientes notas musicales equivalentes —notación Helmholtz—. El rango de frecuencias que pueden explorarse comprende seis octavas divididas en 72 semitonos. Están expresamente señaladas las notas C (Do), E (Mi), G (Sol) y A (La) de cada octava. En el eje de ordenadas se representan los niveles de presión sonora desde 40 hasta 120 dB (A). Tomado de SHUTTE, H. K., y SEIDNER, W. (1983).

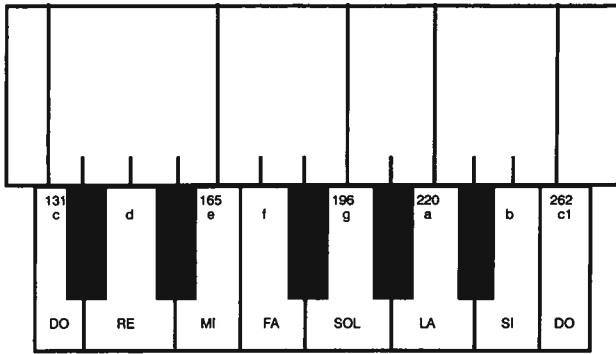


FIG. 2.—Teclado del piano que muestra la correspondencia entre notas musicales y frecuencias fundamentales equivalentes.

que la F_0 de la misma nota en la octava siguiente (a la derecha en el teclado).

Al realizar el fonetograma obtenemos una gráfica con dos perfiles (al fonetograma también se le llama perfil vocal), uno superior, de NPS máximos, y otro inferior, de NPS mínimos, a lo largo del espectro de frecuencias que es capaz de emitir la persona explorada. Uniendo ambos perfiles obtenemos el campo vocal (CV), que es la expresión en dos dimensiones del potencial fonatorio de la laringe. El límite izquierdo del campo vocal es la frecuencia fundamental del sonido más grave que el explorado puede entonar y el límite derecho corresponde al sonido más agudo.

El fonetograma correctamente realizado permite (DAMSTE, 1987; DEJONCKERE, 1980; GAMMING, 1988):

- Comprobar la existencia de un CV normal en sujetos sanos.
- Corroborar la existencia de anomalías en el CV de pacientes con disfonía no orgánica (funcional).
- Determinar la severidad de la disfonía en pacientes con patología vocal orgánica.
- Demostrar la mejoría de la disfonía tras el tratamiento foniátrico, médico o quirúrgico.
- Valorar el papel del entrenamiento en el aumento del CV.
- Analizar el potencial vocal de cantantes y profesionales de la voz para adscribirlos a la cuerda que les corresponde y comprender sus posibilidades y limitaciones.
- Seguir los cambios del CV con la evolución de la persona: niñez, pubertad, climaterio, embarazo, etc.

EQUIPOS Y EXPLORADORES

Aunque para realizar el fonetograma puede ser suficiente contar con un teclado y un sonómetro, nosotros utilizamos el equipo desarrollado en el

Hospital Universitario de Gröningen (Holanda), que incluye un ordenador personal Atari 1040ST, que es especialmente silencioso, provisto de ratón y monitor B/N, al que se incorpora un micrófono omnidireccional Monacor DM 1200, que se conecta a un transductor convertidor manufacturado en aquel hospital. En el ordenador instalamos el programa del fonetómetro FST-II de J. M. van Dijk. El programa controla la emisión de la nota musical que el explorado debe entonar y la medición de la intensidad del sonido por él emitido aparece en pantalla, gráfica y numéricamente, de manera que el explorador señala los valores moviendo el ratón y presionando sus botones. Además se pueden archivar los fonetogramas realizados en disco de 3,5". También usamos el identificador de frecuencias Chromatina 326, que nos señala la nota y la octava que emite la persona explorada en cada fonación.

Se necesita una habitación con ruido ambiente inferior a los 40 dB (A), que es el máximo señalado por la UEP. Además el sujeto en estudio debe estar sentado y mantener con comodidad una distancia de 30 cm. respecto al micrófono. La realización del fonetograma es más fácil si el explorador está familiarizado con la notación musical Helmholtz y posee oído musical para apreciar la correcta sintonía de la voz estudiada con el tono guía que presenta el ordenador, si bien el identificador de frecuencias que completa el equipo ayuda y entrena en esta tarea.

PROCEDIMIENTO

El fonetograma puede realizarse en personas con y sin disfonía. Tras una breve conversación en la que explicamos en qué consiste la prueba se pide al sujeto explorado que pronuncie, en nuestro caso, la vocal /a/ de forma espontánea y natural, es decir, a intensidad media sin gudar ni bajar su tono. Así identificamos la F_0 laríngea natural. Si contamos con oído musical podemos buscar en el ordenador o en un teclado la nota que coincide con la emitida por el sujeto. En cualquier caso, el identificador de frecuencias nos ofrece esta medida con objetividad. Se le pide a continuación que emita ese tono a la mínima intensidad posible; este valor de intensidad se da por válido cuando se mantiene al menos dos segundos y se marca en el gráfico mediante el ratón. Después se repite la medida a la máxima intensidad que el sujeto es capaz de emitir, manteniendo ese tono. Se continúa presentando tonos progresivamente más graves hasta llegar a la frecuencia más grave que sea capaz de fonar (F mín.), señalando siempre la intensidad mínima y máxima que se mantiene al menos dos segundos en cada tono estudiado.

Para acortar la exploración se presentan cuatro tonos de cada octava (Do, Mi, Sol y La) y sólo en el

extremo vamos avanzando de semitono en semitono hasta la frecuencia límite en graves. Después le hacemos entonar su F_o laríngea natural y vamos presentando tonos progresivamente más agudos, siguiendo la mecánica descrita hasta alcanzar la frecuencia máxima ($F_{m\acute{a}x}$) que el explorado es capaz de producir. Con este procedimiento se consigue completar la exploración incluso en aquellas personas con pobre oído musical, ocasionándoles menos fatiga.

En general se necesitan unos treinta minutos para realizar la prueba, pero si la persona explorada tiene buen oído, fona correctamente el tono guía y emite a la máxima intensidad sin agudizar el tono, controlando la tendencia fisiológica a aumentar la frecuencia cuando se aumenta la intensidad, se emplea menos tiempo.

Actualmente existen programas para la realización del denominado fonetograma automático. Obtenemos así un fonetograma algo menos preciso que el obtenido mediante el método anteriormente expuesto, pero en apenas un minuto. El explorado debe fonar a la intensidad más baja posible un *glisando* desde las frecuencias más graves a las más agudas y repetir el procedimiento a la intensidad más alta posible, el algoritmo del programa mide la señal obtenida, aunque con cierta inexactitud, ya que el proceso se realiza en muy poco tiempo. En cualquier caso esta semicuantificación servirá de referencia para evaluar la evolución o respuesta al tratamiento de la persona explorada.

MEDIDAS FONETOMETRICAS

En todos los pacientes se determina la F_o laríngea natural, la $F_{m\acute{i}n.}$ y la $F_{m\acute{a}x.}$ El rango vocal o fonatorio (RV) se define como la diferencia expresada en semitonos, entre la $F_{m\acute{i}n.}$ y la $F_{m\acute{a}x.}$ El rango dinámico (RD) se define como la diferencia en dB entre las intensidades mínima y máxima en cada frecuencia. El campo vocal (CV) es el área comprendida entre los dos perfiles de presión sonora máxima y mínima del fonetograma y se expresa en dB por semitono (NIETO, 1988) (fig. 3).

VALORES NORMALES Y PATOLOGICOS

De todos los parámetros evaluables ($F_{m\acute{i}n.}$, $F_{m\acute{a}x.}$, F_o , RD, RV y CV) el más útil es el CV, ya que resume los demás. Además, el fonetograma es una representación gráfica que puede valorarse de un vistazo con alto grado de aproximación a los valores calculados aritméticamente.

El RV en los adultos sanos alcanza e incluso supera los 36 ST, es decir, tres octavas (BAKEN, 1987; HOLLIENI, 1971; COLTON, 1972). El grado de entre-

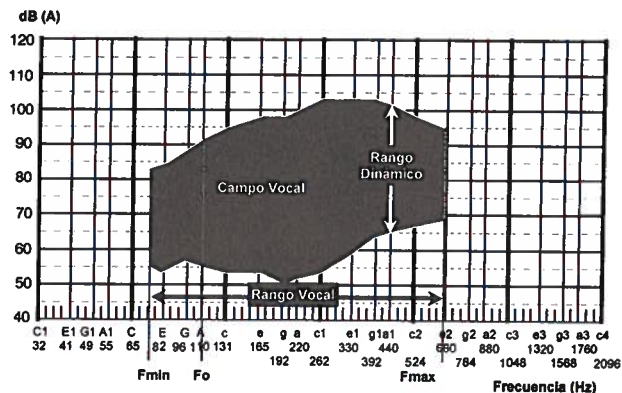


FIG. 3.—Fonetograma normal donde se señalan las medidas fonetométricas. Tomado de NIETO, A., y cols. (1995) (8).

namiento, la comprensión de las instrucciones y la motivación de la persona explorada influyen en alguna medida en los resultados (KENT, 1987). La F_o en el tono natural de los varones varía entre los 100 y los 160 Hz; las mujeres presentan valores entre 220 y 260 Hz (NIETO, 1995). Este valor de F_o está más cerca de la $F_{m\acute{i}n.}$ que de la $F_{m\acute{a}x.}$ (8) (fig. 3). Lógicamente, el RV de las mujeres comprende frecuencias más agudas que el de los varones, y si expresáramos el RV en Hz las mujeres obtendrían valores más altos que los hombres, pero expresando el RV en ST no existen diferencias entre sexos.

Los RDs apenas son algo mayores en los varones que en las mujeres, por lo que el CV expresado en $\text{dB} \times \text{ST}$ no depende del sexo. En general observamos en el fonetograma un estrechamiento del RD en las frecuencias extremas, lo que refleja la dificultad que tiene la laringe para modular la intensidad de una nota cuando se emite en los extremos del RV. También es fisiológico que los valores de intensidad baja sean más altos en las frecuencias

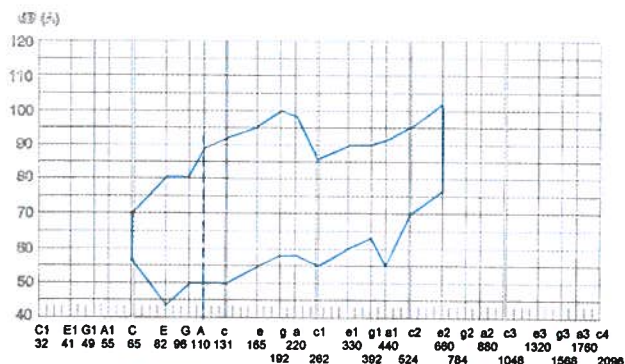


FIG. 4.—Fonetograma normal de un varón de veinticinco años en el que se aprecian amplios rangos vocal y dinámico con extenso campo vocal. Con niveles de presión sonora mínima más altos en las frecuencias agudas —como es fisiológico— y con una escotadura en el perfil de presión sonora máxima entre las frecuencias bajas y modales por un lado y el faseto (frecuencias agudas) por otro. Tomado de GAMBOA, F. J., y cols. (1994) (4).

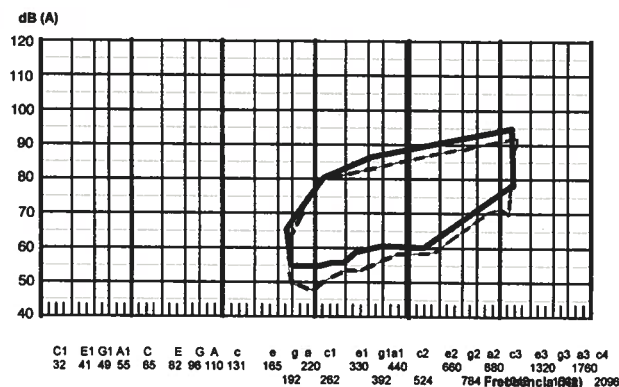


FIG. 5.—Patrón de fonetograma en la infancia (entre siete y diez años). Varones: Línea continua. Niñas: Línea discontinua. Tomado de BÖHME, G., y STUCHLIK, G. (1995).

agudas que en las graves (COLEMAN, 1977; COLTON, 1973).

Los valores de CV en los adultos sanos alcanzan o superan los 900 dB $\times$ ST. Las personas entrenadas, por ejemplo, los cantantes, tienen CVs que se acercan a los 1.000 dB $\times$ ST. En los cantantes se puede observar otra diferencia respecto a las personas no entrenadas al no evidenciarse lo que en general se produce al pasar de las frecuencias medias (modales) a las agudas (falseto), emitidas con la participación del músculo cricotiroideo que tensa las cuerdas vocales, que es una escotadura por estrechamiento del RD al reducirse el NPS máximo (SULTER, 1995) (fig. 4).

En los niños-as menores de siete años sólo se consigue medir la intensidad máxima y mínima en algunas frecuencias, siendo muy difícil realizar el fonetograma completo. BÖHME y STUCHLIK (1995) encontraron en los niños sanos de edades comprendidas entre los siete y los diez años medidas fonetométricas muy constantes y no dependientes de la edad. El rango vocal a estas edades es de 29 semitonos, y aunque los NPS mínima y máxima son algo mayores en los niños que en las niñas, los RD

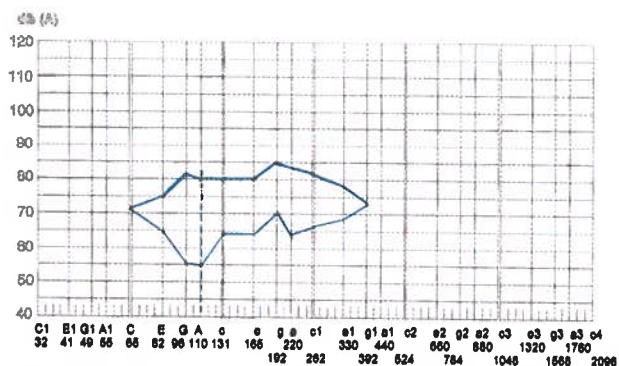


FIG. 6.—Fonetograma de un paciente, varón, con pólipo laríngeo. El CV es 435 dB $\times$ ST. Tomado de GAMBOA, F. J., y cols. (1994) (4).

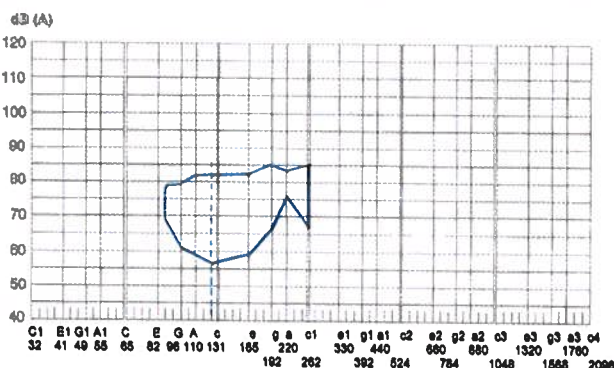


FIG. 7.—Fonetograma de una paciente, mujer, con edema de Reinke. El CV es de 341 dB $\times$ ST. El aumento de masa en las cuerdas vocales edematosas produce una disminución en la frecuencia de vibración de las mismas, lo que se traduce en una Fo laríngea natural demasiado baja: 123 Hz. Tomado de GAMBOA, F. J., y cols. (1994) (4).

son equiparables. En la figura 5 se muestra el patrón de fonetograma para niños sanos de ambos sexos entre los siete y diez años de edad, que se caracteriza por un mayor RD en las frecuencias más bajas (17).

En el caso de los pólipos de cuerda vocal las cifras de campo vocal en adultos se reducen aproximadamente a la mitad respecto a los controles, y esta reducción es aún más severa en el caso de los edemas de Reinke, en los que las cifras de CV bajan hasta el 35 por 100 de los valores normales (4) (figs. 6 y 7). Los carcinomas de cuerda vocal, incluso en estadio T1, producen gran restricción del campo vocal que puede disminuir hasta cifras menores de 200 dB $\times$ ST (18).

En general cualquier patología laríngea, orgánica o funcional produce restricciones en los rangos vocales y dinámicos y, por tanto, en el CV. No podemos establecer patrones característicos de fonetograma atribuibles a una determinada patología, de manera que el fonetograma documenta la severidad de la disfunción, pero no establece diagnósticos etiológicos (DEL PALACIO, 1994).

BIBLIOGRAFIA

- BAKEN, R. J.: *Clinical measurement of speech and voice*. Boston: College Hill Press, 1987.
- BÖHME, G., y STUCHLIK, G.: «Voice profiles and standard voice profiles of untrained children». *Journal of Voice*, 1995; 9 (3): 304-307.
- COLEMAN, R. F.; MABIS, J. H., y HINSON, J. K.: «Fundamental frequency sound pressure level profiles of adult male and female voices». *J. Speech Hear Res.*, 1977; 20: 197-204.
- COLTON, R. H.: «Phonational range in the modal and falsetto registers». *J. Speech Hear Res.*, 1972; 15: 708-713.
- COLTON, R. H.: «Vocal intensity in the modal and falsetto registers». *Folia Phoniatr.*, 1973; 25: 62-70.
- DAMSTE, P. H.: «Disorders of the voice». En: *Scott-Brown's. Otolaryngology*. Butter Worths, 1987; 5: 119-143.

- DAMSTE, P. H.: «The phonetogram». *Pract. Otorhinolaryngol. Basel.*, 1970; 32 (3): 185-187.
- DEJONCKERE, P., y ESTIENNE, F.: «Effects of phoniatric therapy on the phonetogram». *Acta Otorhinolaryngol. Belg.*, 1980; 34 (3): 309-317.
- DEL PALACIO, A. J.; NIETO, A.; PEREZ-ESTEBAN, L.; GALLEGO, P., y COBETA, I.: «El fonetograma: Exploración básica en la patología de la voz. Casos normales y patológicos». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1994; supl. 1: 35-40.
- GAMBOA, F. J.; DEL PALACIO, A.; MICO, A.; NIETO, A., y COBETA, I.: «Fonetograma en lesiones laríngeas por abuso vocal». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1994; 45 (1): 31-36.
- GRAMMING, P., y AKERLUND, L.: «Phonetograms for normal and pathological voices». *Acta Otolaryngol. Stockh.*, 1988; 106 (5-6): 468-476.
- GRAMMING, P., y SUNDBERG, J.: «Spectrum factors relevant to phonetogram measurement». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988; 83 (6): 2352-2360.
- HOLLIEN, H.; DEW, D., y PHILIPS, P.: «Phonational frequency ranges of adults». *J. Speech Hear Res.*, 1971; 14: 755-760.
- KENT, D.; KENT, J., y ROSENBEK, J.: «Maximum performance test of speech productions». *J. Speech Hear Res.*, 1987; 52: 367-387.
- NIETO, A.: *Análisis digital de la voz en la patología por abuso vocal*. Tesis doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Alcalá de Henares, 1995.
- NIETO, A.; DEL PALACIO, A. J.; LORENZO, F. J.; VEGAS, A., y COBETA, I.: «Los ordenadores en el análisis de la voz: Aplicaciones clínicas». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1995; 46 (4): 241-245.
- SHUTTE, H. K., y SEIDNER, W.: «Recommendations by the Union of European Phoniatricians (UEP): Standardizing voice area measurement phonetography». *Folia. Phoniater. Basel.*, 1983; 35 (6): 286-288.
- SULTER, A. M.; SHUTTE, H. K., y MILLER, D. G.: «Differences in phonetogram features between male and female subjects with and without vocal training». *Journal of Voice*, 1995; 9 (4): 363-377.

Fibroscopia y telefaringoscopia

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

La utilización de tecnología moderna ha modificado de forma extraordinaria la metodología de valoración visual de la laringe, haciendo posible al clínico la observación tanto del estado como del comportamiento laríngeo en condiciones altamente informativas. En el momento actual la utilización de los endoscopios en combinación con una cámara de vídeo, un magnetoscopio y un monitor de vídeo da lugar a lo que definimos como videoscopia. Esta adaptación de elementos ópticos aporta la posibilidad de obtener el registro de imagen y sonido en tiempo real, lo que supone recoger una excelente documentación tanto visual como acústica, y por tanto el examen repetido de los datos obtenidos para su análisis detenido.

Dependiendo del tipo de endoscopio que se utilice diferenciamos dos métodos diferentes: endoscopia flexible o fibroscopia y endoscopia rígida o telefaringoscopia.

FIBROSCOPIOS

Son endoscopios constituidos por dos haces de fibras ópticas flexibles que mediante un envoltorio común constituyen uno a modo de cable en cuyos extremos se adaptan un objetivo y un ocular. Uno de los haces, el destinado a la transmisión de la imagen, está formado por fibras ordenadas; cada extremo de fibra en el ocular se corresponde con la orientación que presenta en el objetivo, de esta forma es capaz de transportar a aquél la imagen recogida por el objetivo. El otro haz está formado por fibras desordenadas cuya misión es únicamente la transmisión de la luz procedente de la fuente de iluminación. Están dotados de un sistema que mediante una leva de control manual hace posible la incurvación del extremo distal, lo que permite una gran amplitud de orientación del objetivo y por tanto de maniobra, lo que facilita su introducción y la observación de distintas regiones.

La eficacia óptica del fibroscopio depende de la calidad, número, diámetro y longitud de las fibras ópticas que lo componen. Cuanto mejor es la calidad de la fibra y su tapizamiento externo, mayor el número y más reducido el diámetro, mejor es la definición y agudeza del foco proporcionados por el haz destinado a la transmisión de la imagen. Cuanto

más grande es el diámetro de las fibras que componen el haz de iluminación, mejor es la transmisión de la luz. La longitud actúa en sentido inverso: cuanto mayor es más acusada es la pérdida de transmisión debida a la absorción que experimenta en la pared de la fibra el rayo incidente.

Desde el punto de vista de la calidad óptica se debe tener en cuenta las siguientes propiedades: luminosidad y distribución en el campo, luminosidad en el ocular, campo de visión, profundidad de campo y grado de definición.

La luminosidad depende tanto del endoscopio como de la fuente de iluminación. La adaptación entre ambos influye en gran medida sobre la iluminación distal, pues no en todas las fuentes de luz fría el punto de máxima concentración de luz está situado a la misma distancia del plano del orificio de introducción del cable conductor de luz del endoscopio. Utilizar un cable cuyo extremo de adaptación a la fuente de luz sea más largo o corto de lo previsto por el fabricante de la fuente lleva consigo una pérdida de luminosidad considerable. La conexión mediante adaptadores no ajustados en longitud y diámetro, por mínima que sea la diferencia, supone también pérdida de iluminación. En este sentido el cable de luz integrado al fibroscopio, aun siendo en otros aspectos un inconveniente, es el sistema que mejor iluminación proporciona.

El reparto y la superficie que cubre el campo de iluminación debe ser homogéneo y amplio para obtener un campo de visión sin áreas de saturación central y pérdida de iluminación en los márgenes. En los endoscopios de lentes de gran angular, cuyo campo de visión es muy amplio, los márgenes suelen estar mal iluminados, desperdiciándose parte del campo visual que ofrece la lente.

De la luminosidad en el ocular depende la claridad con que apreciamos la imagen del campo. Si consideramos que un cable de luz lleva al extremo distal del endoscopio aproximadamente un 50% de la recibida de la fuente, la recibida en el ocular partiendo de una luminosidad mucho menor significa una pérdida de iluminación muy importante. Esta sólo es compensable por una excelente calidad, un número elevado y un diámetro pequeño de las fibras ópticas.

El grado de definición y la agudeza del foco deben valorarse mediante la observación directa a través del ocular, pues la valoración sobre la pantalla del monitor puede llevar a error, bien por una pobre calidad de reproducción y definición o por deterioro del monitor.

La profundidad de campo varía muy poco de unas marcas a otras, no así la distorsión de la imagen, que en algunos fibroscopios supera el límite de lo aconsejable. Aunque la deformación que produce este efecto óptico no es significativa debe tenerse en cuenta al valorar las imágenes.

Las dimensiones de los fibroscopios de aplicación a la exploración de la laringe oscilan entre 5 y 3,6 mm. de diámetro, haciéndolo su longitud total entre 255 y 400 mm. La longitud de la punta rígida oscila entre 6,3 y 14 mm. Las diferencias en el radio de curvatura del extremo distal que existen entre unos fibroscopios y otros no son significativas en lo que a la exploración laríngea se refiere.

Estimamos que una longitud entre 250 y 300 mm., un diámetro que no supere los 4 mm., y cuya punta rígida sea corta, son las características idóneas desde el punto de vista de la estructura del fibroscopio.

La utilización de fibroscopios para la realización de biopsias lleva consigo la necesidad de incorporar al menos un canal para el paso de las pinzas, lo cual aumenta el diámetro del endoscopio. Actualmente existen fibroscopios de estas características que con un diámetro externo de 5 mm. aportan incrementos del 130% de resolución, 150% en la luminosidad y 24% en la dimensión de la imagen con respecto a lo que ofrecen los modelos anteriores. La capacidad de maniobra se limita en cierta medida por el mayor diámetro y el aumento de rigidez del extremo distal.

La última generación de endoscopios representada por el broncoscopio pediátrico, que se adapta bien a la laringología, en lugar de utilizar fibras ópticas para la captación de la imagen recurren al chip de televisión en el extremo distal, lo cual supone un avance extraordinario por la calidad de la imagen y la maniobrabilidad. En este endoscopio se suman las ventajas de la fibroscopia a las de un sistema de visualización más perfecto que lo confirma como método idóneo de exploración.

TELELARINGOSCOPIO

El sistema óptico está formado por segmentos redondos de vidrio cuyos extremos están ópticamente tallados para generar en ellos una superficie cóncava o convexa, que los configuran como lentes que sustituyen a las convencionales de los endoscopios antiguos. Su montaje en el interior de un tubo me-

tálico es mucho más preciso y estable, lo que significa mejores prestaciones ópticas y mayor robustez que las de los sistemas clásicos. El sistema de conducción de luz utiliza, como el fibroscopio, una haz de fibras desordenadas cuyo extremo distal puede configurarse en distintas formas y situarse con respecto a la lente en distintas posiciones buscando la mejor distribución de la luz en el campo.

Los diámetros externos de los telelaringoscopios para laringología oscilan entre 7 y 10 mm., pudiendo ser de foco fijo o regulable. Se construyen con diferentes ángulos de visión y con campos también variables, siendo los más utilizados los de 70 y 90°.

Las prestaciones ópticas superan en gran medida a las de los fibroscopios, sobre todo en lo que se refiere a magnificación, iluminación en ocular y definición, la cual alcanza en la mayoría de los telelaringoscopios 70 pares de líneas. Como en los fibroscopios, cuanto más reducido es el diámetro menor es el número de fibras ópticas del conductor de luz, por lo que los endoscopios de diámetro reducido requieren de mayor intensidad en la fuente de iluminación.

VIDEOFIBROSCOPIA

La fibroscopia ha supuesto *per se* un avance muy importante en la exploración visual de la laringe; combinada con el sistema de grabación y reproducción de vídeo constituye un método de valoración funcional que sin lugar a dudas ha contribuido en grado mayúsculo a la evolución del conocimiento de los trastornos de la voz y la palabra. Aunque, como hemos señalado, las propiedades ópticas del fibroscopio son inferiores a las del telelaringoscopio, aporta ventajas indiscutibles con respecto a éstos en algunos sentidos. A la facilidad de inserción y tolerancia se suman la versatilidad de la técnica, que hace posible la exploración rápida y sencilla de fosas nasales, rinofaringe, velo del paladar y tracto vocal previas a la laringoscopia. Además, y lo que es más importante, la exploración se realiza bajo circunstancias fisiológicas normales, lo cual permite observar la laringe y el tracto vocal durante la conversación fluida o el canto y recoger durante la exploración los datos acústicos. Como desventajas de la fibroscopia, más bien limitaciones, se señalan el menor poder de magnificación, la iluminación más reducida y la definición más pobre, condicionadas por el menor número de fibras ópticas del fibroscopio y por la menor calidad del sistema óptico. Sin embargo, cuando el sistema de fibrovideoscopia está bien acoplado y se maneja con precisión y agilidad la información que se obtiene es lo suficientemente buena como para diagnosticar y evaluar la mayoría de las alteraciones de forma, las del ciclo vibratorio y de la ondulación de la mucosa.

Bajo circunstancias técnicas idóneas la información que aporta, al no modificar en medida alguna el comportamiento laríngeo, es más real que la que suministra el endoscopio rígido, que nos ofrece una imagen ópticamente muy buena pero en situación no fisiológica. Por ello su utilidad en la valoración de los trastornos funcionales de la voz es superior a la que aporta el telarlaringoscopia.

Técnica

Antes de comenzar la exploración es obligado explicar al paciente en qué consiste y cuáles son las sensaciones que puede sentir, asegurándole que no van a ser extremadamente desagradables ni dolorosas, así como la simpleza del procedimiento y el alto grado de información que aporta. La vía de introducción habitual es la vía nasal. El paso se realiza o bien por el suelo de la fosa nasal o bien por el meato medio. Personalmente preferimos el paso por el suelo por ser mejor tolerado y en líneas generales más amplio. Otros especialistas prefieren la vía del meato medio aduciendo que de esta forma se evita el contacto con el velo del paladar y el fibroscopio se centra más sobre el tracto vocal una vez superado el nivel del velo. Con el paciente en posición cómoda, bien sentado en el sillón de exploración y con la cabeza dirigida hacia adelante y la barbilla ligeramente hacia abajo, se procede a identificar la fosa nasal más amplia y a introducir por ella el fibroscopio bajo control visual hasta alcanzar la coana, momento en el que pidiendo al paciente que respire por la nariz para relajar el velo se procede a la incurvación de la punta del fibroscopio y a la progresión hacia abajo. A partir de este momento la observación de las distintas zonas condiciona el grado de introducción. Podemos optar por una visión de conjunto, situándonos por encima del aditus laríngeo, o proseguir en el descenso hasta observar las cuerdas vocales desde una distancia muy próxima que nos ofrezca una visión magnificada de las mismas. El manejo del fibroscopio ha de ser siempre delicado y ágil. Durante la locución o el canto no puede permanecer en posición fija, debemos acompañar a la movilidad laríngea en sus desplazamientos y ante su ascenso evitar el contacto con las cuerdas vocales o los aritenoides.

Para realizar una exploración que nos informe sobre el comportamiento normal o alterado debe recurrirse a la realización por parte del paciente de actividades específicas. La emisión de las distintas vocales de forma continuada, la emisión de ji, ji, ji, la inspiración nasal brusca, la voz cuchicheada, el silbido y la retención de aire después de una inspiración prolongada permiten constatar el correcto funcionamiento o las alteraciones de los distintos mecanismos laríngeos.

Anestesia

La mayoría de los pacientes toleran la introducción del fibroscopio sin necesidad de vasoconstricción ni anestesia. Sólo en los casos en los que se aprecie que el paso del fibroscopio molesta recurriremos a la anestesia tópica, lo cual reduce el sufrimiento y permite realizar la exploración con comodidad.

El procedimiento anestésico más cómodo para el paciente es la aplicación de un gel anestésico mediante un portaalgodones fino que, además de reducir la sensibilidad de la mucosa nasal, lubrica el paso del endoscopio. El inconveniente de este procedimiento es la posibilidad de que el objetivo del fibroscopio se ensucie al entrar en contacto con un pequeño acúmulo de gel, lo cual se evita utilizando una mínima cantidad del mismo. El spray anestésico es igualmente útil aunque algo más desagradable su aplicación. En ambas formas de anestesia la cantidad a aplicar es la mínima que nos permita realizar la exploración. En los niños es recomendable evitar el spray anestésico sustituyéndolo por la aplicación de planchas de algodón embebidas en la solución anestésica y bien escurridas antes de su aplicación para que se distribuya sólo por la zona del paso del endoscopio.

En el caso de la fibroscopia, la aplicación de la anestesia se limita en principio a la fosa nasal por la que se va a introducir el fibroscopio. Sólo cuando a nivel faríngeo produce molestias o genera reflejo nauseoso se procede a la anestesia faríngea y/o laríngea. Cuando así se hace debe considerarse la posibilidad de aspiración durante un período de tiempo relativamente largo, por lo que se debe advertir al paciente de no ingerir líquidos ni sólidos hasta por lo menos una hora después de la aplicación de la anestesia.

La utilización de la anestesia tópica no está permitida al personal no médico, y aun siendo realizada por personal médico debe hacerse bajo circunstancias que permitan resolver una reacción adversa o alérgica al anestésico. La posibilidad de un laringoespasma existe siempre, y aunque consideramos que es muy infrecuente si se realiza la técnica correctamente debe tenerse en cuenta. Tanto el contacto con las cuerdas vocales como el estímulo intenso del vestíbulo laríngeo en personas proclives a desarrollarlo son el origen del reflejo que genera el espasmo.

La utilización de vasoconstrictores, bien aisladamente o en combinación con anestesia tópica, está indicada ante cornetes hipertróficos que dificultan el paso del fibroscopio.

Introducción por vía oral

En lo que se refiere a la exploración laríngea, la introducción oral queda reservada para aquellos casos en los que físicamente el paso del fibroscopio

no es posible a través de las fosas nasales por estenosis o atresia. En algunos niños colaboradores está vía permite la exploración de la laringe con el mínimo de incomodidad para ellos, siempre que no se entre en contacto con la pared posterior de faringe o epiglotis. La simple tracción delicada de la lengua hace posible la introducción del fibroscopio hasta superar la base de la lengua, lo que combinado con la incurvación del extremo distal del endoscopio nos ofrece una visión panorámica muy próxima a la laringe, suficiente para realizar una valoración correcta.

Mediante la introducción oral la visión retrógrada de la rinofaringe y la rinoscopia posterior se realizan de forma muy sencilla, tolerable y a boca cerrada.

Introducción por vía estomatodial

La observación de la laringe por vía retrógrada a través de un traqueostoma, de gran utilidad para la valoración de las estenosis subglóticas o laríngeas, nos permite observar el comportamiento y morfología de la vertiente inferior de las cuerdas vocales tanto en la inspiración como durante la fonación.

TELELARINGOSCOPIA

La exploración de la laringe mediante telelarinoscopio rígido se realiza utilizando como vía de introducción la cavidad oral. La posición del paciente depende del tipo de endoscopio. Cuando utilizamos el de 90° debe procurarse que el ángulo que forma el piso de la cavidad oral y la faringe sea aproximadamente de 90°. Si empleamos el de 70°, el ángulo deseable es también de 70°, el cual se obtiene mediante una ligera extensión del cuello y la flexión hacia atrás de la cabeza o mediante la inclinación del paciente hacia adelante hasta apoyar sus codos sobre los muslos y la elevación ligera de la barbilla. Esta posición es la utilizada con más frecuencia, ayuda a relajarse al paciente que se encuentra así más cómodo y estable y hace coincidir la posición de la cavidad oral del paciente con la postura más cómoda para el explorador.

Aunque, como en la laringoscopia refleja, no es siempre necesaria la exteriorización lingual, ésta es aconsejable en la mayoría de los casos. Tanto la presión que ejercen los dedos del explorador sobre la lengua como la tracción hacia afuera deben ser las justas para obtener la posición deseada. Excesiva presión o tracción molestan al paciente, que reacciona retirándose hacia atrás, dificultando así la exploración.

La introducción del fibroscopio debe hacerse de

forma tal que la superficie óptica no se ensucie al entrar en contacto con la lengua, bien manteniendo la óptica alejada del dorso lingual hasta visualizar la laringe o introduciendo el laringoscopio con la superficie óptica dirigida hacia la izquierda, girándola una vez alojado su extremo en la cavidad faríngea hasta situarla en la posición de visualización de la laringe.

Una de las incomodidades que lleva consigo la telelarinoscopia es el empañamiento de la lente. Para evitarlo se emplean distintos procedimientos que van desde la humectación de la lente en la cara interna de la mejilla del paciente, donde la saliva suele ser limpia, a la utilización de un spray anti-empañamiento, una solución jabonosa, el calentamiento mediante inmersión de la punta del endoscopio en agua caliente, a la proyección de aire sobre la lente del endoscopio cuando éste está dotado de una conducción para ello.

El uso de anestesia tópica se limita a aquellos casos en los que el reflejo nauseoso impide la exploración, cuyo número es elevado. La aplicación debe realizarse mediante spray dirigido a la cavidad orofaríngea, ampliada por tracción lingual, evitando la aplicación oral para no producir la salida en exceso de saliva que dificulta siempre la exploración. En ningún caso es necesario para realizar esta técnica de exploración laríngea la anestesia directa del vestíbulo laríngeo, pues el endoscopio no debe entrar en contacto con su superficie.

En la mayoría de los casos con el telelarinoscopio de 70° la visión de la laringe es perfecta tanto si se utiliza el de magnificación como el de campo variable o el de campo ancho. Como se ha mencionado, su empleo aporta una calidad de imagen excelente y una gran magnificación, lo cual permite obtener fotografías e imágenes de vídeo de gran expresividad, que son de máxima utilidad en relación al estudio estroboscópico.

La combinación de ambas técnicas constituye el método idóneo para la valoración visual de la morfología y dinámica faringolaríngea. Sin embargo, consideramos que las propiedades de la fibrovideoendoscopia hacen de esta técnica la más eficaz de las dos. El poder estudiar tanto la dinámica de las cuerdas vocales como de la faringe y laringe en condiciones fisiológicas ha supuesto un cambio cualitativo fundamental. El gran avance experimentado en el conocimiento de los trastornos neurológicos y funcionales de la laringe lo ha sido gracias a esta técnica de visualización, al igual que lo ha sido la difusión del saber en este campo, que ha pasado del simple reconocimiento de alteraciones de forma y color en la clínica habitual a utilizar los mecanismos fisiológicos para realizar el diagnóstico y el planteamiento terapéutico.

Estroboscopia

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

Desde que OERTELL en 1895 utilizó por primera vez el procedimiento de interrumpir periódicamente la iluminación para investigar el comportamiento dinámico de las cuerdas vocales, el método conocido como estroboscopia ha tenido una escasa aplicación clínica. Su incorporación como método habitual de diagnóstico se ha producido gracias al desarrollo de la videoscopia. Esta, al hacer posible la grabación de las imágenes y su estudio detenido, el análisis y medición de los desplazamientos y la correlación con el sonido en tiempo real, le ha dado el carácter práctico que necesitaba, haciendo de ella el procedimiento más útil de los que disponemos para el diagnóstico de los trastornos de la voz al permitirnos observar con gran precisión y detalle las alteraciones de la ondulación de la mucosa y la situación del borde libre de la cuerda vocal.

A diferencia de la filmación a alta velocidad y la observación a 24 imágenes por segundo, que permite la visión enlentecida del ciclo vibratorio completo, la estroboscopia nos ofrece una imagen compuesta del mismo obtenida por la iluminación intermitente de varios ciclos consecutivos. Lo que vemos en realidad es la suma de fragmentos del ciclo vibratorio que difieren ligeramente entre sí y que presentados consecutivamente generan la impresión visual de un ciclo completo.

El proceso se basa en la inercia retiniana que hace que una imagen persista en la retina durante 0,2 s., lo que hace que imágenes ofrecidas a intervalos menores del tiempo se fundan con las imágenes siguientes dando lugar al efecto óptico de movimiento.

Cuando la iluminación intermitente se genera a idéntica frecuencia que el ciclo vibratorio el efecto óptico que se obtiene es el de imagen estática. Cuando la iluminación se desfasa ligeramente, entre 1 y 2 Hz., con respecto a la del ciclo vibratorio el efecto óptico que se obtiene es el de movimiento (fig. 1).

APARATAJE

En líneas generales el estroboscopio está compuesto por una fuente de luz halógena, una fuente de luz estroboscópica, un micrófono de contacto, un sistema de filtrado acústico y amplificación y un pedal o mando manual que regula las funciones durante la exploración.

La señal acústica es recogida por el micrófono y convertida en una señal eléctrica que tratada por el sistema de filtrado genera una serie de impulsos similar a la frecuencia fundamental de la señal acústica que regula la cadencia del destello de la lámpara estroboscópica. Mediante el pedal o el mando de regulación manual se selecciona el modo de actuación: enlentecimiento o imagen estática.

Actualmente existen numerosos modelos de estroboscopios que satisfacen plenamente los requerimientos necesarios para el estudio de la función laríngea. La mayoría de los estroboscopios disponen de indicadores de la frecuencia fundamental, de la intensidad y del ángulo de la fase.

La última generación de estroboscopios sincronizados con un electroglotógrafo presentan en la pantalla la imagen estroboscópica y la glotográfica, además de la frecuencia fundamental, amplitud y el ángulo de la fase. En ellos cada destello del estroboscopio produce la aparición en pantalla de una onda glotográfica que coincide en el tiempo con la imagen estroboscópica. Este procedimiento permite estudiar las variaciones que se producen en los distintos ciclos en las fases de apertura y cierre.

La conexión con un ordenador aporta la capacidad de analizar las imágenes y calcular automáticamente las dimensiones del área glótica y su medida, el cociente de apertura y cierre, el cociente de velocidad y el índice de velocidad del ciclo vibratorio.

La vinculación con una videoimpresora regulada por el mismo ordenador genera imágenes sobre el papel en las que representan las imágenes y datos obtenidos en pantalla. Esta línea de estroboscopios constituye una unidad de diagnóstico e investigación extremadamente precisa (fig. 2).

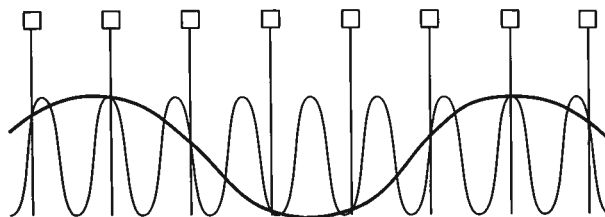


FIG. 1.—Esquema donde se representan el ciclo vocal y los paros del flash dando un ciclo más amplio y lento.



FIG. 2.—Columna de exploración estroboscópica.

CONCEPTOS BASICOS

Así como en la filmación de alta velocidad, en la que se obtienen cifras medias de 4.000 imágenes por segundo, una duración breve de la fonación es suficiente para recoger numerosos ciclos vibratorios, en el caso de la estroboscopia se requiere de una fonación prolongada, estable, para poder obtener una muestra expresiva de las características del ciclo. En los casos en los que la patología condiciona un tiempo de fonación muy corto, menor de 3 s., la estroboscopia no es posible. Cuando la fonación es marcadamente aperiódica el estroboscópico no es capaz de emitir destellos con la periodicidad suficiente como para que el estudio tenga validez. La intensidad de la voz debe ser suficiente como para poder activar el estroboscopio mediante la señal acústica.

APLICACION

Aunque dado el principio físico de la estroboscopia su aplicación se limita al estudio del fenómeno vibratorio normal y de las alteraciones que en situaciones patológicas lo alteran, su utilización en

la clínica puede informarnos no sólo de las circunstancias patológicas del elemento vibrador, sino que, indirectamente, nos permite identificar alteraciones del comportamiento del elemento efector y de la funcionalidad muscular intrínseca y extrínseca. Las indicaciones para su uso como procedimiento diagnóstico son, por tanto, muy amplias. Sin embargo debemos considerar que su aplicación rutinaria por razones éticas no está justificada en aquellos casos en los que se llega al diagnóstico y a la identificación del mecanismo causal por medio de métodos más sencillos y por tanto más económicos, salvo que se realice como un estudio no diferenciado del resto de la exploración visual.

La utilización de la videoestroboscopia queda prácticamente reservada para el estudio de aquellos casos en los que no se aprecian alteraciones orgánicas evidentes ni se identifica claramente la causa de la disfunción. Ante éstos el estudio del ciclo vibratorio puede definir desviaciones significativas del patrón de vibración normal que nos permitan realizar el diagnóstico o aportar datos importantes en relación al tratamiento y al pronóstico que justifican sin lugar a dudas su utilización.

ESTUDIO ESTROBOSCOPICO

El esquema de estudio estroboscópico que utilizamos es el diseñado por HIRANO (1981), que difícilmente es mejorable. Los aspectos a valorar que incluyen en su protocolo son:

- Frecuencia fundamental.
- Simetría de los movimientos.
- Regularidad de las vibraciones.
- Cierre glótico.
- Amplitud de la glotis.
- Características y grado de la ondulación de la mucosa.

La frecuencia fundamental de la emisión vocal y sus variaciones durante la observación estroboscópica se registra en la pantalla del estroboscopio. Tanto aquellas como las posibles variaciones deben consignarse en la ficha estroboscópica.

Inicialmente la observación debe realizarse sobre el patrón vibratorio del registro medio y bajo intensidad conversacional. En estas circunstancias el ciclo vibratorio se caracteriza por una oclusión completa de la glotis, una fase cerrada de longitud media, una amplitud y grado de ondulación moderados y la regularidad de la ondulación; estas características se utilizan como referencia de normalidad. El examen debe continuar con la valoración durante la emisión de frecuencias altas y bajas para comprobar que el patrón vibratorio en esas circunstancias coincide o no con las características normales de es-

tos dos tipos de fonación. En falseto debemos considerar como normales un cierre incompleto de glotis, una amplitud muy reducida y una ondulación mínima o ausente, y al contrario, en la voz de pecho, la fase de cierre es muy prolongada y la ondulación muy evidente. Tener en cuenta las diferentes características de los distintos tipos de fonación y la influencia de la intensidad sobre el patrón vibratorio es obligado para evitar errores de interpretación.

PRINCIPIOS DE INTERPRETACION

Cierre glótico

El grado de cierre glótico puede ser completo, incompleto, permanente o intermitente. Cuando es debido a irregularidad, ausencia o rigidez de mucosa en el borde libre de una o ambas cuerdas, atrofia muscular o masa que impida el cierre, la estroboscopia es obligada bajo distintos tipos de fonación y grados de intensidad.

Amplitud

El grado de desplazamiento del borde interno de la cuerda vocal con respecto a la línea media de la glotis indica la amplitud del desplazamiento hacia afuera. Debe ser valorado independientemente el desplazamiento de cada cuerda para determinar si existe asimetría en la amplitud, lo que indicaría una diferencia en propiedades mecánicas entre ambas cuerdas vocales.

Asimetría de la fase

Se interpreta que existe asimetría en la fase cuando los bordes libres se sitúan en la línea media y en el punto de máxima amplitud de forma sincrónica. Cuando así no ocurre y una cuerda se adelanta o retrasa con respecto a la otra se considera que concurre una asimetría de la fase. La asimetría puede ser constante o intermitente a lo largo de varios ciclos vibratorios.

Ondulación de la mucosa

El grado de ondulación de la mucosa se calcula por la evidencia de la extensión de la onda mucosa desde el borde interno de la cuerda vocal hasta su desaparición en la vertiente superior externa.

Como ya se ha mencionado en el capítulo referente a la fisiología lo que apreciamos es la ondulación de la mucosa a partir del momento en que se produce la separación hacia afuera, es decir, el desplazamiento horizontal de la misma que comienza

después de la acuminación que se observa a terminar la fase vertical en la línea media.

El grado de ondulación depende de la rigidez de la mucosa. Cuando está tensa por una elongación intensa de la cuerda vocal o cuando existe una pérdida de elasticidad de la misma por inflamación, infiltración o sequedad el movimiento ondulatorio se reduce en gran medida. La dirección de la emigración de la mucosa hacia afuera puede realizarse de adelante hacia atrás o viceversa.

Ausencia de ondulación

Puede afectar a una cuerda vocal o a ambas, a toda una longitud o a un área concreta de una cuerda vocal, lo cual es debido a infiltración, fijación de la mucosa al plano subyacente o a lesiones circunscritas que infiltran en profundidad.

La ausencia de ondulación traduce una alteración severa de la situación del plano de cobertura de la cuerda vocal, lo que en relación a su naturaleza puede ser altamente significativo.

Regularidad de las vibraciones

La regularidad se determina por la existencia o no de uniformidad de la amplitud o del tiempo durante el cual transcurre el ciclo vibratorio. Se observa bien por la percepción de movimiento durante la iluminación en fase, que nos debería dar una imagen estática por la sincronización con la frecuencia de oscilación o por la diferencia de la duración de la fase de apertura entre unos ciclos vibratorios y otros.

SISTEMA DE MEDICION Y ANALISIS

Aunque la estroboscopia nos proporciona un grado de información extraordinaria sobre el comportamiento del ciclo vibratorio y sus alteraciones no deja de ser para la mayoría de las observaciones, un método de valoración subjetivo que puede ser mejorado mediante la aplicación de sistemas que lo complementen.

Para ello empleamos dos métodos diferentes que se basan en incrementar aún más el enlentecimiento y en la visualización imagen por imagen partiendo de una grabación estroboscópica, lo que permite exminar con mayor precisión los procesos mecánicos que concurren y la obtención de medidas relativas en pixels. El más simple es la utilización de un reproductor de vídeo que haga posible el avance imagen por imagen sin pérdida de definición de detalles. El más complejo se basa en la digi-

talización de las imágenes estroboscópicas mediante un ordenador especial que es capaz de enlentece el movimiento en la medida que deseemos y seleccionar imágenes estáticas a lo largo de todo el ciclo estroboscópico sobre las que se pueden hacer medidas lineales y angulares intrasujeto que definen las irregularidades del ciclo y las anormalidades de la ondulación de la mucosa.

Tal y como se utiliza hoy la estroboscopia constitu-

ye, junto con la videofibroscopia, un método inapreciable en el diagnóstico de los trastornos de la voz.

LECTURAS RECOMENDADAS

COBETA, I.; RIVERA, T.; ESCALANTE, A., y cols.: «Utilidad de la estroboscopia laríngea». *Acta. Otorrinolaring. Esp.*, 1990; 41: 510-522.

HIRANO, M.: *Clinical examination of voice*. New York: Springer-Verlag, 1981.

PROTOCOLO DE VALORACION

Hallazgos estroboscópicos

1. Frecuencia fundamental: Hz. Variaciones:
2. Simetría:
 - ☐ Simétrica.
 - ☐ Asimétrica:
 - ☐ En amplitud ($\pm$) $D \leq I$.
 - ☐ En fase ($\pm$) $D \leq I$.
3. Regularidad-periodicidad:
 - ☐ Regular.
 - ☐ Irregular.
 - ☐ No constante
4. Oclusión glótica:
 - ☐ Completo.
 - ☐ Incompleto.
 - ☐ No constante.
5. Amplitud:
 - Derecha:
 - ☐ Acusada. ☐ Normal. ☐ Reducida.
 - ☐ Ausente. ☐ Homogénea. ☐ Heterogénea.
 - Izquierda:
 - ☐ Acusada. ☐ Normal. ☐ Reducida.
 - ☐ Ausente. ☐ Homogénea. ☐ Heterogénea.
6. Ondulación:
 - Derecha:
 - ☐ Acusada. ☐ Normal. ☐ Reducida.
 - ☐ Ausente. ☐ Homogénea. ☐ Heterogénea.

Izquierda:

- ☐ Acusada. ☐ Normal. ☐ Reducida.
- ☐ Ausente. ☐ Homogénea. ☐ Heterogénea.

7. Porción no vibrátil:

Derecha:

- ☐ Ninguna. ☐ Ocasional-parcial. ☐ Siempre parcial. ☐ Ocasional-entera. ☐ Siempre-entera.

Izquierda:

- ☐ Ninguna. ☐ Ocasional-parcial. ☐ Siempre parcial. ☐ Ocasional-entera. ☐ Siempre-entera.

8. Bandas ventriculares:

Hiperaducción:

- ☐ Presente. ☐ Ausente.

Contacto con cuerdas vocales:

- ☐ Presente. ☐ Ausente.

Usurpación:

- ☐ Presente. ☐ Ausente.

9. Otros hallazgos:

- ☐ No.
- ☐ Anotar:

Aerodinámica:

Flujo medio /a/...../i/...../u/.....

Flujo máximo / /.....

Presión medial:

/ /...../ /...../ /.....

Volumen fonatorio:

IMAGENES ESTROBOSCOPICAS

La situación en que se representan las imágenes es en situación normal, es decir, la inversa a la visión refleja. En algunas imágenes se ha limitado el campo a la región central.

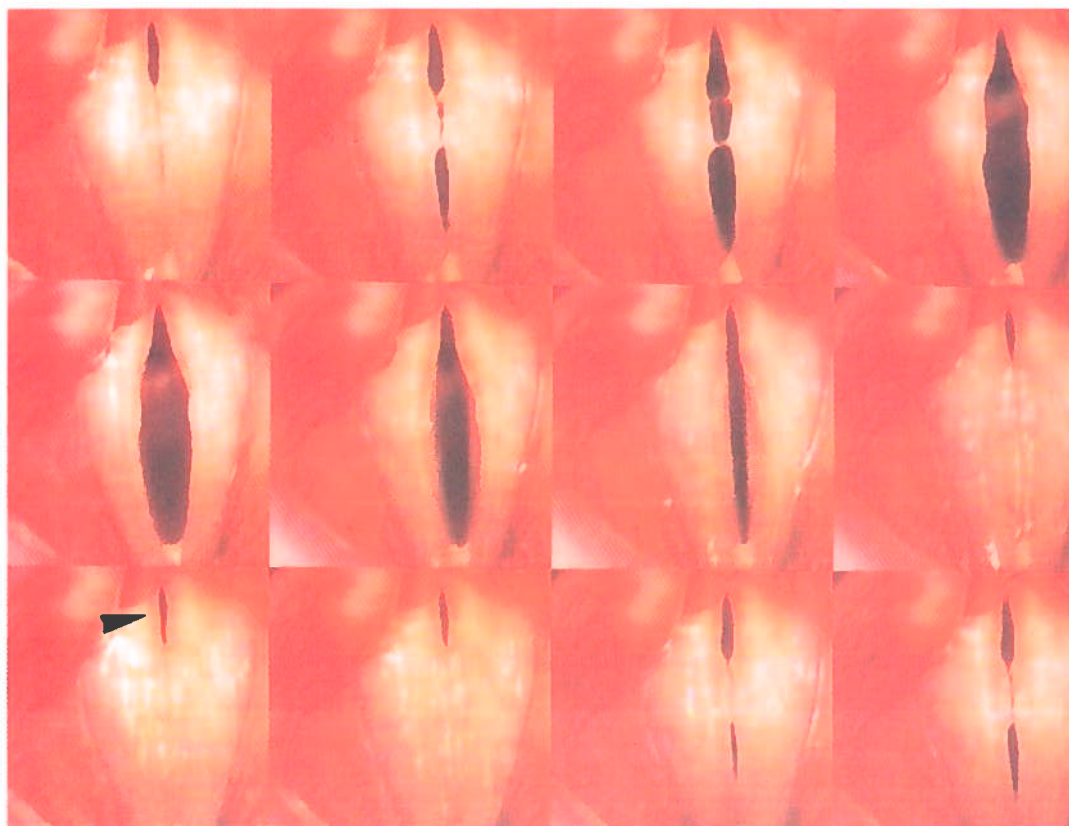


FIG. 1.—Ciclo vibratorio de varón de cuarenta y cinco años. F^0 : 120 Hz.; amplitud: 75 dB. Ondulación regular y simétrica, de grado moderado. En el sexto fotograma se aprecia el comienzo de la aproximación del margen inferior. Defecto de cierre posterior mínimo, sin significado patológico (triángulo).

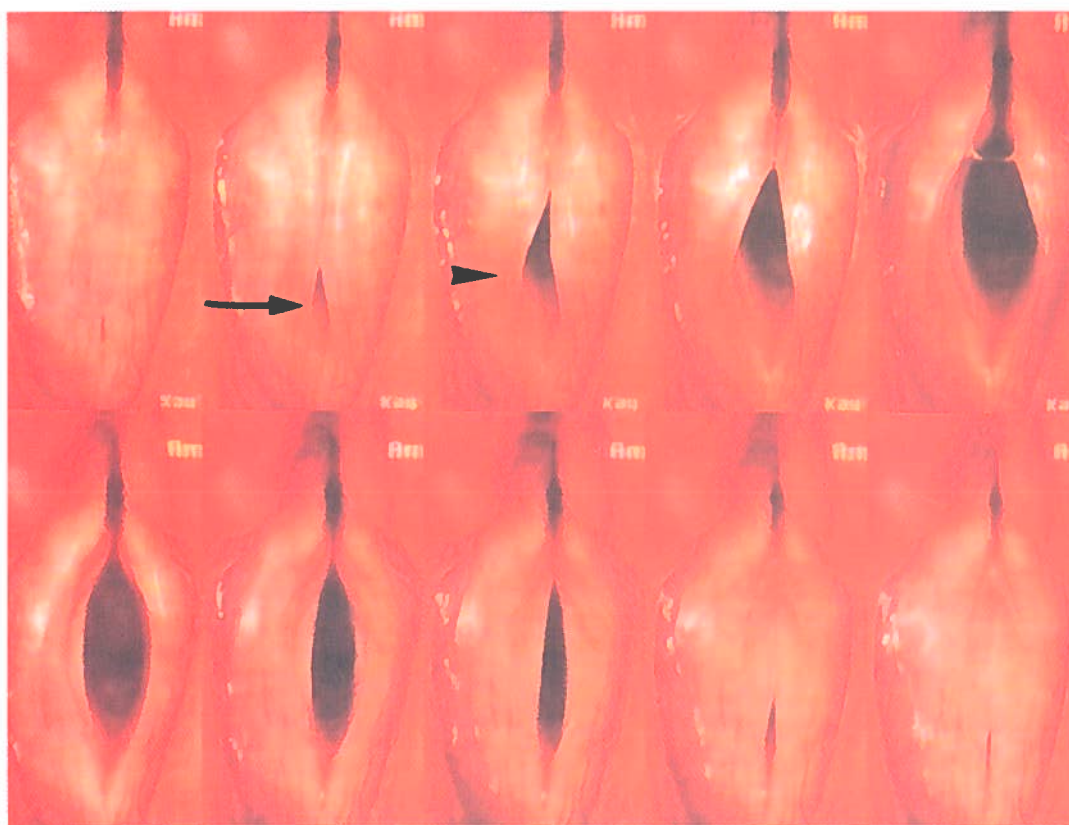


FIG. 2.—Ciclo vibratorio de varón de cincuenta y tres años. F^0 : 84 Hz.; amplitud: 65 dB. Ondulación de grado mayor; irregular al inicio de la fonación (triángulo). Progresión de la onda mucosa de delante a atrás (flecha). Ausencia de cierre posterior debido a compresión medial limitada. Voz normal.

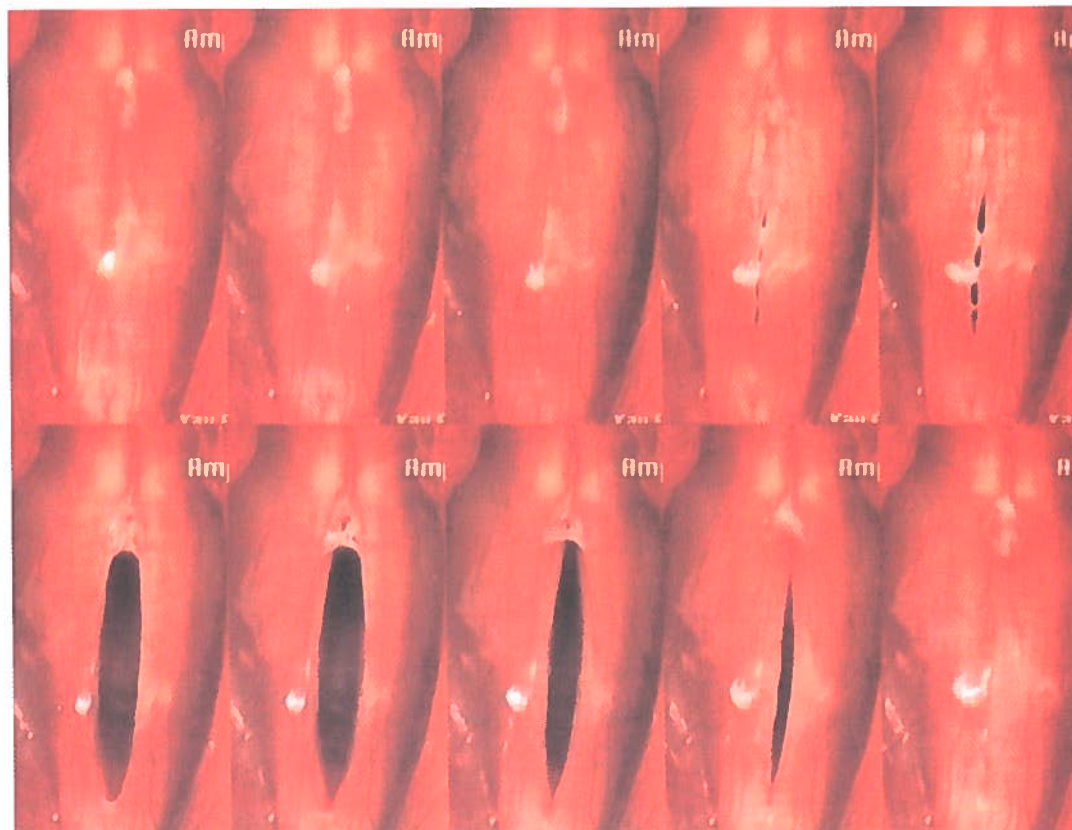


FIG. 3.—Ciclo vibratorio del mismo caso de la figura 2. F^0 : 150 Hz.; amplitud: 70 dB. Ondulación simétrica de grado moderado. Elongación media de la cuerda vocal. Cierre posterior. Voz normal.

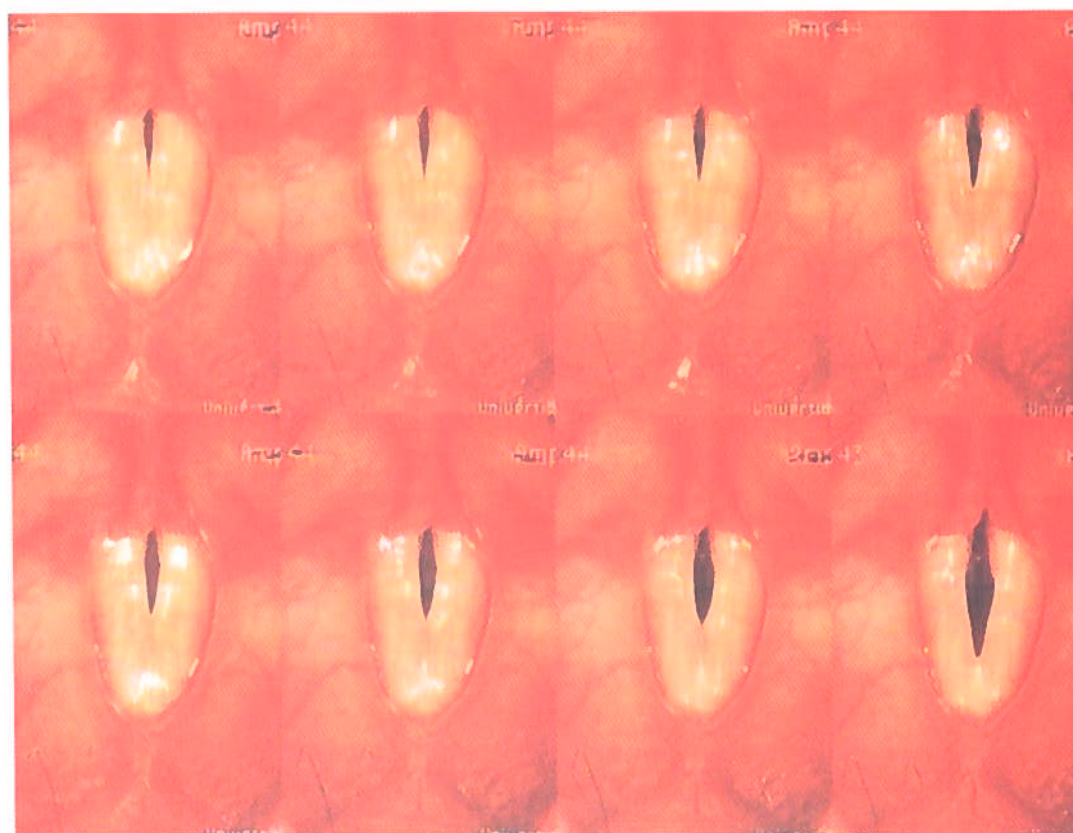


FIG. 4.—Ciclo vibratorio de mujer de veintiséis años. F^0 : 150 Hz.; amplitud: 70 dB. Ondulación simétrica de grado moderado. Apertura de atrás adelante. Longitud de cuerdas media. Defecto de cierre posterior. Voz normal.



FIG. 5.—Mismo caso de la figura 4. F^0 : 350 Hz.; amplitud: 65 dB. Se aprecia el incremento de elongación de las cuerdas vocales y el grado reducido de ondulación de la mucosa debido a aquél.

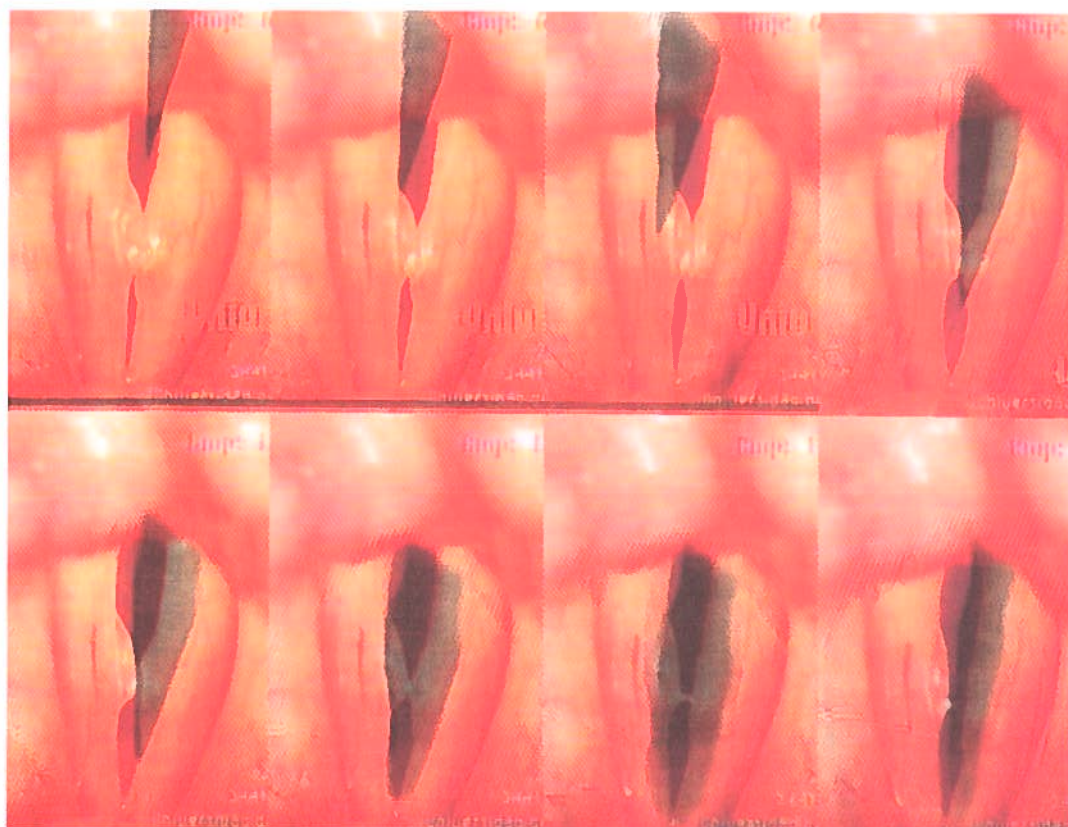


FIG. 6.—Ciclo vibratorio de mujer de treinta y cinco años. F^0 : 130 Hz.; amplitud: 70 dB. Edema regular de ambas cuerdas vocales. Ondulación de grado mayor. Defecto de cierre posterior permanente. Progresión de la mucosa de atrás adelante.

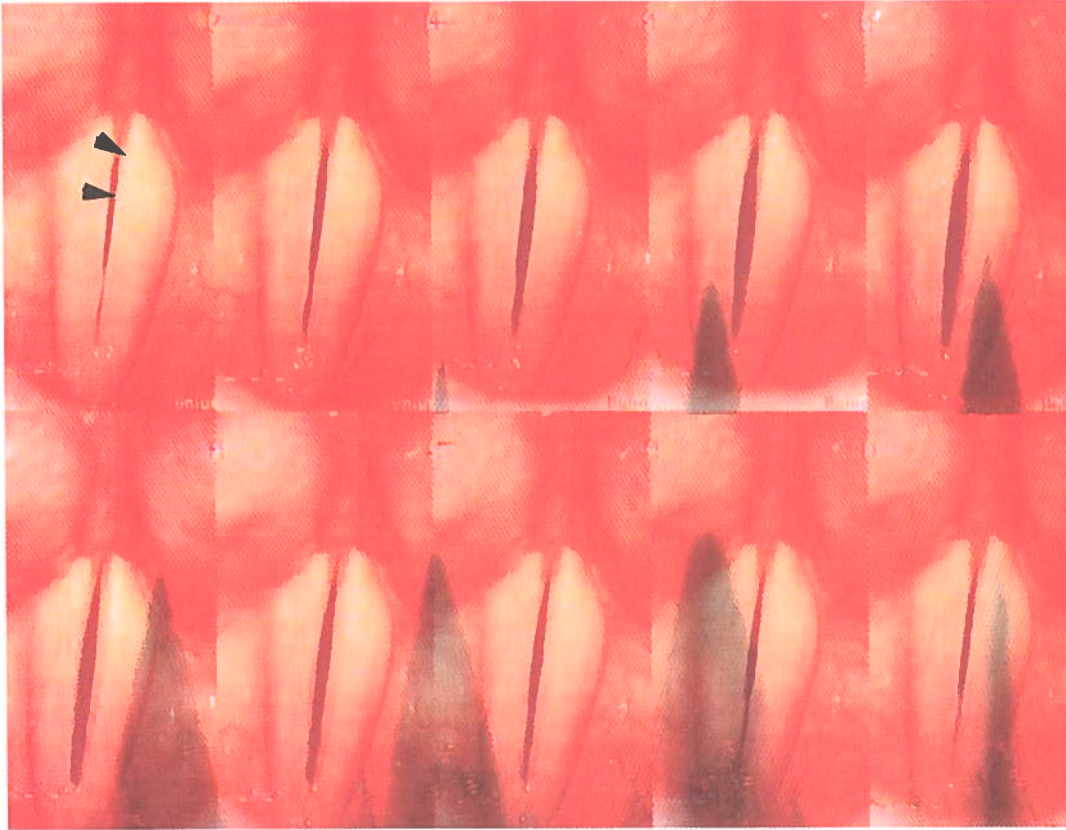


FIG. 7. —Ciclo vibratorio de varón de cincuenta y un años. Fº: 120 Hz.; amplitud: 75 dB. Se aprecia la acuminación de ambos bordes libres antes del inicio de la ondulación (triángulos). La progresión de la onda discurre de delante a atrás.

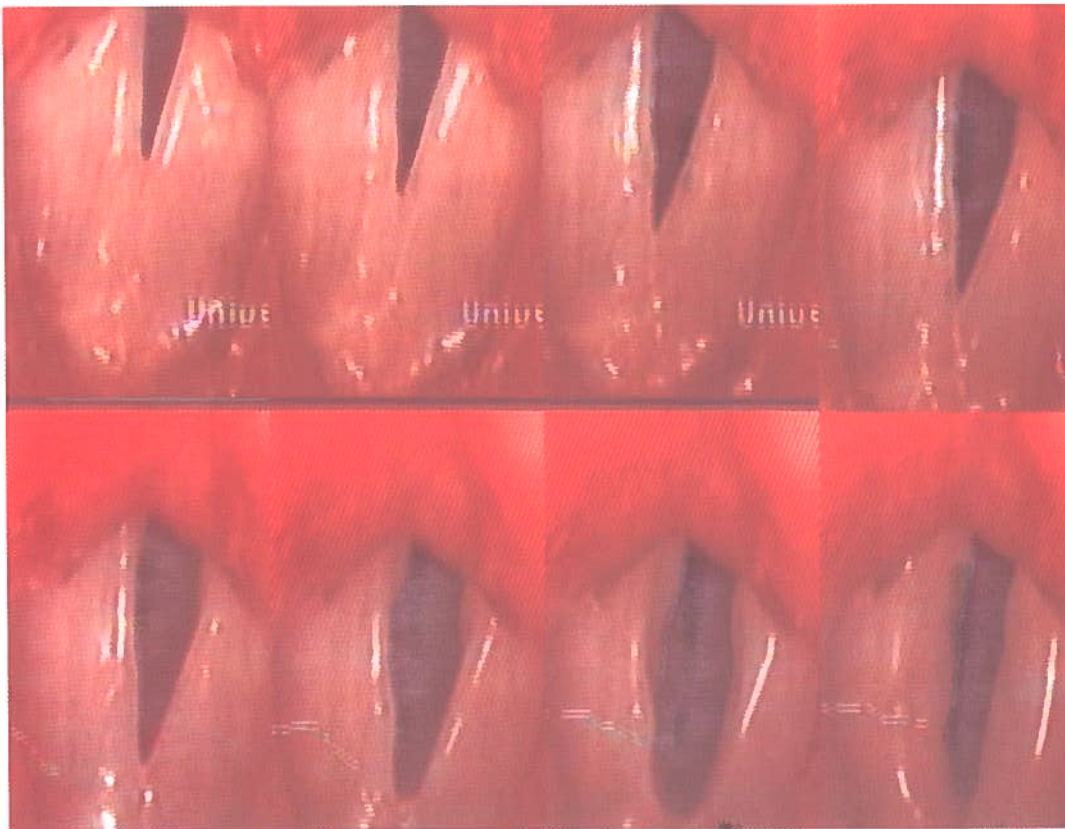


FIG. 8. —Nódulos vocales; defecto de cierre global en reloj de arena. La ondulación es ligeramente asimétrica, desapareciendo la imagen de nódulo de la cuerda vocal izquierda con el inicio de la fase de cierre.

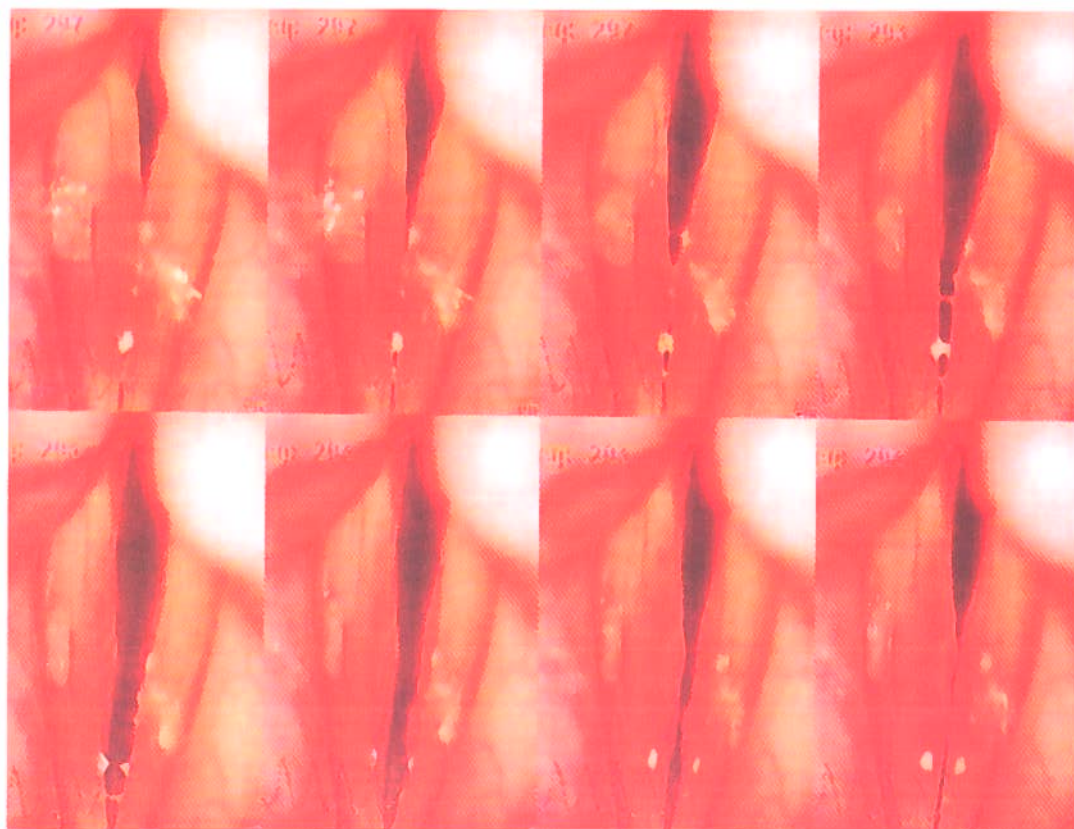


FIG. 9.—*Resultado postoperatorio del caso de la figura 8 a las veinticuatro horas de la operación. Ligeró edema de ambas cuerdas; persiste el defecto de cierre posterior.*

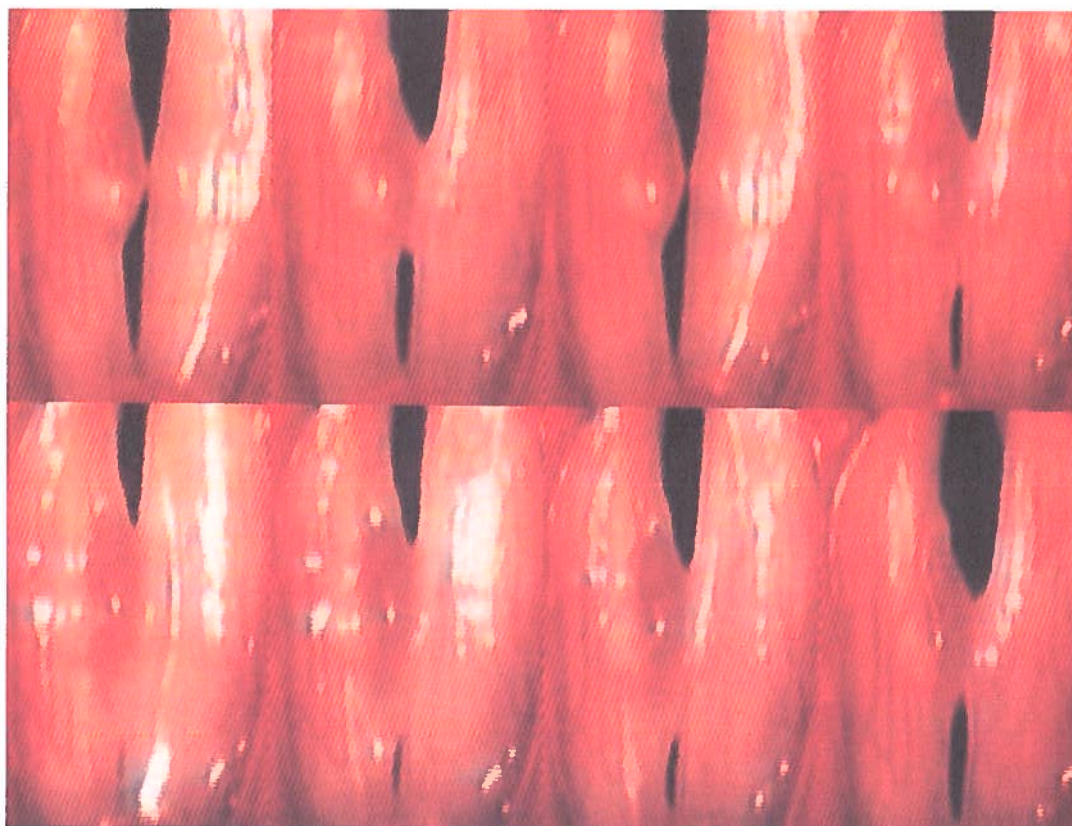
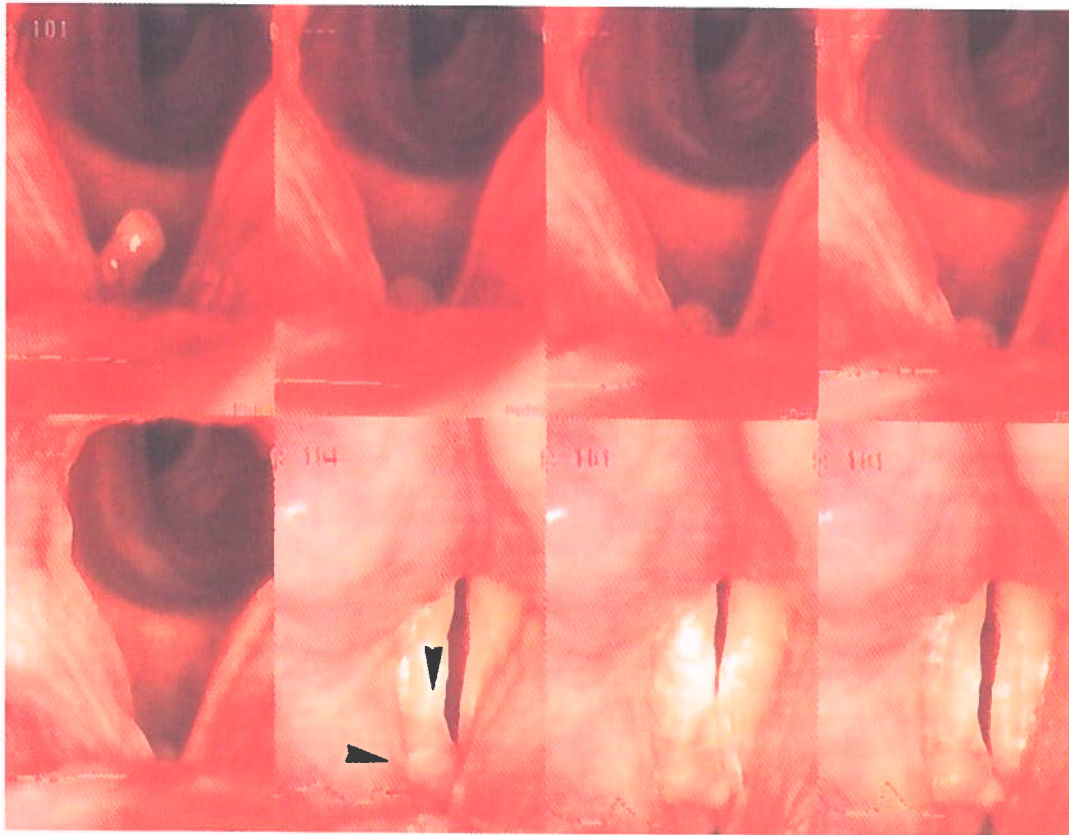
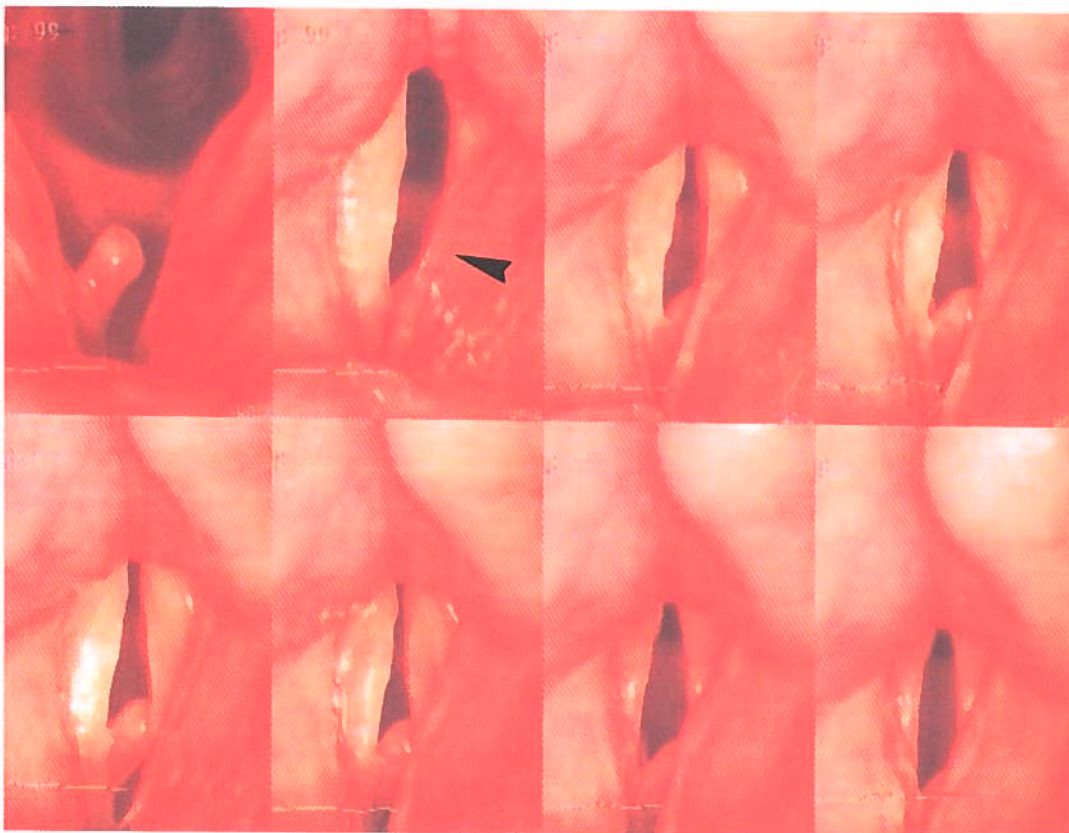


FIG. 10.—*Pólipo de cuerda vocal derecha. Defecto de oclusión y de ondulación.*



A

FIG. 11.—Pólipo pediculado de cuerda vocal derecha que se sitúa durante la inspiración por debajo del plano superior de la cuerda vocal. Durante la fonación se sitúa en unos momentos sobre la vertiente superior de la cuerda durante los cuales el trastorno disfónico es poco aparente y la oclusión casi completa. En otros se interpone entre ambas cuerdas vocales, incrementándose la disfonía de forma notable y generando un defecto de oclusión. Se interpreta esta alternancia como generada por la hiperplasia de banda ventricular izquierda que en ocasiones es «aspirada» hacia adentro impidiendo el ascenso del pólipo.



B

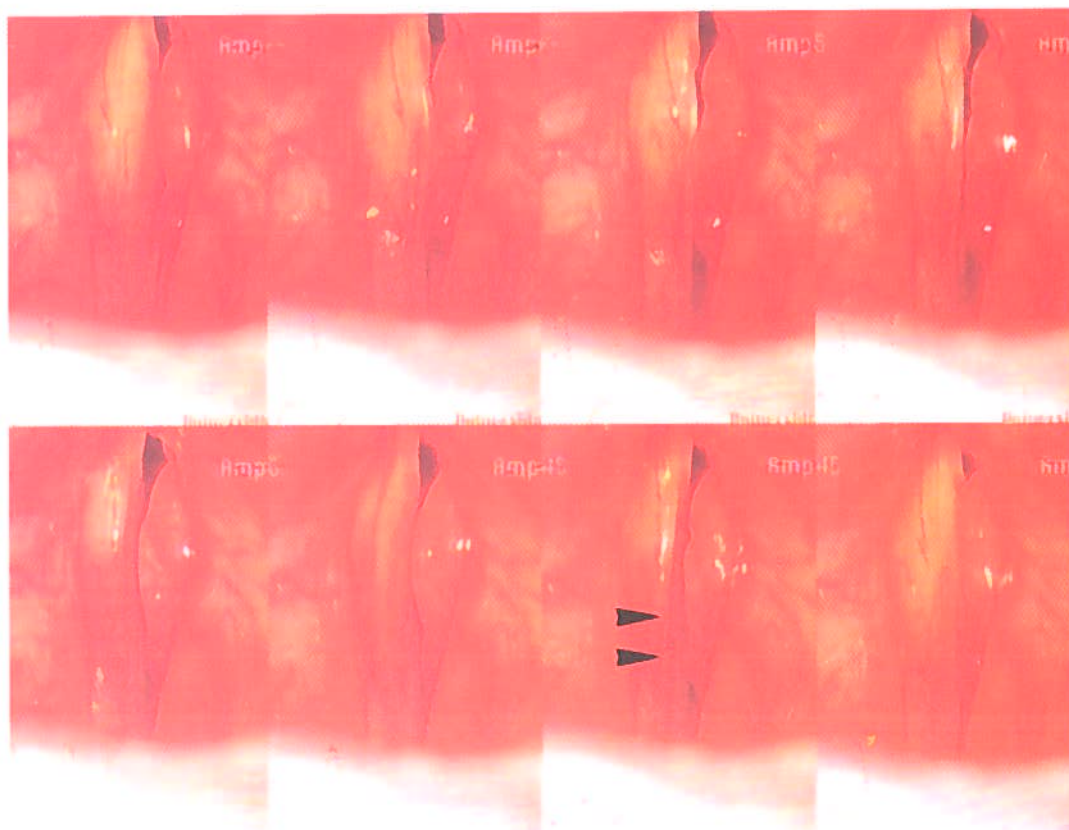


FIG. 12.—Pólipo sésil de cuerda vocal izquierda y sulcus de cuerda vocal derecha. El pólipo asienta sobre un sulcus de la cuerda izquierda no visible por la presencia del pólipo.

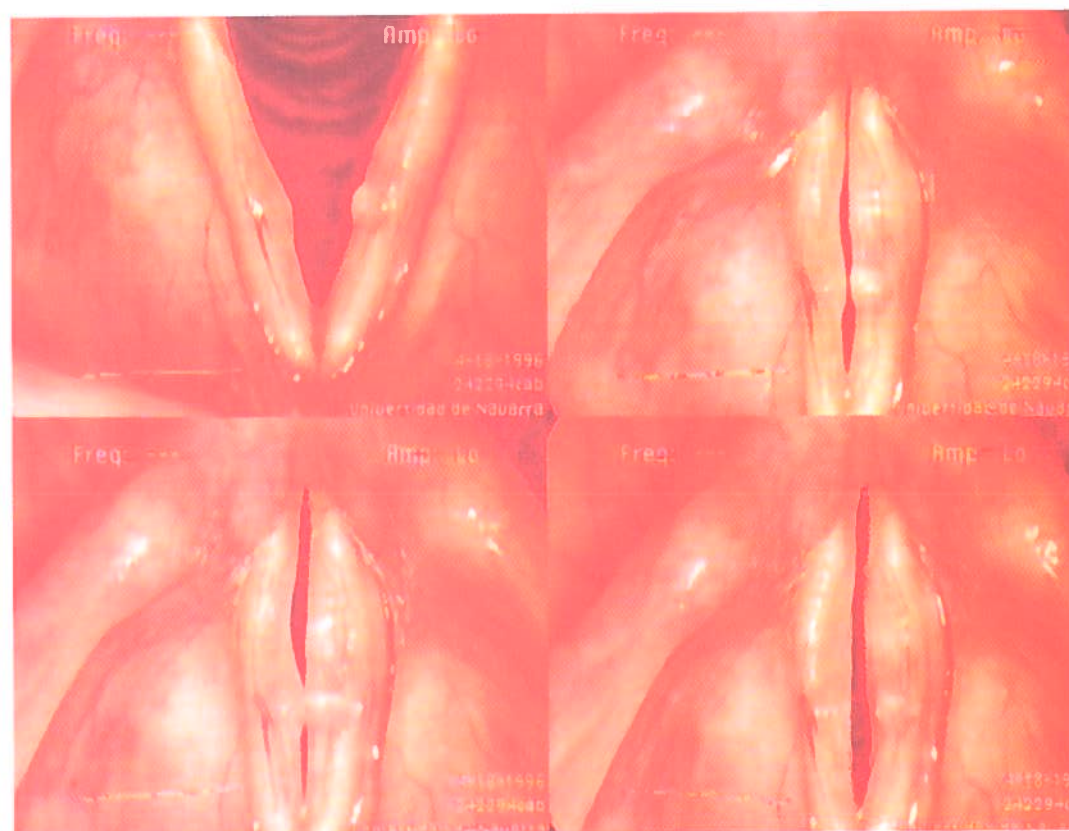


FIG. 13.—Quiste de cuerda vocal izquierda y nódulo reactivo derecho. Irregularidad de la ondulación y desplazamiento hacia afuera del quiste.

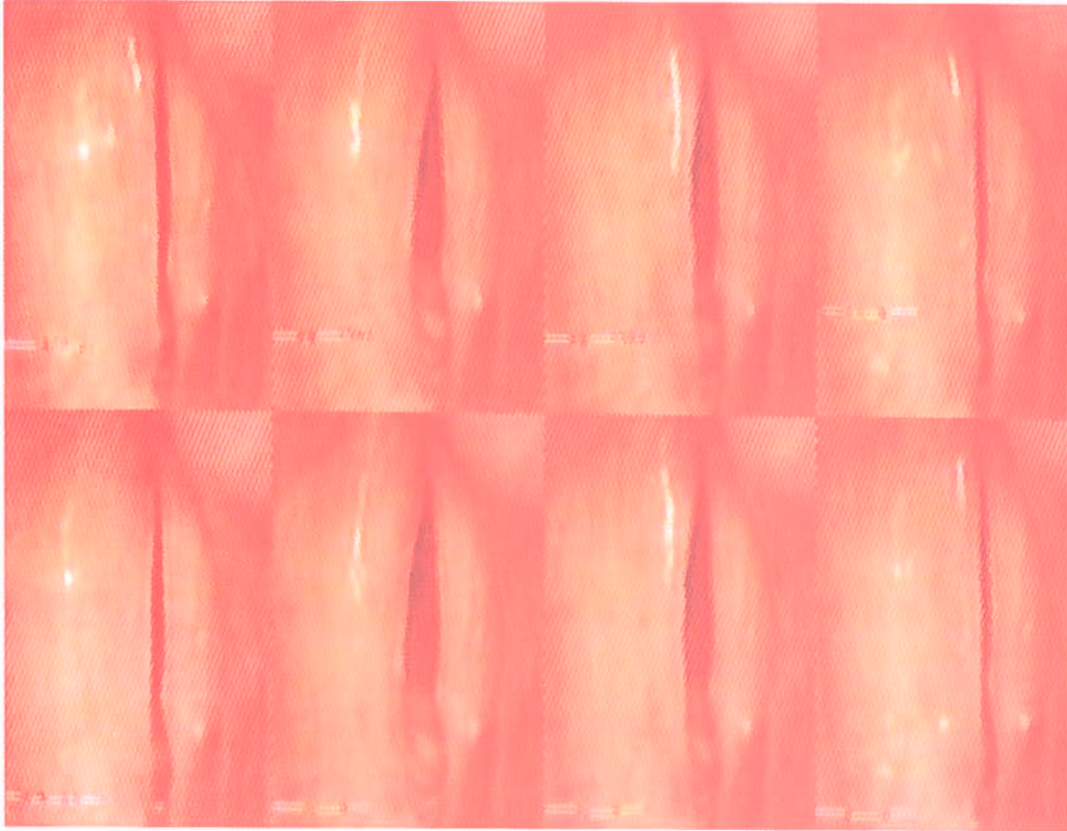


FIG. 14.
*Asimetría de la
ondulación por
rigidez del plano
de cobertura
de cuerda vocal
izquierda.*

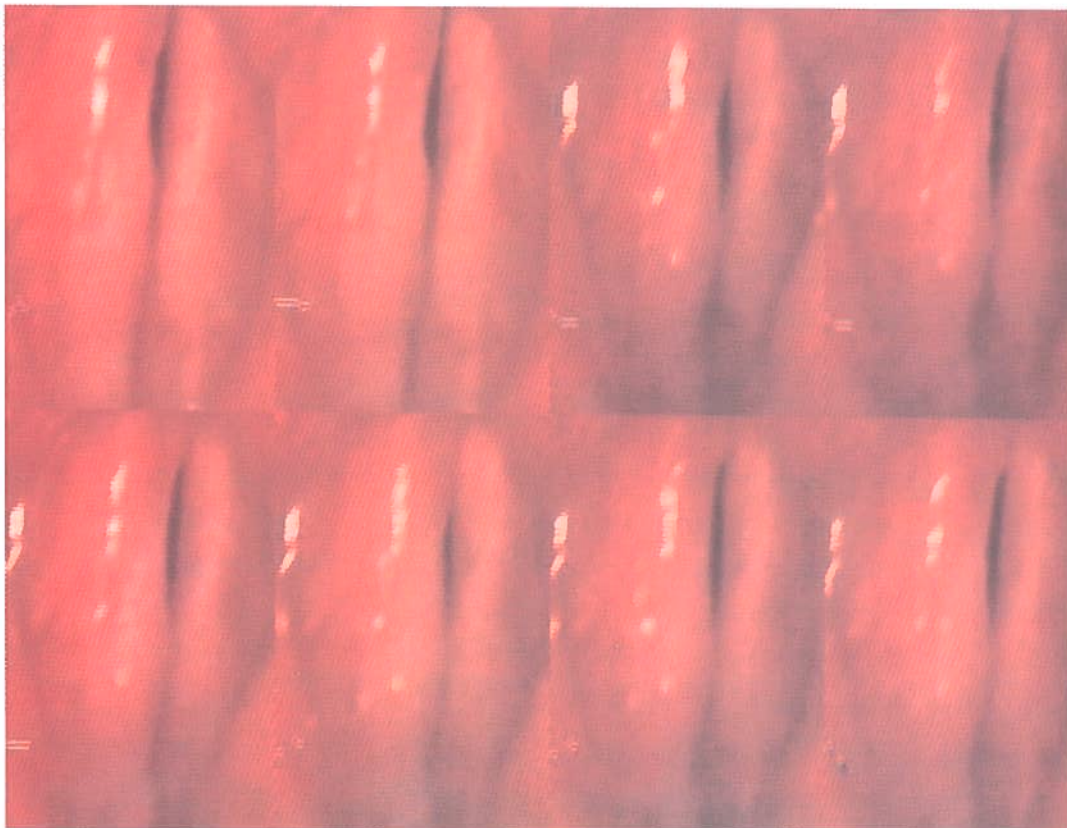


FIG. 15.
*Ausencia
de ondulación
de ambas cuerdas
e irregularidad
de bordes libres.*

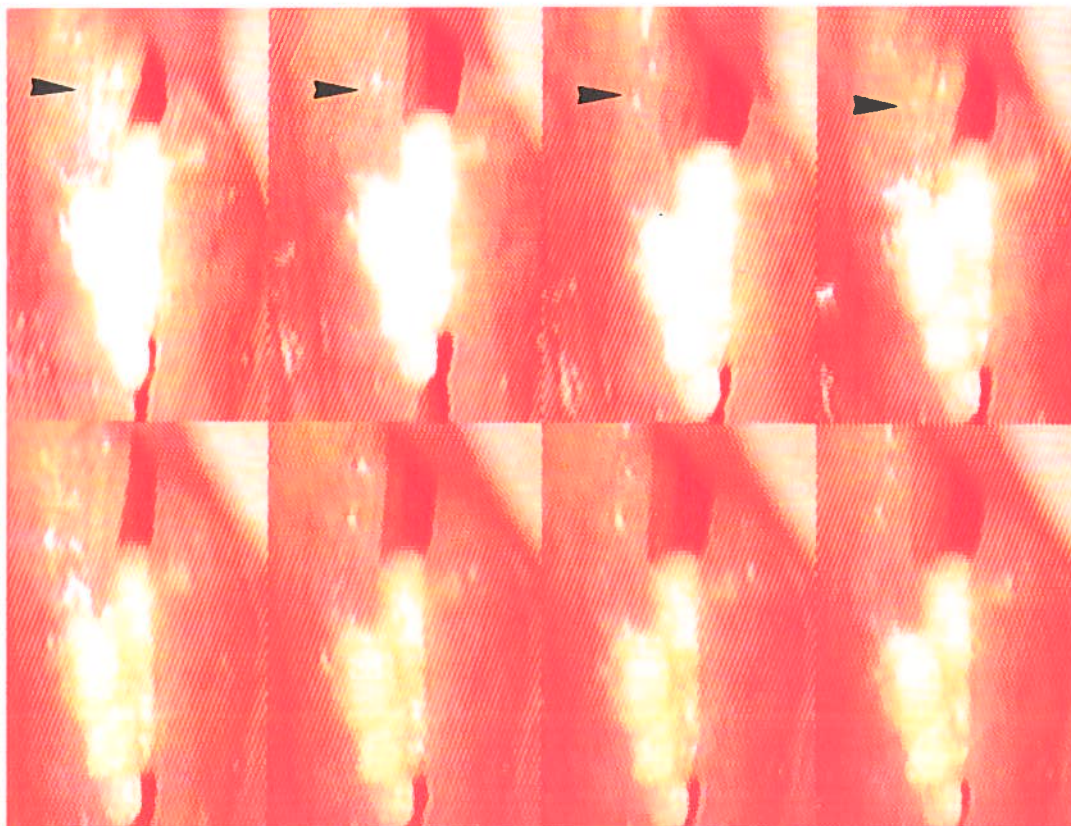


FIG. 16.
*Carcinoma de
cuerda vocal
derecha. Ausencia
de ondulación de
la cuerda vocal
izquierda por
contacto con ella
de la masa
derecha. En el
segmento posterior
de la cuerda vocal
derecha se
conserva la
ondulación
(triángulos).*

Fotografía laríngea y videoimpresoras

J. M. ESPINOSA SANCHEZ

INTRODUCCION

La documentación por medio de fotografía y/o vídeo de los hallazgos de un paciente tiene gran importancia. En primer lugar, es evidente que la descripción de una lesión en la historia clínica se ve enriquecida cuando se dispone de una o varias imágenes que permiten comparar la situación observada en cada consulta. El conocido tópico de una imagen vale más que mil palabras es muy válido al referirse a una exploración. De este modo se mejora la toma de decisiones y por tanto aumenta la calidad de nuestro trabajo como médicos. Además, la fotografía (y el vídeo) resulta muy útil para comentar con el paciente su enfermedad. Por otra parte, la fotodocumentación tiene un gran interés de cara a la docencia y la investigación facilitando la presentación de casos clínicos para su discusión con residentes y otros colegas. Igualmente permite elaborar un archivo de casos. Por último, la fotografía tiene alto valor médico-legal para documentar un determinado caso y justificar un diagnóstico y un tratamiento determinado. Este punto tiene cada vez más importancia ante el aumento de demandas judiciales por malpraxis.

La historia general de la fotografía arranca de las experiencias de NIEPCE, DAGUERRE, TALBOT, HERSHEL y BAYARD en el pasado siglo. La primera fotografía fue tomada por NIEPCE en 1826. Más tarde, en Nueva York, en 1882, THOMAS FRENCH realizó la primera fotografía laríngea empleando un espejito laríngeo, un espejo frontal y una cámara fotográfica muy primitiva. HOLINGER y BRUBAKER desarrollaron en 1940 una cámara endoscópica que permitía obtener excelentes fotografías de la laringe, tráquea, bronquios y esófago.

EQUIPO

Cámara

La cámara fotográfica que precisamos debe ser una réflex de 35 mm. de un solo objetivo (SLR: *single lens reflex*), con sistema TTL (*through the lens*) de medición de la luz y con posibilidad de compensar manualmente la exposición. Es preferible que la

cámara disponga de motor de arrastre para la película, que puede estar ya incorporado o bien adaptarse externamente. También es conveniente que la cámara disponga de cable disparador para cuando se emplee adaptada al microscopio. Un respaldo fechor también resultará de utilidad.

Con respecto a los sistemas de enfoque de la cámara, los telémetros, ya sean de imagen partida o de micropismas, resultan engorrosos de utilizar con el microscopio y sobre todo con el endoscopio, ya que se oscurecen parcialmente. Por ello nosotros preferimos realizar el enfoque a través del visor réflex, pero con una pantalla de campo mate transparente o una pantalla planoconvexa especial para fotografía endoscópica (como la Olympus 1-9). El disponer de un sistema autofocus carece de interés al no poder utilizarse con el microscopio o los endoscopios. Los sistemas de enfoque manual asistidos electrónicamente funcionan al adaptar la cámara al microscopio; sin embargo, en nuestra experiencia su utilidad es escasa en estas circunstancias.

Algunas cámaras disponen de un botón para visión previa de la profundidad de campo. Esta opción es útil en macrofotografía, pero no está disponible al combinar el cuerpo de la cámara con adaptadores para microscopio o endoscopio.

La exposición de cualquier película viene determinada por dos parámetros: abertura de diafragma y velocidad de obturación (tiempo de exposición). Estos parámetros se pueden establecer de diversos modos dependiendo de las opciones de que disponga cada cámara: manual, automático, semiautomático con prioridad a la abertura, o semiautomático con prioridad al obturador. El modo automático es el más cómodo para el principiante; en esta modalidad la cámara establece por sí sola la velocidad de obturación y la abertura de diafragma. Cuando empleamos un modo de exposición semiautomático nosotros fijamos la velocidad o el tiempo de exposición y la cámara establece por sí sola el otro. Cuando utilizamos un modo de exposición manual determinamos el diafragma y el tiempo de exposición guiándonos por la lectura del exposímetro de la cámara y nuestra experiencia. Muchas cámaras disponen sólo de modo manual y semiautomático con prioridad a la apertura, denominando entonces automático a este modo aunque no lo sea totalmente

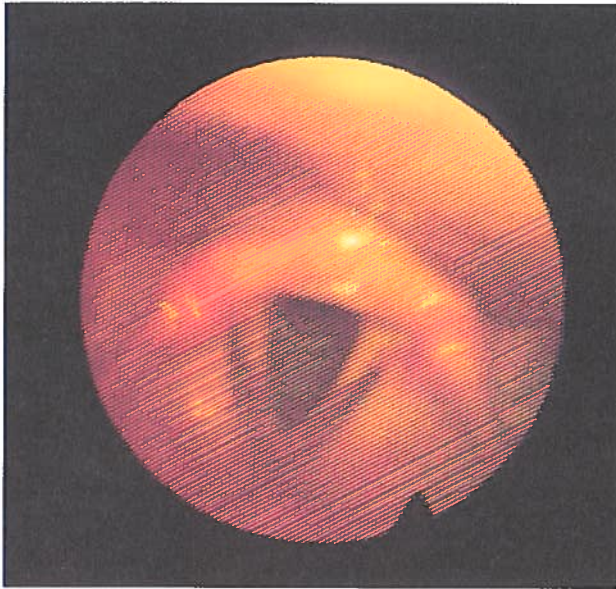


FIG. 1.—Fotografía obtenida mediante fibroscopia. Se aprecia cómo son imágenes de pequeño tamaño, con poca luminosidad y en las que se aprecia la malla de fibras.

ya que el fotógrafo establece la apertura de diafragma que desea. En general, los programas totalmente automáticos sólo funcionan en las cámaras réflex cuando el cuerpo de la cámara está conectado a un objetivo con CPU incorporada y no funcionan al utilizar un endoscopio o adaptarla al microscopio.

Cuando realizamos fotografías con endoscopios no tenemos que preocuparnos por la abertura ya que ni las ópticas rígidas ni los objetivos-adaptadores disponen de diafragma. En esta situación solemos emplear un modo semiautomático con prioridad a la abertura.

Al efectuar fotografías con la cámara adaptada al microscopio el diafragma se sitúa en el propio foto-

adaptador. En este caso podemos emplear un modo manual, si bien es más cómodo utilizar un programa con prioridad a la apertura de modo que al variar el diafragma del codo la cámara ajuste automáticamente la velocidad.

Aunque el exposímetro de la cámara esté muy perfeccionado, al realizar fotografías con un endoscopio se producen exposiciones erróneas ya que la imagen ocupa sólo un círculo central y el resto de la pantalla aparece en negro. En estas situaciones se obtienen con frecuencia fotografías sobreexpuestas al leer el exposímetro también la periferia negra y hacer una medición global. Este problema se soluciona con un pequeño truco, que consiste en compensar la exposición subexponiendo. Generalmente basta con subexponer un punto, pero es aconsejable realizar varias tomas con distintos valores de exposición (+1, 0, -1, -2) para después seleccionar la fotografía que nos resulte mejor expuesta. Si trabajamos con cámaras que disponen de sistema matricial de medición de la exposición hemos de recordar que éste no funciona con objetivos sin CPU incorporada, ajustándose entonces automáticamente al sistema de medición convencional.

Película

Habitualmente utilizamos película de formato 135 para diapositivas en color. Empleamos película profesional Kodak Ektachrome 64 para luz de tungsteno (EPR-64) tanto con el microscopio como con la óptica rígida cuando utilizamos fuentes de luz halógenas. Aunque muchos autores recomiendan utilizar películas de sensibilidad mayor (200 ó 400 ISO), nosotros utilizamos la de 64 ISO porque proporciona mayor detalle y nitidez al ser el grano muy fino y tiene una buena saturación del color. Con fuentes de luz de xenon o con flash incorpora-

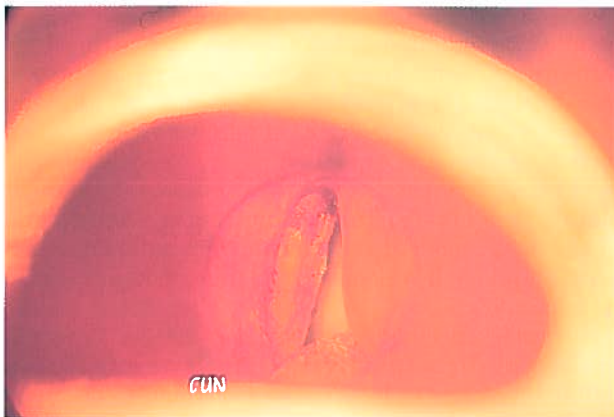


FIG. 2.—Fotografía obtenida en quirófano durante una laringoscopia directa acoplando la cámara fotográfica al microscopio. Se aprecian bien las cuerdas vocales en el centro de la imagen. Sobra el aro generado por el laringocopio.



FIG. 3.—Fotografía obtenida en quirófano durante una laringoscopia directa acoplando la cámara fotográfica al microscopio. Se aprecia bien la lesión, aunque sobra el aro generado por el laringocopio. La utilización de película para luz día confiere a la imagen unos tonos cálidos.

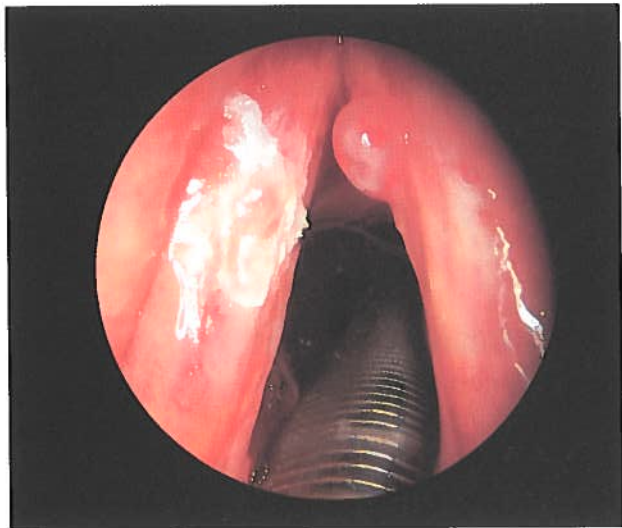


FIG. 4.—Fotografía obtenida en quirófano durante una laringoscopia directa empleando un endoscopio rígido acoplado a la cámara fotográfica.

do utilizamos película para luz día, dependiendo la sensibilidad de las recomendaciones del fabricante de la fuente de luz y de nuestra experiencia. La utilización de película para luz día con sistemas de iluminación distintos al xenon o al flash proporciona una tonalidad rojizo-amarillenta a la fotografía, que será mayor o menor en función de la temperatura de color de la fuente de luz.

Fuentes de luz

Las fuentes de luz representan, junto con las ópticas, los elementos más importantes del sistema de fotografía. Existen muchos tipos de fuentes de luz en el mercado; a la hora de optar por una fuente de luz que sea útil para fotografía endoscópica es importante conocer qué diferencia unos modelos de otros. Las fuentes de luz pueden ser clasificadas en dos grandes grupos según el tipo de lámpara que utilicen: lámparas de incandescencia (también denominadas de tungsteno) y lámparas de descarga con vapor de xenon. Las fuentes de luz más habituales son las halógenas, que incorporan un tipo particular de lámpara de tungsteno. Los microscopios más habituales también utilizan este tipo de lámparas. Desde el punto de vista de la fotografía práctica hay que recordar que con este tipo de sistema de iluminación es preciso emplear película para luz artificial, ya que la temperatura de color de las lámparas halógenas suele ser de 3.200-3.400 K. Las fuentes de luz de xenon poseen un mayor rendimiento y la duración de la lámpara es mayor; ofrecen una luz con una temperatura de color de 5.500 K, que es la temperatura a la que están ajustadas las películas de color para luz de día.



FIG. 5.—Fotografía obtenida en consulta durante una laringoscopia indirecta con espejito.

Las fuentes de luz empleadas habitualmente durante exploraciones laríngeas suelen tener una lámpara halógena de 150 vatios que con frecuencia resulta insuficiente para fotografía al requerir unos tiempos de exposición muy largos que darían lugar a imágenes movidas. Las fuentes de luz halógena para fotografía suelen contar con una lámpara de 250 vatios y una temperatura de color de 3400 K. La casa Wolf dispone de un modelo dotado de una lámpara de 400 vatios que alcanza los 5.600 K, por lo que se puede utilizar película para luz de día.

Una de las mejores fuentes de luz para fotografía es el modelo 600 de Storz, que dispone de una lámpara halógena de tungsteno de 250 vatios con cuatro intensidades de iluminación para luz continua y de un flash electrónico TTL que se conecta a la cámara para sincronía del disparo y cálculo automático de la exposición. El sistema computadorizado TTL ajusta la intensidad del destello de la lámpara del flash midiendo la luz a través del objetivo para conseguir una exposición óptima. Si empleamos esta fuente de luz con flash incorporado la pe-



FIG. 6.—Se observa la cámara fotográfica adaptada al bifurcador de imágenes del microscopio operatorio.

lícula debe ser para luz día, habitualmente Ektachrome de 200 ISO.

En la actualidad se encuentra disponible en el mercado una nueva fuente de luz de magníficas características. Se trata del modelo xenon 300 de Storz que consta de una lámpara de xenon de 300 vatios que proporciona luz continua para videogración y a la que se acopla una unidad de flash sincronizado TTL. Una ventaja de las fuentes de luz de xenon sobre los flashes electrónicos es que no requiere período de calentamiento entre disparos. No obstante, no es preciso recurrir a estas fuentes de luz tan caras para obtener excelentes fotografías.

Es preciso resaltar la importancia del cable de fibra óptica, que ha de estar en buenas condiciones para obtener el máximo rendimiento de cada fuente de luz. Los conductores de luz de fibra de vidrio están constituidos por un gran número de fibras individuales dispuestas a modo de haz. Desde un punto de vista práctico hay que tener en cuenta que en estos conductores se produce una absorción lumínica de un 10% por metro de cable y una pérdida de radiación del 40%. Esto supone que si empleamos un cable conductor de dos metros, en su extremo distal dispondremos de un tercio de la luz aportada por la fuente.

Objetivo

Existen en el mercado varios objetivos diseñados específicamente para fotografía endoscópica. Entre ellos sobresale el modelo Storz 576A. Se trata de un zoom de 70-140 mm. de distancia focal que in-

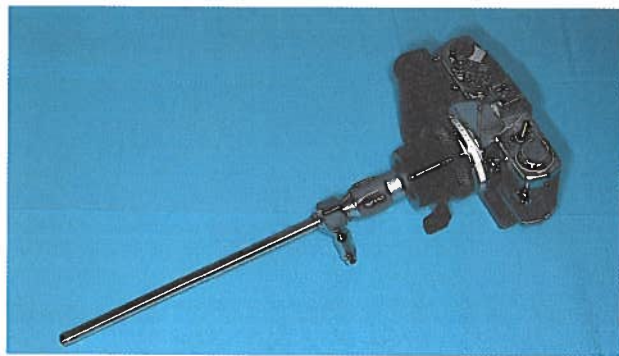


FIG. 7.—Cámara fotográfica con endoscopio rígido adaptado.

corpora un exposímetro que mide la luz e informa de ello a la cámara y al flash TTL para conseguir una exposición óptima. Con el zoom se consiguen imágenes de mayor tamaño; también dispone de un anillo de enfoque para conseguir un foco preciso. Con un aro adaptador este objetivo se puede conectar a diversas cámaras réflex; el otro extremo del objetivo abraza al endoscopio. Un objetivo más sencillo es el Olympus SM-R, pero no dispone de zoom, ni anillo de enfoque ni posibilidad de flash TTL. Con este otro objetivo el enfoque se encuentra teóricamente en el infinito. Otro objetivo disponible es el Riwo de 105 mm.

Endoscopios

Para fotografiar la laringe en quirófano durante una laringoscopia directa utilizamos una óptica rígida Hopkins de 0°, de 10 mm. Ø y 20 cm. de longitud modelo (modelo 8701AG de Storz). También se pueden emplear endoscopios de 30° para detalles de los ventrículos, por ejemplo. Estas ópticas de mayor diámetro que las habituales permiten unas fotografías excelentes al proporcionar mayor luminosidad, al tiempo que proporcionan una imagen de mayor tamaño que con otros endoscopios. Sin embargo, si se utiliza un tubo laringoscópico de pequeño tamaño no es posible superar el último segmento de éste con el extremo distal de la óptica rígida de 10 mm. Ø y suele aparecer en la fotografía parte del laringoscopio.

En la consulta utilizamos ópticas rígidas de 70 ó 90° como los modelos 8702D de Storz y 4447.57 de Wolf; éste último dispone de sistema de enfoque. El modelo SFT-1 de Nagashima de 70° ofrece unas imágenes magníficas.

La realización de fotografías laríngeas también es posible por medio de fibroscopios; sin embargo, los resultados que hemos obtenido no resultan satisfactorios. El pequeño diámetro de los fibroscopios hace que la cantidad de luz que aportan resulte a menudo insuficiente para fotografiar la laringe. Por otra parte, la fotografía suele mostrar la malla de fibras ópticas.

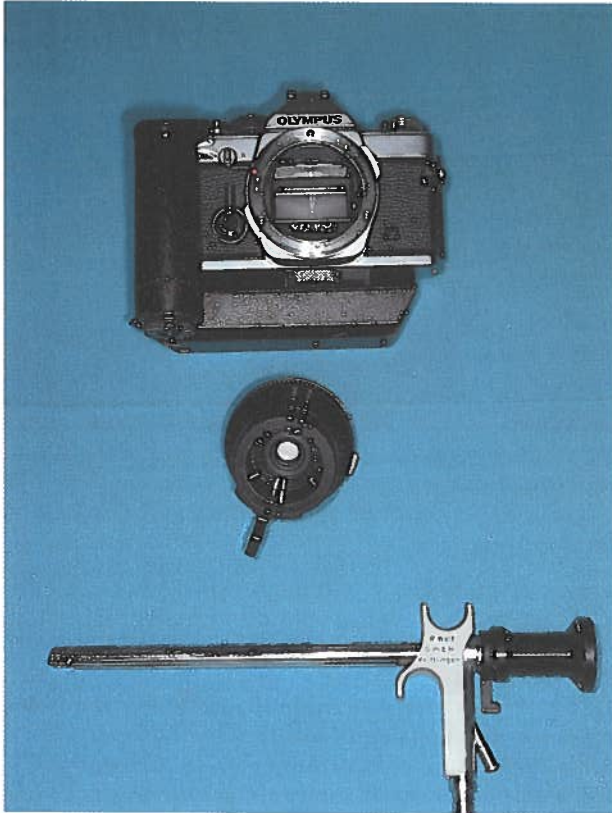


FIG. 8.—Sistema de endoscopia rígida: cuerpo de cámara, adaptador y endoscopio.

Fotoadaptadores

Un fotoadaptador es un dispositivo en forma de codo que conecta la cámara al divisor de haces del microscopio quirúrgico. Nosotros utilizamos un codo Zeiss que dispone de diafragmas de 14 a 64. Además interponemos entre la cámara y el codo un duplicador que permite amplificar la imagen de modo similar al de un ocular (aunque éstos suelen ser de X10). Existen en el mercado anillos con bayonetas para distintas monturas (Nikon, Olympus, Pentax) que adaptan el codo y el duplicador a cada cámara.

TECNICA

A efectos didácticos es conveniente distinguir la técnica empleada en quirófano de la utilizada en la consulta al variar no sólo el material, sino también el procedimiento.

En quirófano

Existen básicamente dos métodos para realizar fotografías durante una laringoscopia directa: con



FIG. 9.—Se observa la cámara fotográfica adaptada al bifurcador de imágenes del microscopio operatorio.

microscopio quirúrgico y con un endoscopio. Para efectuar fotografías con el microscopio éste ha de disponer de un divisor al que podamos adaptar la cámara por medio de un codo fotoadaptador. Habitualmente empleamos un microscopio Zeiss modelo S21 con lente de 400 mm. Este codo adaptador es diferente del empleado habitualmente con cámaras de vídeo. Existe en el mercado un codo doble que permite adaptar al mismo lado del microscopio la cámara fotográfica y la cámara de vídeo, dejando el otro lado del bifurcador para el visor del ayudante. Como expusimos con anterioridad, nosotros interponemos entre la cámara y el codo un duplicador que magnifica la imagen. Con lentes de distancia focal más corta (250-350 mm.) no sería preciso este duplicador; sin embargo, a esas distancias resulta incómodo trabajar, sobre todo si se está operando con láser, porque los instrumentos chocan con el microscopio. Aunque consigamos igualar el foco de la cámara y el del ocular del microscopio variando las dioptrías del ocular del microscopio es preferible encuadrar y enfocar a través del visor de la cámara para obtener unos resultados satisfactorios con este sistema. El enfoque es más fácil con el diafragma del adaptador abierto al máximo. Una vez logrado el enfoque óptimo manipulando el microscopio, cerramos el diafragma para conseguir más profundidad de campo. Finalmente disparamos utilizando el cable disparador para evitar el movimiento del microscopio y realizando varias tomas

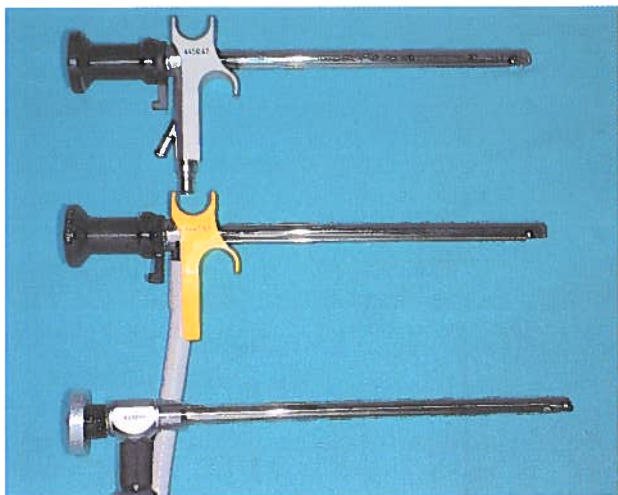


FIG. 10.—Diferentes endoscopios rígidos.

con diferentes valores de exposición. Hemos empleado diversas cámaras fotográficas y como cabría esperar no apreciamos diferencias sustanciales al aplicarlas al microscopio. Unicamente podemos resaltar que el enfoque resulta más cómodo con la pantalla de enfoque tipo B de las cámaras Nikon autofocus al dar una imagen más nítida. Es aconsejable emplear un laringoscopio que permita una buena iluminación, de superficie mate y negra para evitar la reflexión de la luz. En general basta con la luz halógena del propio microscopio, pero se pueden conseguir mejores fotografías empleando una fuente de luz con flash TTL sincronizado. En cuanto a la película, usamos Ektachrome para luz artificial de entre 64 y 160 ASA. La principal ventaja de realizar las fotografías empleando el microscopio es que pueden efectuarse rápidamente y con facilidad en cualquier momento de la microcirugía sin interrumpir la intervención. Además al variar los aumentos del microscopio conseguimos magnificar la imagen laringoscópica. Entre los inconvenientes podemos citar la escasa profundidad de campo con magnificaciones altas y la aparición del laringoscopio en la periferia de la imagen (que puede solucionarse aumentando los aumentos del microscopio, ampliando la diapositiva o con programas informáticos de retoque de imágenes).

El otro método de fotografía laríngea en quirófano consiste en emplear un *endoscopio*. Para ello precisamos la cámara, un objetivo-adaptador, la óptica rígida y una fuente de luz. Nosotros solemos emplear una cámara Olympus OM-2 con motor y pantalla de enfoque 1-9, un objetivo Storz 576A con un endoscopio Storz 8701A de 0° y una fuente de luz halógena continua Storz 488 (con este fuente basta una película de 64 ASA para luz artificial). Para tomar la fotografía la óptica se introduce a través del laringoscopio hasta visualizar la la-



FIG. 11.—Realización de una fotografía durante una laringoscopia directa utilizando una óptica rígida acoplada a la cámara fotográfica.

ringe; el encuadre y el enfoque se realiza acercando o alejando el endoscopio de la lesión. El ajuste fino se lleva a cabo con el zoom y el anillo de enfoque del objetivo. Cuando empleamos esta técnica no es preciso emplear cable disparador, ya que los tiempos de exposición son iguales o superiores a 1/60 de segundo si la iluminación es adecuada. Como siempre, es oportuno realizar diferentes tomas con varias exposiciones (horquillado o bracketing). La principal ventaja de realizar las fotografías con una óptica rígida es su mayor calidad frente a otros sistemas (microscopio con fotoadaptador, objetivos macro, teleobjetivos). Como inconvenientes podemos señalar el alto coste del equipo y el mayor tiempo que se tarda en tomar la fotografía. Otro inconveniente es que la lente se suele empañar. Esto se puede solventar en parte introduciendo el endoscopio en una solución de suero caliente con jabón (nosotros empleamos Hibiscrub®).

Existen otros métodos de fotografía laríngea en quirófano que, en nuestra opinión, ofrecen resultados menos satisfactorios. Algunos autores emplean un teleobjetivo de 100 ó 200 mm. apoyado en un trípode o un objetivo macro de 50 mm., fotografiando la laringe directamente a través del tubo del laringoscopio sin utilizar el microscopio. YANAGISAWA describió la técnica «macrolens» con la que realiza fotografías en quirófano aplicando directamente un objetivo macro de 50 mm. al ocular del microscopio operatorio.

En consulta

El mejor sistema de fotografía laríngea en consulta es el que emplea una óptica rígida. Nosotros solemos emplear el mismo sistema que en quirófano (cámara Olympus OM-2 con motor y pantalla de enfoque 1-9, con el objetivo 576A de Storz o en su

defecto el SM-R de Olympus), pero con una óptica de 70 ó 90°. En ocasiones utilizamos una cámara Ricoh y la fuente de luz de xenon. Para realizar la toma primero humedecemos el extremo distal de la óptica con saliva de la mucosa yugal del paciente a fin de impedir el empañamiento; después la enfermera o el propio paciente tracciona de su lengua hacia afuera, al tiempo que introducimos el endoscopio, adaptado ya a la cámara, cuidando de no rozar la superficie de la lengua ni el velo del paladar y deteniéndonos ante la pared posterior de la orofaringe. A continuación realizamos el encuadre angulando la óptica y sirviéndonos del zoom. En general no es preciso enfocar ya que toda la laringe suele encontrarse en foco. Realizamos varios disparos en fonación y durante respiración tranquila. En ocasiones es preciso aplicar en orofaringe spray anestésico para evitar náuseas. Quizá en esta modalidad de fotografía laríngea más que en cualquier otra el éxito de la toma depende de la combinación de una buena fuente de luz y una película de sensibilidad óptima que permita velocidades de exposición elevadas para evitar imágenes movidas. Nuestro consejo es buscar la película cuya sensibilidad se adapte mejor a la potencia de la fuente de luz que empleamos, pero recordando que a mayor sensibilidad mayor grano. Ya que los tiempos de exposición han de ser cortos no se utiliza cable disparador; sin embargo, resulta sumamente útil disponer de motor de arrastre.

También se pueden obtener fotografías laríngeas en la consulta empleando un espejito laríngeo y tomando la fotografía enfocando al espejito, con la cámara adaptada al microscopio. Aunque a veces se obtienen buenas fotografías con este método su porcentaje de éxito se cifra en un 10-20% y en la actualidad rara vez lo empleamos.

Como mencionamos con anterioridad, también el fibroscopio permite obtener fotografías de la laringe, pero los resultados no suelen ser satisfactorios al aparecer en la diapositiva la malla de fibras y también por requerir más luz que una óptica rígida.

VIDEOIMPRESORAS

Las videoimpresoras han venido a facilitar el manejo de la documentación gráfica sobre soporte magnetoscópico mediante su paso a papel, lo que hace más ágil el seguimiento de los pacientes al poder disponer de imágenes estáticas microprocesadas a la historia clínica, así como la comunicación interprofesional y la documentación gráfica de publicaciones. Las ventajas de la videoimpresión son la obtención inmediata y la facilidad de realización del paso de imagen de vídeo a papel. En el momento actual la calidad es aceptable, pero siempre inferior a la de la fotografía convencional, dependiendo sobre todo de la calidad de la imagen obtenida en vídeo.

Las videoimpresoras de última generación utilizan como procedimiento de impresión la transferencia térmica mediante sublimación del color. En las videoimpresoras de gama alta la señal analógica de entrada de vídeo se procesa digitalmente en una señal de 8 bits con una gradación de 256 niveles de tricomía (amarillo, magenta, cian) con un total de 16,7 millones de colores por pixel. Modelos más sencillos disponen de 64 gradaciones por color.

Las videoimpresoras se pueden clasificar según el formato de imagen que ofrecen. Hoy día las más empleadas en endoscopia (laríngea, digestiva, etc.) son las impresoras color en formato A5. También se utilizan impresoras con formato A6; el formato A4 encuentra su mayor aplicación en radiología. Dependiendo de cada modelo es posible realizar varios tipos de composiciones en cada hoja de papel: impresión partida de dos, cuatro, ocho o dieciséis imágenes iguales o distintas. Además se puede añadir una leyenda con comentarios. El tiempo de impresión depende de cada modelo, variando desde treinta hasta ochenta y cinco segundos por copia.

A la hora de seleccionar una videoimpresora la característica primordial es la calidad de reproducción; además hay que tener en cuenta las prestaciones de cada modelo y su facilidad de manejo.

Las modernas videoimpresoras de formato A5 cuentan con 1.176 líneas $\times$ 1.920 puntos de elementos de imagen y una resolución de 300 p.p.p. (puntos por pulgada); los modelos de inferior gama tienen una resolución de 142 p.p.p.

Otra característica que diferencia unos modelos de otros es la variedad de formatos de entrada/salida de datos que pueden soportar: RGB, Y/C (S-vídeo), vídeo compuesto.

Algunos fabricantes disponen para sus videoimpresoras de cartuchos para imprimir transparencias, además de las copias en papel habituales.

En algunas videoimpresoras existe la posibilidad de controlar la videoimpresora por ordenador a través del puerto de comunicaciones RS-232C. Además, los últimos modelos tienen posibilidad de impresión no sólo analógica, sino también digital. Así, instalando una tarjeta de interface SCSI se puede utilizar la videoimpresora para imprimir desde el ordenador imágenes en color con calidad digital. También es posible enviar digitalizadas al ordenador señales analógicas de vídeo para su almacenamiento (función de conversión D/A y A/D).

BIBLIOGRAFIA

- BENJAMIN, B.: «Technique of laryngeal photography». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1984; 93 (supl. 109): 1-11.
- BENJAMIN, B.: «Art and science of laryngeal photography». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1993; 102: 271-282.
- YANAGISAWA, E., y YANAGISAWA, R.: «Laryngeal photography». *Otolaryngol. Clin. North. Am.*, 1991; 24 (5): 999-1022.

Estudio aerodinámico de la función vocal y laríngea

H. K. SCHUTTE

INTRODUCCION

Antes de ocuparnos de algunos de los métodos más empleados en la valoración de las funciones vocal y laríngea debemos hacer diversas consideraciones generales sobre las mediciones clínicas. En la práctica diaria, sobre todo, se han empleado a lo largo de los años muchos métodos que han sido muy útiles, aunque no fuesen «objetivos» en absoluto. La cuestión es saber si realmente necesitamos que estos métodos nos den medidas objetivas como, por ejemplo, al estudiar la forma en que un paciente hace una escala vocal o al evaluar psicoacústicamente (con nuestra audición) la frecuencia fundamental media para la voz hablada. En la práctica, el resultado de una prueba de esta naturaleza continuaría siendo el mismo; es más, en el caso de la escala vocal es muy difícil, por no decir imposible, registrar «objetivamente» todas las características del tono.

Podemos definir una medición objetiva como aquella que valora directa o indirectamente algún factor relacionado con la función vocal tanto en pacientes como en individuos sanos. En la práctica clínica estas mediciones suelen realizarse con fines diagnósticos.

Hay otro aspecto que debemos tener en cuenta: el esfuerzo que comporta la utilización de un método determinado. Un método puede consumir mucho tiempo y aportar poca información. Es el caso, por ejemplo, de la sonografía, que consume mucho tiempo, especialmente antes de la era de los PCs, y contribuye poco al diagnóstico. Aún más, deberíamos tener presente cuál es el propósito u objetivo de nuestros esfuerzos. Se puede emplear un método para evaluar o para documentar un caso determinado. Veamos dos ejemplos: con el fin de valorar una voz generalmente hacemos grabaciones acústicas. Las grabaciones acústicas, y más recientemente las grabaciones en vídeo de la estroboscopia, las empleamos con frecuencia en la clínica. Ambas grabaciones hay que evaluarlas, y en la mayor parte de los casos lo hacemos posteriormente; por ello son menos apropiadas para la práctica clínica, donde la mayor parte de las veces hay que decidir un plan

de tratamiento y aconsejar al paciente en el momento. Ambos métodos de grabación se pueden emplear con fines de documentación y para evaluar el tratamiento.

En sentido estricto se puede decir que las grabaciones de audio y vídeo no son métodos de medida, pues sólo registran los hechos, debiendo evaluarse el contenido de forma apropiada. En estas evaluaciones se espera mucho de un nuevo método llamado videokimografía (SVEC y SCHUTTE, 1995). La electroglotografía (EGG) y la neumografía son típicos métodos que se interpretan por su morfología. Existen desde luego algunos sistemas para evaluar las curvas de la EGG, e incluso se han dado los primeros pasos en la interpretación de los resultados. Estos métodos de medida tienen todavía su principal campo de aplicación en la ilustración de fenómenos o síntomas característicos de una enfermedad. También pueden identificarse ciertos hechos como los cambios de registro de la voz. Se puede seguir la pista y ver en qué momento se produjo un hecho especial con el fin de interpretarlo. La EGG es una buena elección si lo que se necesita es saber exactamente el momento en que se cierra la glotis o cambia el registro de la voz para compararlo con otros hechos fisiológicos.

La mejor manera de elegir un método de evaluación es preguntarse primero el objetivo de la medida y elegir después el equipo apropiado. En muchos casos se hace justo lo contrario, lo cual nos da una gran cantidad de datos que nunca evaluaremos del todo.

APROXIMACION GENERAL A LOS METODOS DE LABORATORIO EN LA PRACTICA CLINICA

Los métodos de medición en la clínica se orientan la mayoría de las veces por los síntomas. *Se tiende a registrar sólo un síntoma, mientras que los demás pueden quedar sin registrar, e incluso pasar desapercibidos y por tanto sin evaluar.* Las mediciones aerodinámicas en la exploración de la voz, por otro lado, dan una información general que en gran

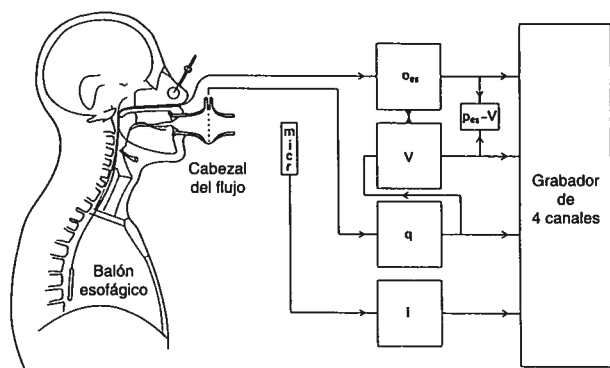


FIG. 1.—Representación esquemática de la disposición experimental para la medición simultánea de la intensidad sonora I , tasa de flujo aéreo q , variación del volumen pulmonar V y presión esofágica Pes , con un instrumento para el registro de diagramas $Pes-V$.

parte puede no necesitarse para diagnosticar una enfermedad concreta. Ambos tipos de mediciones pueden contribuir al plan de diagnóstico y tratamiento, que está basado también en los conocimientos y experiencia del médico.

MÉTODOS

Habitualmente los primeros pasos para el estudio de la función laríngea como generador de sonidos son la medición de la intensidad aerodinámica y la medición de la intensidad de radiación sonora. Esto puede medirse: a) midiendo la tasa de flujo aéreo medio; b) midiendo la presión subglótica media, y c) midiendo la intensidad sonora, la cual puede obtenerse a partir de las medidas del nivel de presión sonora. Estos diferentes métodos los discutiremos en las secciones siguientes (fig. 1).

MEDICION DE LA TASA DE FLUJO AEREO MEDIO

La tasa de flujo aéreo medio se puede deducir o estimar de tres maneras: 1) midiendo el tiempo máximo de fonación; 2) midiendo el volumen aéreo de la fonación y dividiéndolo por el tiempo de fonación, y 3) midiéndolo con un neumotacógrafo o un anemómetro de alambre caliente.

- *Tiempo máximo de fonación.* La tasa de flujo aéreo se expresa como el volumen de aire espirado por unidad de tiempo. La cantidad total de aire disponible para la fonación es igual a la capacidad vital del individuo, que varía entre unos 3,5 y 5 litros. Un método sencillo para medir la media de aire empleado durante la fonación es medir el tiempo máximo de fonación de una vocal. Reconoceremos

un uso ineficiente del aire si el tiempo máximo de fonación está por debajo de diez-diez segundos. La fiabilidad de esta prueba disminuye por el hecho de que algunos pacientes no tienen suficiente control sobre su mecanismo de respiración como, por ejemplo, no inspirar suficientemente o expulsar parte del aire justo antes de comenzar la fonación. Hay otros muchos factores que pueden influir en el tiempo máximo de fonación, como señalaron PTACEK y SANDER (1963).

- La cantidad total de aire espirado durante una fonación sostenida máxima puede medirse con un espirómetro o con un pletismógrafo corporal. Si se mide simultáneamente la duración de la fonación, el uso de aire puede expresarse como un volumen por unidad de tiempo. La prueba debe realizarse después de una inspiración máxima (ISSHIKI, OKAMURA y MORIMOTO, 1967; MOSER y KITTEL, 1979).
- Un neumotacógrafo, después de los principios establecidos por FLEISCH (1925) o LILLY (1950), mide una pequeña diferencia de presiones a través de una resistencia aérea. El neumotacógrafo se conecta a una mascarilla o a una boquilla sostenida entre los dientes. La diferencia de presiones se detecta por medio de un transductor de presión diferencial, el cual da una señal que está en relación con la tasa del flujo aéreo espirado durante la fonación. Este método ha sido empleado en muchos estudios en pacientes y en controles (LUCHSINGER, 1951; VOGELSANGER, 1954; ISSHIKI, 1964, 1965; YANAGIHARA y cols., 1966, 1967; SEIDNER y cols., 1975, 1978; SCHUTTE y cols., 1976, 1980).

El empleo del neumotacógrafo es una manera sencilla de medir la tasa de flujo aéreo medio en la fonación, la cual suele ser entre 100-500 ml/s. Una desventaja es que precisa una conexión ajustada entre la máscara y la cara. Otra desventaja adicional es que la máscara interfiere con la retroalimentación auditiva normal. Finalmente, las características de resonancia del tracto vocal se ven alteradas, modificando la normal interacción entre el tracto vocal y la laringe. Este es especialmente el caso cuando se investiga la voz en cantantes profesionales, aunque es menos importante en la investigación de la voz hablada de pacientes (fig. 2).

También se han utilizado anemómetros de alambre caliente para el registro de la tasa de flujo aéreo medio. El interés general por medir la tasa de flujo aéreo medio en la fonación ha disminuido después de haberse realizado muchos estudios sobre este tema en la década de los sesenta y setenta.

En nuestros días el interés en el flujo aéreo durante la fonación está más dirigido a los cambios

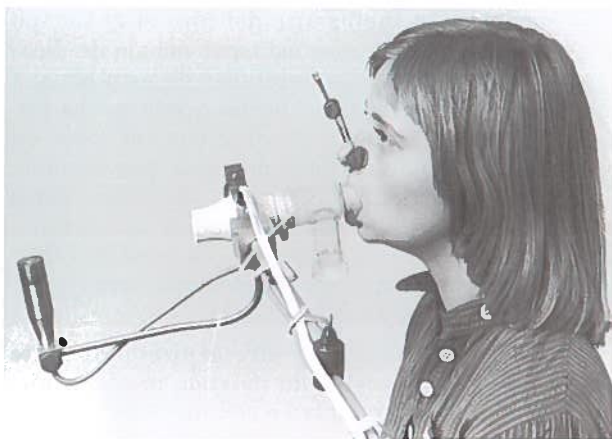


FIG. 2.—Detalle del dispositivo de medición: microfono, cabezal de flujo (LILLY), pieza de conexión con el recipiente de fluidos. Se mantiene una pieza entre los dientes para mantener fija la apertura bucal. El catéter del balón esofágico es guiado a través de la nariz. Una pinza nasal evita las pérdidas de aire a través de la nariz, que producirían una perturbación del registro del volumen pulmonar en continuo cambio.

rápidos de los patrones de flujo dentro de un ciclo glótico, por ejemplo, las ondas de volumen-velocidad glóticas. Estas pueden medirse por medio del filtrado inverso de la señal acústica con la ayuda de la máscara de ventilación circunferencial diseñada por ROTHENBERG en 1973. La investigación de la utilidad en la evaluación clínica está todavía en sus primeras etapas.

MEDICION DE LA PRESION SUBGLOTICA MEDIA

La forma más fiable de medir la presión subglótica media es mediante la punción del espacio subglótico, pero por razones obvias esta técnica tiene aplicaciones restringidas. La primera medición de la presión subglótica fue realizada por ROUDET en 1900. Desde entonces sólo se han realizado mediciones esporádicamente, en parte por las dificultades que acarrea y en parte porque no se ha establecido claramente la utilidad de las mediciones. VAN DEN BERG (1956) desarrolló y verificó un método de medición indirecta para determinar la presión subglótica durante la fonación. Este método de medición indirecta está basado en una adecuada comprensión de la mecánica pulmonar. El método puede emplearse de rutina tanto en pacientes como en profesionales de la voz sin ningún riesgo y será descrito con cierto detalle más adelante:

- La medición directa de la presión subglótica puede realizarse utilizando una aguja percutánea (LOEBELL, 1969; SCHUTTE, 1980) utilizando un catéter transglótico (VAN DEN BERG, 1956) o un minitransductor de presiones (KIT-

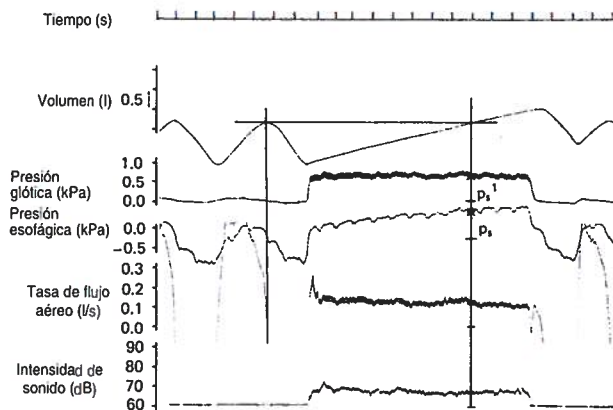


FIG. 3.—El método de medición indirecta empleando un balón esofágico comparado con la medición simultánea de la presión subglótica con un método directo. Para medir la presión subglótica directamente se inserta en el espacio subglótico una aguja con ojal conectada a un transductor de presiones.

ZING, 1975; SCHUTTE y MILLER, 1985, 1987). Existe una diferencia importante entre los dos métodos, por un lado, empleando una aguja o un catéter transglótico y, por otro lado, el minitransductor de presiones. El primer método, debido a que precisa intubación, sólo puede medir la presión subglótica media, mientras los minitransductores de presiones pueden aportar una resolución de alta frecuencia. Esto nos permite registrar los cambios de presión momentáneos dentro de un ciclo glótico.

Estas mediciones, especialmente en la investigación de la voz cantada, nos permiten dilucidar ciertos fenómenos reconocidos en la enseñanza del canto, pero aún no explicados por las investigaciones. Las mediciones directas con aguja sólo se han realizado en pocos estudios, con pocos sujetos (VAN DEN BERG, 1956; ISSHIKI, 1959; KUNZE, 1962, 1964; LOEBELL, 1969; SCHUTTE, 1980). El número total de sujetos en todos estos estudios es de unos 100, entre los que hay pocos pacientes (fig. 3).

- La medición indirecta de la presión subglótica empleando un balón esofágico fue introducida por VAN DEN BERG en 1956. El método está basado en una comprensión adecuada de la mecánica pulmonar. Los cambios de presión en el esófago, detectados por un transductor de presiones acoplado al balón esofágico, reflejan los cambios de presión en el espacio pleural, que a su vez se relacionan con las fuerzas elásticas del tejido pulmonar y de la caja torácica, las cuales dependen del volumen pulmonar (fig. 4).

Cuando comienza la fonación, la presión esofágica se ve incrementada por la fuerza de la presión subglótica bajo las cuerdas vocales aducidas. Después

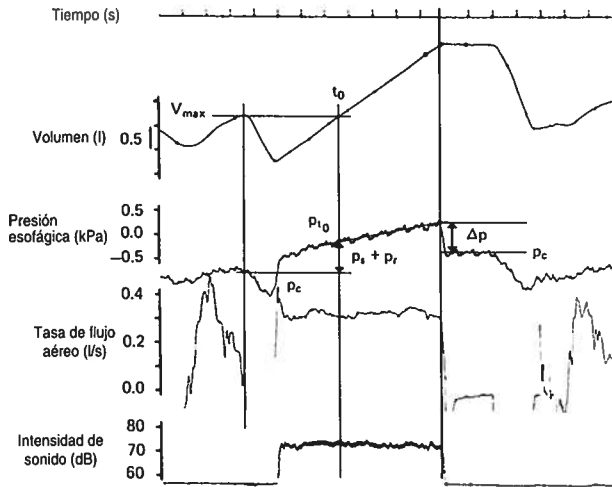


FIG. 4.—Las dos formas de deducir la presión subglótica empleando un balón esofágico. A la derecha, mediante la interrupción brusca de la fonación (maniobra de VAN DEN BERG). Tras la fonación el volumen pulmonar se mantiene constante por un momento con la glotis abierta. La presión esofágica desciende a un valor P_c , que se corresponde con el volumen pulmonar en ese momento. El descenso de la presión delta- p iguala la diferencia entre la presión real en el momento t_0 y la presión de referencia esofágica, deducida de la relación entre el volumen pulmonar y la presión esofágica justo antes de la fonación (P_s iguala la presión subglótica; P_r iguala el producto de la resistencia viscosa y la tasa de flujo aéreo durante la fonación. La presión P_r es despreciable en pulmones normales).

de la fonación la presión esofágica desciende a un valor que, sin embargo, no es igual al que había antes de la fonación. Aunque la presión subglótica es constante mientras el volumen pulmonar disminuye con la espiración de aire, la presión esofágica aumenta. Si la presión subglótica cede, la presión esofágica desciende en la misma medida. Para determinar la presión subglótica puede emplearse la disminución de la presión por sí misma si se cumplen ciertas condiciones. Estas condiciones son: 1) interrupción brusca de la fonación; 2) mantenimiento de la glotis abierta, y 3) mantenimiento del volumen pulmonar sin cambios, conteniendo la respiración por un período de tiempo corto tras la interrupción. Para esta «maniobra de Van den Berg», como se le ha dado en llamar, se precisa cierta habilidad y entrenamiento en el uso de la respiración. Los cantantes suelen tener esta facultad; sin embargo, este método no resulta fácil para las personas que carecen de ella, lo cual incluye a la mayor parte de los pacientes con patología vocal. Para determinar la presión subglótica media en estos casos se puede emplear el siguiente método indirecto de medición.

En una respiración superficial la presión esofágica pasa desde aproximadamente -4 cm. H_2O (-400 Pa) al final de una inspiración a -2 cm. H_2O en el momento de tránsito de la espiración a la inspiración. El valor absoluto de la presión esofágica se correla-

ciona linealmente con el volumen pulmonar durante gran parte de la capacidad vital. El seguimiento del volumen pulmonar permite determinar un valor de referencia de la presión que es indicativo de cuál habría sido la presión esofágica si no se hubiese producido ninguna fonación. La diferencia entre la presión real y la presión de referencia refleja el valor de la presión subglótica durante la fonación.

El seguimiento del aire pulmonar inspirado y espirado puede realizarse empleando un neumotacógrafo sostenido entre los dientes y los labios. La señal de flujo obtenida se integra a una señal de volumen. En este proceso deben tenerse en cuenta las diferencias físicas entre el aire inspirado y el espirado (temperatura, humedad, viscosidad) (SCHUTTE, 1980). Esta medición indirecta con el balón esofágico hace posible medir de rutina la presión subglótica en un gran número de controles y de pacientes. A partir de esta información pueden establecerse valores de referencia.

VALORES DE REFERENCIA

Para evaluar los procesos patológicos durante la fonación se precisan valores de referencia. La medición de variables fisiológicas en los pacientes con patología vocal ayuda en el diagnóstico para establecer etiologías explicativas y para obtener información que ayude en el tratamiento.

Los valores fisiológicos, al contrario que los clínicos, precisan no ser específicos de una entidad patológica dada. Sin embargo, estos valores deben resultar razonables. Y si son medidos correctamente todos los valores pueden contribuir a mejorar el conocimiento de la fisiología de la voz. Los valores de referencia en la práctica clínica son más útiles si son muy específicos de una alteración típica. En términos estadísticos esto implica que podemos establecer un valor medio con una desviación estándar pequeña para cada tipo de alteración. Cuanto más específico es el valor de referencia más útil es para fines diagnósticos.

Sin embargo, las variables fisiológicas de la producción vocal que se miden habitualmente muestran una dispersión considerable. Desafortunadamente esto disminuye la utilidad de los valores de referencia aerodinámicos con fines diagnósticos. En ocasiones la utilidad de un valor aislado puede mejorarse midiendo simultáneamente distintas variables fisiológicas del mismo segmento de fonación, por ejemplo, la tasa de flujo aéreo, la presión subglótica, el nivel de presión sonora y el tono. Una vez obtenidas las variables se puede intentar establecer correlaciones entre ellas.

Un ejemplo del esfuerzo llevado a cabo para encontrar valores de referencia lo hicimos en el Laboratorio de Investigación de la Voz de la Universi-

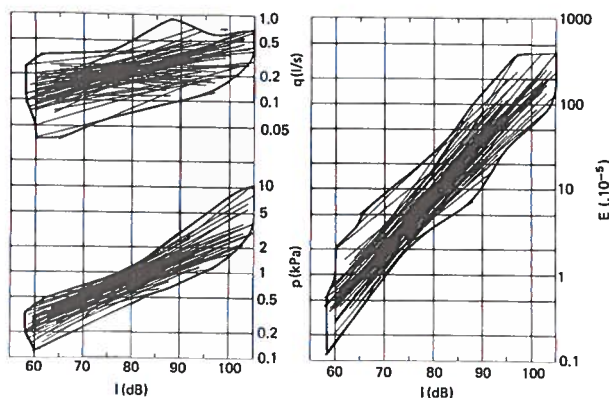


FIG. 5.—Situación de todas las líneas de regresión a partir de los valores obtenidos de las fonaciones en individuos normales. Se han representado las líneas de regresión de las 72 series de mediciones en 45 individuos. Las líneas que contornean las líneas de regresión indican los límites de las áreas de referencia.

dad de Groningen (SCHUTTE, 1980). La eficiencia se calculó a partir de mediciones de la tasa de flujo aéreo, de la presión subglótica media y de la intensidad sonora resultante; esta última se calculó midiendo el nivel de presión sonora a 30 cm. de la boca. Los valores se tomaron a partir de 72 series de mediciones con al menos 15 casos de fonación de 45 individuos sin patología de voz. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres salvo, claro está, para el rango vocal. Los valores fueron integrados como se ha explicado.

Las variables aerodinámicas y los niveles de presión sonora de cada fonación fueron medidos para distintos niveles de presión sonora. Para cada serie de mediciones, después de la oportuna reducción estadística de los valores, se obtuvo una línea de regresión para el flujo, la presión y la eficiencia (fig. 5).

Todas las líneas de regresión de los individuos normales forman un área de referencia. Los valores de referencia del flujo y de la presión parecen seguir un patrón de distribución estadístico normal, pero desafortunadamente muestran una gran dispersión. La tabla I reúne los valores medios y el rango establecido para cada una de las variables basados en un nivel de probabilidad del 90%.

La figura 6 muestra los resultados de las mediciones en los pacientes, pero si se lleva a cabo una comparación debe realizarse con las áreas de referencia de los individuos normales, apareciendo claramente que el cálculo de la eficiencia no ayuda a distinguir los individuos normales de los pacientes.

Generalmente los pacientes utilizan más aire durante la fonación que los normales, y todos ellos muestran presiones subglóticas mayores que la presión subglótica media de los normales. Sin embargo, la mayor parte de los pacientes muestran

TABLA I: VALORES AERODINAMICOS DE REFERENCIA A 70 dB-A SPL (30 cm.), REGISTRO MEDIO DE VOZ

Presión subglótica media: 4,4 cm. H₂O.

— Rango: 2-7,5 cm. H₂O.

Tasa de flujo aéreo medio: 160 ml/s.

— Rango: 45-350 ml/s.

Eficiencia: $2,1 \times 10^{-5}$

— Rango: 1×10^{-5} - 10×10^{-5}

valores que se sitúan dentro de las áreas de referencia. Estadísticamente no pueden considerarse patológicos en términos aerodinámicos. La presión subglótica parece tener el mayor valor diagnóstico relativo, pero esta medida es la más difícil de obtener.

Los valores aerodinámicos de referencia para las voces «normales», comparados con los valores aerodinámicos de voces patológicas, fueron de escasa utilidad a la hora de mejorar nuestras herramientas diagnósticas. Los rangos de los valores de voces patológicas y de individuos sanos muestran una gran superposición. Sin embargo, existe otra aproximación en el uso de los valores: la utilización de los mismos para comparación intraindividual, por ejemplo, antes y después del *tratamiento*.

En 47 de los 64 pacientes investigados en el estudio referido se realizaron una serie de mediciones después de hacer tratamiento quirúrgico y/o logoterapia. La eficacia de las mediciones terapéuticas, derivada del cambio en los valores de eficiencia antes y después del tratamiento quirúrgico y/o logoterapia, parece que se mostró favorable en la mayor

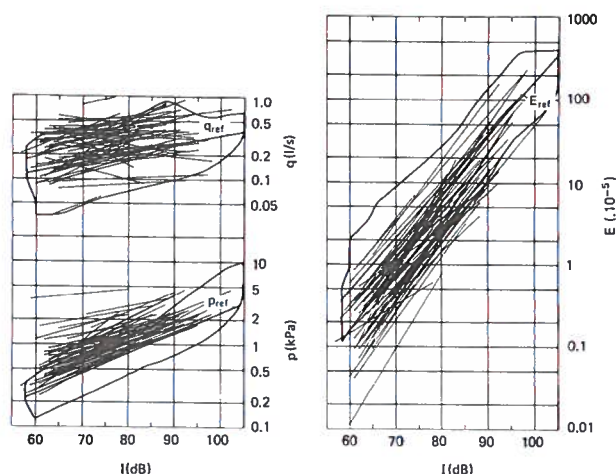


FIG. 6.—Situación de las líneas de regresión para el flujo, la presión subglótica y la eficiencia a partir de la primera serie de mediciones con 64 pacientes, junto con las áreas de referencia correspondientes.

parte de los pacientes. La eficiencia relativa, aunque se comparó con el valor de referencia, casi siempre permaneció negativa.

En un grupo de pacientes, clasificados como de voz aérea, no se observaron diferencias aerodinámicas significativas entre aquellos que presentaban nódulos vocales bilaterales típicos y los que no los presentaban. Ambos grupos tenían en común una falta de cierre completo de la glotis posterior (SCHUTTE, 1984; MORRISON, 1983). Este cierre glótico incompleto no mostró ninguna mejoría después de la extirpación quirúrgica de los nódulos ni desapareció después de la terapia vocal. La mejoría experimentada por los pacientes se atribuyó a la reducción de la tensión muscular en la región de la glotis. El escape de aire a través de la hendidura glótica permaneció igual o disminuyó muy poco.

En los pacientes con parálisis laríngea, habitualmente después del tratamiento quirúrgico puede comprobarse una disminución del flujo aéreo excesivo. Tras el uso de técnicas para mejorar el cierre glótico empleando teflón, colágeno o sobre todo tiroplastia tipo I, suele disminuir de forma notable la pérdida de aire, como ha podido confirmarse en varios estudios. También se ha comprobado que el valor de la presión subglótica en pacientes con parálisis uni o bilateral era excesivo, fuera del área de referencia en casi todos los casos. Este hecho es importante porque teniendo en cuenta el cierre incompleto de la glotis, intuitivamente uno no esperaría una presión subglótica alta. Quizá esto pueda explicarse por el hecho de que los pacientes precisaban espirar forzosamente para producir algún sonido glótico eficaz, y estas acciones musculares compensatorias se emplean en un esfuerzo conjunto para conseguir un cierre glótico mejor.

AERODINAMICA EN PACIENTES TRAS LARINGECTOMIA TOTAL

Los valores aerodinámicos pueden emplearse para evaluar la voz, por ejemplo, la voz esofágica, tras laringectomía. Las mediciones aerodinámicas en estos casos han recibido mayor atención desde la introducción de las llamadas prótesis vocales o prótesis con shunt de mecanismo valvular. El origen de la voz continúa siendo el segmento faringoesofágico. Previamente al empleo de prótesis el aire debía introducirse en el esófago antes de emitir un sonido. Con el uso apropiado de ciertas consonantes al hablar podía facilitarse la introducción del aire (MOOLENAAR-BIJL, 1953). La provisión de aire para la acción vibradora del segmento faringoesofágico pudo mejorarse considerablemente realizando una comunicación (fistula) entre la tráquea y el espacio pseudosubglótico. Para prevenir la aspiración de líquidos y saliva se coloca una prótesis valvular de silicona

en esta comunicación (MAHIEU, 1988). La acción aerodinámica de los pacientes laringectomizados con fistula traqueoesofágica respecto de los que no la tienen difiere considerablemente (NIEBOER, SCHUTTE y DE GRAAF, 1989). Los pacientes sin fistula sólo disponen de una pequeña cantidad de aire para la fonación, de forma que sólo pueden producir frases cortas y precisan introducir aire en el esófago frecuentemente. Los pacientes laringectomizados que emplean una prótesis fonatoria para la producción de su voz esofágica son capaces de utilizar la mayor parte del aire disponible en los pulmones. Este aire pulmonar se dirige a través de la fistula y de la prótesis mediante un bloqueo del traqueostoma. De esta forma el aire se dirige al espacio pseudosubglótico y es sometido a una presión para llevar la pseudoglotis hacia el segmento faringoesofágico.

En un estudio comparativo (SCHUTTE, 1996) se han estudiado las variables acústicas, perceptuales y aerodinámicas de los pacientes laringectomizados que empleaban una prótesis valvular frente a los que empleaban el método erigmofónico. En la tabla II se muestran los valores típicos de las presiones pseudosubglóticas, las presiones intratraqueales, los valores de eficiencia y los del flujo transpseudoglótico en pacientes que empleaban prótesis valvular.

Los valores de la presión intratraqueal son altos; esto se debe en parte a la pérdida de facilidad trans-

TABLA II: VALORES AERODINAMICOS TIPICOS EN LARINGECTOMIZADOS

	Inyección	Prótesis valvular (botón de Groningen)
Presión subpseudoglótica (cm. H₂O)		
— Media	26	41
— Rango	5-125	10-108
Presión intratraqueal (cm. H₂O)		
— Media	—	93
— Rango	—	30-175
Flujo transpseudoglótico (ml/s)		
— Media	82	131
— Rango	10-360	20-800
Eficiencia basada en la presión subpseudoglótica ($\times 10^{-5}$)		
— Media	0,56	0,19
— Rango	0,009-47,0	0,004-32,0

protésica para que el aire las atraviese. En el estudio referido la prótesis valvular es responsable de aproximadamente la mitad de la presión intratraqueal total. El fenómeno se debe parcialmente al crecimiento de hongos (*Candida*) en el material de silicona. Las prótesis fonatorias nuevas suelen necesitar una presión menor.

CONCLUSIONES

La medición de los valores aerodinámicos en la producción vocal tiene gran valor para mejorar el conocimiento funcional de la laringe. El valor diagnóstico de las mediciones de la tasa del flujo aéreo, de la presión subglótica y de la eficiencia —en relación con el sonido producido— parecen ser decepcionantemente bajos y sobreestimados en la literatura. Sin embargo, en cada paciente tomado individualmente pueden seguirse fácilmente los cambios debidos al tratamiento midiendo el empleo de aire durante la fonación. En todos los casos que comparemos deberemos cuidar que al medir los tonos, las intensidades y las formas de vibración o registros vocales los datos que obtengamos sean equiparables.

BIBLIOGRAFIA

- SVEC, J. G.; SCHUTTE, H. K., y MILLER, D. G.: «A subharmonic vibratory pattern in normal vocal folds». *J. Speech Hearing*, 1996; 39 (1): 135-143.
- PTACEK, P. H., y SANDER, E. K.: «Breathiness and phonation length». *J. Speech Hearing Disorders*, 1963; 28: 267-282.
- HIRANO, M.; KOIKE, Y., y VON LEDEN, H.: «Maximum phonation time and air usage during phonation». *Folia Phoniatica*, 1968; 20: 185-201.
- ISSHIKI, N.; OKAMURA, H., y MORIMOTO, M.: «Maximum phonation time and air flow rate during phonation: Simple clinical tests for vocal function». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1967; 76: 998-1007.
- SAWASHIMA, M.; YOSHIOKA, H.; HONDA, K., y cols.: «Clinical evaluation of air usage during phonation». En: Buch, N. H., editor. *Proceedings of the XVIIth International Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics 1977. Copenhagen*. Copenhagen: Organizing Committee, 1978; 419-422 y 451-454.
- BOUHUYS, A.; PROCTOR, D. F., y MEAD, J.: «Kinetic aspect of singing». *J. Appl. Physiol.*, 1966; 21: 483-495.
- MOSER, M., y KITTEL, G.: «Automatisierte bodyplethysmografische Atemmessungen: Der phonatorische wirkungsgrad». *HNO*, 1979; 27: 100-102.
- FLEISCH, A.: «Der Pneumotachograph: Ein Apparat zur Geschwindigkeitsregistrierung der Atemluft». *Pflügers Archiv Gesamten Physiol.*, 1925; 209: 713-728.
- LILLY, J. C.: «Flow meter for recording respiratory flow of human subjects». En: Comroe, J. H., editor. *Medical research*. Chicago: Yearbook Publishers, 1950; 113-121.
- LUCHSINGER, R.: «Schalldruck- und Geschwindigkeitsregistrierung der Atemluft beim Singen». *Folia Phoniatica*, 1951; 3: 25-51.
- VOGELSANGER, G. T.: «Experimentelle Prüfung der Stimmleistung beim Singen». *Folia Phoniatica*, 1954; 6: 193-217.
- ISSHIKI, N.: «Regulatory mechanism of voice intensity variation». *J. Speech Hearing Res.*, 1964; 7: 17-29.
- YANAGIHARA, N., y KOIKE, Y.: «Phonation and respiration: Function study in normal subjects». *Folia Phoniatica*, 1966; 18: 323-340.
- YANAGIHARA, N., y VON LEDEN, H.: «Respiration and phonation: The functional examination of laryngeal disease». *Folia Phoniatica*, 1967; 19: 153-166.
- RUBIN, H. J.; LECOVER, C. M., y VENNARD, W.: «Vocal intensity, subglottic pressure and air flow relationships in singers». *Folia Phoniatica*, 1967; 19: 393-413.
- HIRANO, M.; KOIKE, Y., y VON LEDEN, H.: «Maximum phonation time and air usage during phonation». *Folia Phoniatica*, 1968; 20: 188-201.
- IWATA, S.; VON LEDEN, H., y WILLIAMS, D.: «Air flow measurements during phonation». *J. Comm. Dis.*, 1972; 5: 67-69.
- STÜRZEBECKER, E.; SEIDNER, W.; WAGNER, H., y WENDLER, J.: «Erfassung von Atemgrößen während der Phonation». *Monatschrift Ohrenheilkunde Laryngorhinol.*, 1973; 107: 271-278.
- SEIDNER, W.; WENDLER, J., y STÜRZEBECKER, E.: «Das normale phono-pneumotachogram». En: Loebell, E., editor. *Proceedings of the XVIIth International Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics. Interlaken*, 1974. Basel: Karger, 1976; 421-426.
- SEIDNER, W., y STÜRZEBECKER, E.: «Variabilität normaler phono-pneumogramme». En: Buch, N. H., editor. *Proceedings of the XVIIth International Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics 1977. Copenhagen*. Copenhagen: Organizing Committee, 1978; 563-569.
- SCHUTTE, H. K., y VAN DEN BERG, J. W.: «Determination of the subglottic pressure and the efficiency of sound production in patients with disturbed voice production». En: Loebell, E., editor. *Proceedings of the XVIIth International Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics. Interlaken*, 1974. Basel: Karger, 1976; 415-420.
- SCHUTTE, H. K.: *The efficiency of voice production*. Doctoral dissertation. University of Groningen. San Diego: Singular Publishing Co., 1980.
- BASTIAN, H. J.; SASAMA, R., y UNGER, E.: «Aerodynamische Leistungsprüfung und Funktionsdiagnostik der normalen frauenstimme». *Folia Phoniatica*, 1978; 30: 85-93.
- MOOLENAAR-BIJL, A. J.: «The importance of certain consonants in oesophageal voice after laryngectomy». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1953; 62: 979-988.
- SCHUTTE, H. K.; NIEBOER, G. L. J., y DE GRAAF, T.: *Physiological and aerodynamic measurements in oesophageal speakers with and without a Groningen valve prosthesis*. Submitted, 1996.
- KITZING, P., y LÖFQVIST, A.: «Subglottal and oral air pressure during phonations: Preliminary investigation using a miniature transducer system». *Med. Biol. Eng. Comp.*, 1975; 23: 644-648.

Estudio comparativo de los distintos sistemas de análisis de la voz

A. NIETO ALTUZARRA

SISTEMA APPLE MACINTOSH

Superscope II

Es un programa diseñado para ordenadores Apple Macintosh que permite digitalizar cualquier señal eléctrica sobre la base de las placas conversoras A/D de la línea MacADIOS (de Macintosh Analog/Digital Input/Output System) de GW Instruments. Una vez digitalizada la onda puede ser visualizada, analizada, sometida a distintos cálculos matemáticos y exportada a una base de datos del disco duro en tiempo real. Todo ello le permite funcionar como osciloscopio, analizador de espectros, grabadora e instrumental de registro o plotter. Al tratarse de un programa abierto la pantalla del ordenador puede configurarse para convertirse virtualmente en cualquier instrumento de laboratorio y pueden guardarse en el disco las distintas configuraciones como archivos accesibles en cualquier momento según las necesidades. La plasticidad del sistema, posiblemente una de sus mejores características, le permite convertirse en un electrocardiógrafo, un aparato de potenciales evocados auditivos, un electronistagmógrafo, un electromiógrafo, etc.

A nuestro gusto es el sistema más completo de análisis de señales en el dominio temporal. Como sistema de registro permite digitalizar, registrar, graficar, realizar cálculos, analizar, hacer anotaciones *on-line* y todo ello guardarlo al mismo tiempo según se va produciendo en el disco duro o en sistemas buffer transitorios.

El programa permite la creación de múltiples objetos y diseñarlos según las necesidades del usuario sin necesidad de experiencia en programación, fácilmente como cualquier programa de usuario no experimentado, con la facilidad de los sistemas Apple.

Objetos de Superscope II

Ondas. Utilizadas para representar los fenómenos continuos del mundo real, como listas de valores o mediciones. Pueden editarse, sintetizarse, redibujarse, archivar y exportarse. Son los canales

de los equipos tradicionales, pudiéndose digitalizar hasta ocho señales al mismo tiempo. Pueden ser el resultado de una operación matemática realizada sobre otro canal.

Menús desplegables. De fácil creación, pueden editarse, ocultarse y borrarse.

Variables. Creadas y editadas para sustentar valores numéricos.

Hojas de anotaciones (Journals). Ventanas u hojas de texto que funcionan como procesadores de texto. Pueden crearse, editarse, imprimirse, exportarse y borrarse desde la barra de menús. Pueden situarse en cualquier parte de la pantalla y ajustar su tamaño al deseado.

Cursores. Pueden utilizarse para hacer mediciones en las distintas ventanas. Pueden utilizarse como marcadores, apareciendo como líneas verticales, pudiéndose emplear cuantas se quieran. Pueden sincronizarse con cursores en otras ventanas y permiten hacer lecturas y mediciones que pueden anotarse en las hojas de anotaciones para su posterior archivo y estudio.

Vías de datos (Datapipes). Permiten llevar datos por caminos preformados dentro de las distintas carpetas del disco. Posibilita el continuo trasiego de datos en tiempo real desde la pantalla al disco y viceversa.

Series de caracteres (Strings). Conjuntos de caracteres tan largos como lo posibilite la capacidad de memoria, que permiten almacenar instrucciones o textos, recobrarlos y editarlos cuando los necesitamos.

Ventanas. Utilizadas para visualizar formas de onda o cálculos. Pueden crearse fácilmente cuantas el espacio de la pantalla del ordenador permita. Son extremadamente versátiles, permitiendo colocar marcadores y etiquetas, desplazar las ondas en sentido horizontal y vertical y permiten visualizar hasta ocho ondas diferentes en cada ventana.

Indicadores, botones y controles. Pueden crearse de forma sencilla todo tipo de indicadores o mandos para regular ajustes, indicar estados, iniciar o parar tareas.

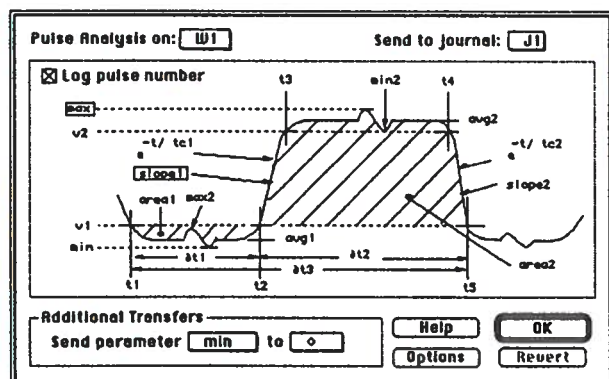


FIG. 1.—Pantalla del programa Superscope para el análisis de los distintos pulsos: pulse analysis. Como puede verse el programa permite el cálculo de los distintos parámetros en tiempo real, archivarlos en journals e imprimirlos.

Tareas. Son secuencias de instrucciones que realizan operaciones diseñadas previamente por nosotros a modo de macros o conjuntos de comandos.

Instrucciones. Son los bloques operacionales con los que se construyen las tareas. Pueden elegirse de la barra de menú y pueden editarse, copiarse y pegarse. Son el instrumento más potente y versátil del programa y entre ellas destacan:

- El análisis individual de cada pulso de onda (*pulse analysis*) (fig. 1).
- Los cálculos matemáticos sobre las ondas (fig. 2).
- Las anotaciones automáticas.
- Los cálculos estadísticos.
- El control de dispositivos externos.
- La posibilidad de conexiones con otros programas Hypercard en entornos multimedia.

Soundscope

Son un conjunto de programas para el análisis de la voz, tercera generación de sus predecesores MacSpeech Labs. Existen diferentes versiones (Soundscope/16 Nubus Board, Soundscope/8 y Soundscope/16 open) para cubrir las necesidades de todo tipo de usuarios. La versión abierta programable en Think C para usuarios avanzados permite múltiples aplicaciones en la clínica, la enseñanza, la investigación y la industria.

Reúne parte de las características y objetos del programa Superscope, pero está especialmente diseñado para el análisis de la voz. Ambos programas se complementan mutuamente y podríamos decir que Superscope está especialmente diseñado para el análisis en el dominio temporal de la forma de onda y Soundscope para el análisis en el dominio frecuencial del lenguaje.

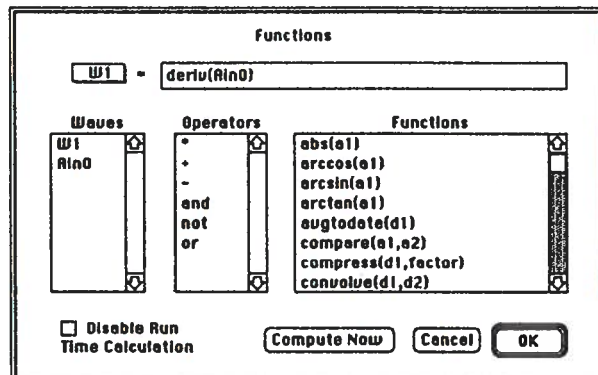


FIG. 2.—Pantalla del programa Superscope para la realización de distintas funciones matemáticas sobre las ondas.

La versión superior 16 Nubus Board permite grabar y reproducir dos canales simultáneamente a 44,1 kHz y 16 bits. Goza de similares posibilidades en cuanto a tareas e instrucciones, hojas de anotaciones, serie de caracteres y vías de datos.

Entre las posibilidades específicas de análisis del sonido se cuentan: el análisis *cepstrum*, análisis FFT (transformada de Fourier), ajustable en número de puntos de análisis, filtros, preénfasis, *smoothing* y rango de amplitud; espectros promediados; la medición de la Fo y la intensidad a lo largo del tiempo (la medición de la Fo puede hacerse por el método del *peak-picking* o autocorrelación); análisis LPC (*linear predicting coding*); cálculo de la relación armónico/ruido (H/N o HNR), cálculo de perturbaciones (*jitter* y *shimmer*); espectrograma en escala de grises o térmica (color); cálculo de la primera y segunda derivada de la onda y el cálculo del número de pases por el cero (*zero crossing plot*).

Entre las posibilidades de cálculos estadísticos de cualquiera de las ondas o de un segmento de las mismas se encuentran: a) estadística de la señal (número de puntos, frecuencia de muestreo, valor mínimo, máximo, media, SD, área debajo de la onda y RMS —*root mean square*—); b) estadística de la Fo (media, rango, SD, *jitter%*, Kurtosis y *skewness* sobre la base de una estrategia *peak-picking*); c) *breathiness* (proporción de energía en la región de alta frecuencia y promedio de la H/N), y d) porcentaje de segmentos con voz y sin voz y porcentaje de zonas silentes.

Necesidades de hardware

Para el programa Superscope es necesaria una tarjeta conversora A/D de la compañía GW Instruments de la línea MacADIOS, debiéndose consultar con la compañía la configuración óptima a nuestras necesidades, siendo la inferior de la gama la MacADIOS8ain de 12 bits y 28,8 kHz para ocho canales

y la superior la MacADIOS II/16 de 16 bits y 55 kHz para ocho canales.

Superscope II es compatible con ordenadores Macintosh (PowerBook, Quadra 840av y Power Mac 7100) con sistema operativo 6.0.7 o superior, con un mínimo de RAM de 4 MB para el sistema 6 y de 5 MB para el 7.0, si bien se recomiendan 8 MB o más y un ordenador Quadra 650 para un mejor rendimiento del programa.

Para el programa Soundscope existen unos requerimientos mínimos:

- Ordenador con una conexión Nubus libre, por tanto compatible con ordenadores Macintosh de la serie II y Quadra. Los Macintosh II sí requieren tarjeta adaptadora Nubus.
- Sistema operativo 7.x o sistema 6.0.7 o superior.
- El monitor, aunque no es necesario un monitor color o de escala de grises, los mejores resultados con el espectrograma se consiguen con una tarjeta gráfica capaz de producir 256 tonalidades.
- El disco duro con un mínimo libre de 6 MB.
- La memoria RAM de al menos 4 MB para ordenadores con sistema 6 Finder; 5 MB para sistemas 6 Multifinder o sistemas 7.0. La casa recomienda mejor 8 MB. Sin embargo, si se emplea el sistema abierto para programar con C de la versión Soundscope/16 Open se requieren 8 MB y la casa recomienda 16.

La firma GW Instrument acaba de sacar (septiembre de 1996) una nueva tarjeta de adquisiciones y análisis de señales compatible con «buses» de PCI e ISA para ordenadores Macintosh u ordenadores personales con Windows 95. Se trata de una placa 32 bit que mejora las prestaciones para ordenadores PC compatibles.

SISTEMAS PC COMPATIBLES

CSL (Computerized Speech Lab) de Kay Elemetrics Co. Modelo 4300b

Es probablemente el sistema más completo y potente de adquisición, análisis y reproducción de la voz y del lenguaje, basado en ordenadores personales. Está diseñado especialmente para otorrinolaringólogos, lingüistas y rehabilitadores del lenguaje. Comprende el hardware y software de fácil manejo en entorno parecido al windows, con un sistema de menús desplegables con el ratón, con gran resolución 16 bits y altas frecuencias de muestreo de hasta 51,2 kHz.

Existe un equipo básico que se puede complementar y ampliar con distintos programas. Las posibilidades del equipo básico comprenden:

- La grabación, reproducción, archivado y recuperación de las voces grabadas, cada una con información generada automáticamente sobre las condiciones de grabación a las que se pueden añadir las anotaciones que queramos con tan sólo escribirlas al salvar los archivos de voz.
- La creación y edición de ventanas (hasta ocho de visualización simultánea en una misma pantalla) con sistemas de cursores que pueden sincronizarse, de distintos colores, que permiten la edición de la onda y la toma de mediciones, así como establecer marcas para realizar análisis en segmentos determinados.
- Entre las posibilidades específicas de análisis de la voz mencionaremos: análisis FFT (transformada de Fourier) ajustable, con enormes posibilidades en número de puntos de análisis, filtros, preénfasis, *smoothing*, rango de amplitud y tipos de ventana de análisis; espectros promediados (LTAS, *long term average spectrum*); la medición de la F_0 y la intensidad a lo largo del tiempo con cálculos estadísticos; análisis LPC (*linear predicting coding*) y trazado automático de formantes en el espectrograma; cálculo de la relación armónico/ruido (H/N o HNR); cálculo de perturbaciones (*jitter* y *shimmer*); espectrograma en escala de grises o térmica (color); creación de distintos tipos de filtros digitales que pueden archivarse y recuperarse ulteriormente.

Una característica especialmente interesante del programa es la posibilidad de crear listas de tareas, encadenadas, denominadas macros para que el programa realice de forma automática cualquier conjunto de operaciones o análisis. El lenguaje empleado es muy simple y permite configurar el sistema para realizar una serie de rutinas a la medida de nuestras necesidades. Existe una forma de creación de los macros muy útil en el modo *learning mode* en que el propio sistema archiva los análisis y operaciones, según se van realizando, para su posterior utilización en otras ocasiones. Los macros pueden ejecutarse después de asignarles una tecla o combinación de teclas con tan sólo presionarlas. La propia compañía suministra algunos macros diseñados especialmente para su uso en la clínica.

Existen diferentes opciones de software:

- *Multidimensional voice program (MDVP)*. Programa de análisis multidimensional de la voz. Calcula 22 parámetros sobre tres segundos de una vocalización sostenida, con una base de datos para la comparación numérica y gráfica con los valores normales (fig. 3).
- *Voice Range Profile (Phonetograph)*. Registra gráficamente la capacidad vocal del paciente mediante la obtención de un fonetograma de

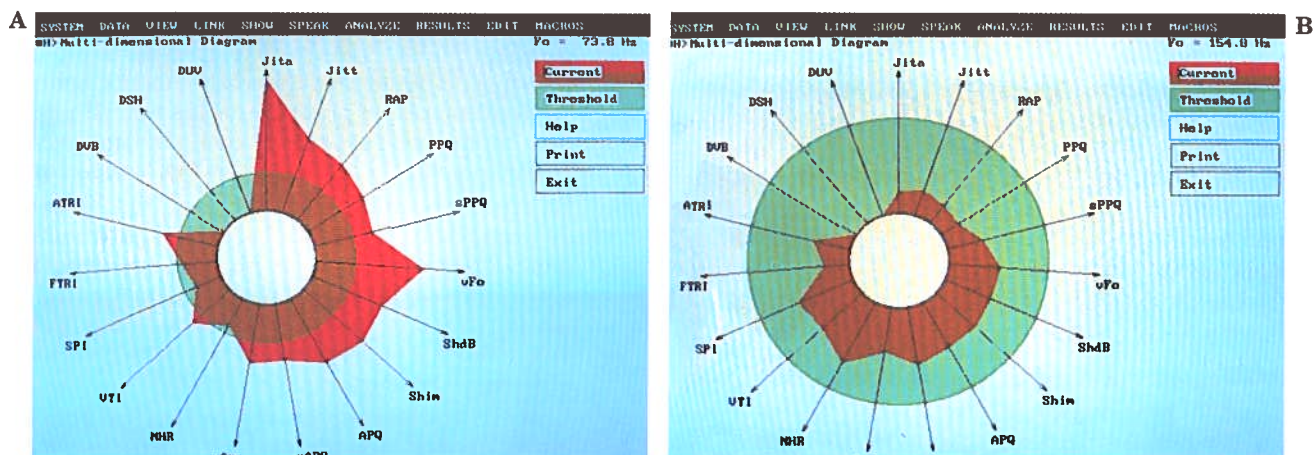


FIG. 3.—Representación gráfica de los distintos parámetros medidos por el programa MDVP. A: Gráfico correspondiente a un paciente con un pólipo en la cuerda vocal antes de la microfonocirugía. B: Al mes de haber sido intervenido. Obsérvese la normalización de la voz después de la fonomicrocirugía.

forma semiautomática (el paciente imita el tono emitido por el ordenador) (fig. 4).

- *Sona-Match*. Programa diseñado para la educación y entrenamiento articulatorio. Permite visualizar en tiempo real el primer y segundo formante de las vocales producidas por el sujeto explorado, pudiéndose comparar con patrones normales o patrones previos del mismo sujeto.
- *Palatometer*. Programa diseñado para la visualización del contacto linguopalatino. Necesita de un dispositivo sensor suministrado por la compañía que introducido en la boca del sujeto explorado permite registrar los puntos de contacto linguopalatino durante la fonación (fig. 5).
- *Programa de transcripción fonética*. Permite de forma multimedia la representación en diferentes ventanas de la forma de onda, el espectrograma, el patrón de contacto linguopalatino y la transcripción fonética de una frase hablada en caracteres IPA (*International Phonetic Association*).
- *Programa de retroalimentación auditiva diferida [Delayed Auditory Feedback (DAF)]*. Permite diferir entre 40-420 ms. el mensaje hablado del sujeto explorado para utilizarlo como retroalimentación auditiva. Muy útil en el tratamiento de los problemas de fluencia del lenguaje.
- Programa para la extracción y representación en tiempo real del tono y la intensidad.
- Programa para la extracción y representación en tiempo real del espectrograma.
- Base de datos fonética con muestras de 25 lenguas diferentes en CD-ROM para la enseñanza de idiomas.

Características del hardware

Existe una configuración básica que consta de un módulo externo, una tarjeta DSP (*digital signal processing*) que se introduce en el ordenador, un micrófono, unos auriculares y unos altavoces. El ordenador puede suministrarlo la empresa o utilizarse el preexistente del usuario, en cuyo caso ha de tener una configuración mínima: 386 DX CPU (25 MHz); 486 o superior recomendable; coprocesador 80387; ISA bus; 4 MB RAM; tarjeta gráfica VGA; monitor 14 pulgadas; 40 MB de disco duro mínimo; ratón microsoft compatible (V3.0) o superior; un slot libre de 16 bits; un puerto en serie y sistema operativo MS-DOS 5.0 o superior.

El módulo externo permite una mejora considerable de la relación señal/ruido (SNR) y la posibilidad de digitalizar dos canales a 16 bits a 50 kHz

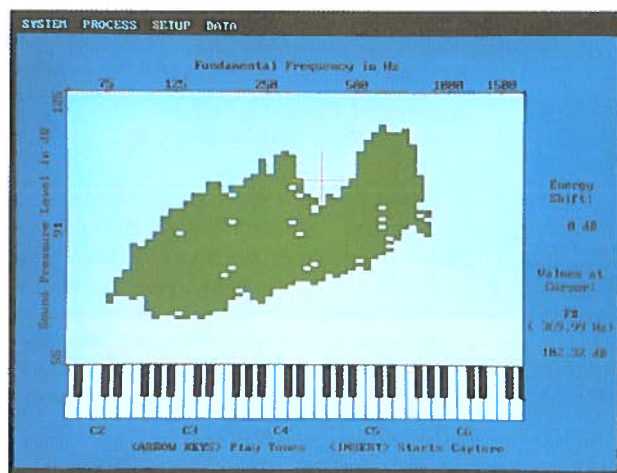


FIG. 4.—Fonotograma normal obtenido con el programa Phonetograph, de Kay Elemetrics Corp.

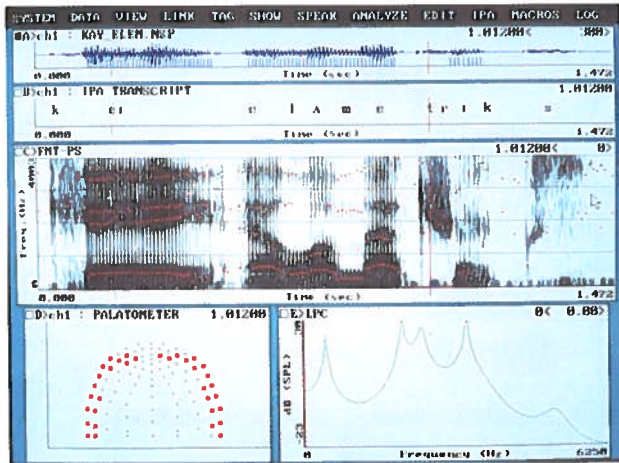


FIG. 5.—Pantalla de ordenador del programa Palatometer, de Kay Elemetrics Corp., en la que puede observarse el oscilograma, la transcripción fonética, el espectrograma y el patrón de contacto linguopalatino y un análisis LPC a nivel del cursor.

por canal. Existe la opción de utilizar un interface de DAT (*digital audio tape*) para verter los datos recogidos en cinta directamente al ordenador sin necesidad de muestrear de nuevo. En las últimas versiones se puede utilizar un módulo externo para cuatro canales muy útil en la investigación, que permite el registro simultáneo de, por ejemplo, la señal acústica, la de EGG (electroglotografía), la EMG (electromiografía) y de presión intraoral.

Multi-speech 3700 de Kay Elemetrics Corp.

Es un sistema de Kay Elemetrics que puede emplearse de forma autónoma o como opción del equipo CSL 4300. Sus principales ventajas residen en ser un equipo que funciona en entorno Windows multimedia con una tarjeta de sonido de las habituales del mercado. Puede ser una opción muy interesante cuando no se tienen los medios para adquirir un sistema como el CSL. Asimismo instalado en distintos ordenadores puede ser una opción complementaria del CSL para el trabajo en equipos multidisciplinares.

El programa permite básicamente los mismos análisis que el CSL: cálculo de la Fo, de la intensidad, FFT, análisis y trazado de formantes, LPC, LTAS, Cepstrum, cálculo del *jitter*, *shimmer* y relación H/N.

Características del hardware

El programa funciona en cualquier ordenador con entorno Windows con unos requerimientos de configuración determinados: procesador 486 o pentium recomendable; 8 MB RAM; tarjeta gráfica VGA; monitor 14 pulgadas; 100 MB de disco duro;

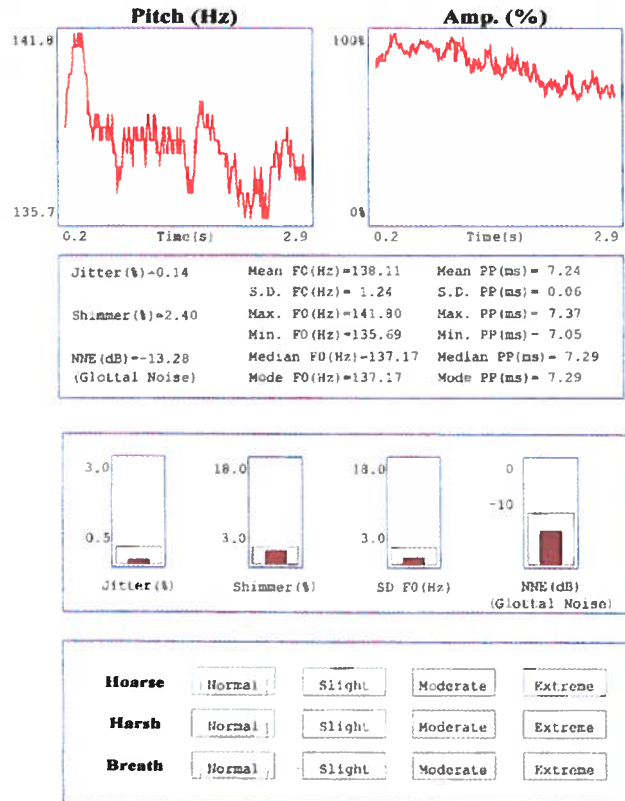


FIG. 6.—Impresiones de las pantallas del programa Dr. Speech correspondientes al análisis cuantitativo de la calidad vocal con los valores numéricos y su representación gráfica.

tarjeta de sonido Sound Blaster o similar de 16 bits; windows 3.1, 3.11 o Windows 95 e impresora láser HP5L o HP660C.

Dr. Speech Sciences para Windows. Tiger Electronics Inc.

El programa Dr. Speech es a su vez un conjunto de programas especialmente diseñado para su uso en ordenadores compatibles, creado para el análisis y rehabilitación de la voz con fines clínicos, que tiene la gran ventaja de funcionar en un entorno de Windows y de poder instalarse en un ordenador portátil que cumpla los requisitos.

Comprende una serie de programas:

- *Evaluación de la voz (Voice assessment)*. Es un programa de fácil manejo que permite el cálculo de cinco parámetros vocales: frecuencia fundamental (Fo), *jitter*, *shimmer*, ruido glótico y la desviación estándar de la Fo. Permite la obtención de los valores numéricos y una sencilla representación gráfica del resultado de los análisis comparados con un patrón gráfico de normalidad que posibilita evaluar rápidamente de forma visual el grado de disfonía (fig. 6).

- **Análisis del lenguaje (Speech analysis).** Es un programa que permite, mediante el empleo de dos ventanas, visualizar la forma de onda u oscilograma de una frase y analizar un espectrograma de banda ancha o estrecha de toda la frase o del segmento seleccionado; asimismo es capaz de dibujar sobre el espectrograma los formantes. Cambiando de ventana se puede obtener el perfil espectral.
- **Análisis electroglotográfico (EGG assessment).** Programa que mediante la conexión de un electroglotógrafo analiza el ciclo glótico sobre la onda EGG. Calcula distintos parámetros relativos al cierre glótico y coeficientes de cierre y de contacto. También calcula la Fo y su desviación estándar, *jitter*, *shimmer* y ruido glótico.
- **Control de la evolución clínica (Clinical progress tracking).** Programa de seguimiento y monitorización del progreso clínico de un paciente sometido a rehabilitación vocal. Permite crear una carpeta para cada paciente donde guardar los resultados de los análisis realizados en las sucesivas visitas para compararlos y visualizar de forma gráfica los progresos. Igualmente sirve para comparar resultados pre y postquirúrgicos o de forma general antes y después de haber instaurado cualquier tratamiento.
- **Entrenamiento vocal (Speech training).** Permite trabajar con dos registros a la vez y comparar distintos aspectos: entonación, intensidad, los espectrogramas o el perfil espectral. Constituye una herramienta muy útil en rehabilitación vocal.
- **Síntesis y rehabilitación vocal (Voice synthesis and therapy).** Programa de ayuda en rehabilitación que ofrece la posibilidad de mostrar distintos objetivos o modelos vocales a conseguir por el paciente; más fáciles de lograr para éste que los sonidos normales. Se consigue así graduar el progreso en la terapia vocal a las posibilidades de cada paciente.
- **Generador de ondas (Wave generator).**
- **Fonograma (Phonogram).** Permite la obtención del fonograma o registro de la capacidad vocal del paciente de una forma sencilla y atractiva. De rápida consecución, puede archivar como archivo gráfico de pantalla o imprimirse y adjuntarse a la historia clínica del paciente. Muy útil.

Necesidades de hardware

El programa está diseñado para el usuario tipo de multimedia con unos requerimientos asequibles: ordenador PC compatible 386 SX o superior (la casa recomienda un mínimo de procesador 486 DX2 66 MHz para obtener una velocidad aceptable, si

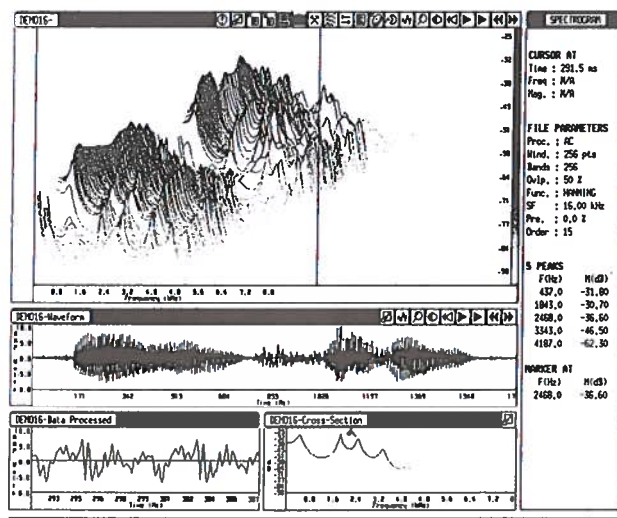


FIG. 7.—Impresión de la pantalla del ordenador del programa CSRE que muestra un espectrograma en «cascada» correspondiente a la forma de onda visualizada.

bien para algunos de los programas como el Phonetogram se requiere un Pentium 100 MHz), MS Windows 3.1 ó 3.11 (no Windows 95), 1 MB de RAM (mínimo son recomendables de ocho en adelante), 12 MB libres en disco duro, monitor VGA o SVGA y tarjeta de sonido de 16 bits compatible con Windows (se recomienda Soundblaster).

CSRE (Computerized speech research environment). AVAAZ Innovations, Inc.

El programa CSRE (Computerized speech research environment) es un potente sistema integrado e interactivo de software concebido para su uso en un ordenador personal, de adquisición, análisis, reproducción, síntesis y edición de la voz y del lenguaje.

Entre otras características el programa permite:

- La grabación y reproducción continua de la señal, sin otro límite de tiempo que la capacidad de memoria del disco duro a 44,1 kHz y 16 bits.
- El análisis simultáneo de la señal en el dominio temporal y frecuencial mediante un método especial de análisis denominado de Cone Kernel.
- La determinación de la Fo por dos métodos diferentes (*Comb-filter* y *Cepstrum*).
- El análisis espectral mediante FFT, LPC (autocorrelación y covarianza modificado) y método de Cone Kernel (una modificación del método de Winger con mejor resolución) en color y en escala de grises (con la posibilidad de presentar el espectrograma en forma de cascada) (fig. 7).

- El análisis y trazado de los formantes, con la posibilidad de exportar los datos resultantes (frecuencia, amplitud y anchura de banda) directamente al programa de síntesis de Klatt.
- El diseño de experimentos de audición y grabación mediante el sistema denominado ECos (*Experiment control system*) de fácil manejo mediante la utilización de los menús existentes, muy útil en la rehabilitación y aprendizaje del lenguaje.
- La síntesis de Klatt de los distintos parámetros del lenguaje, con un sistema de aprendizaje sencillo e interactivo que permite especificar y editar hasta 40 parámetros e interpolarlos de forma automática con la posibilidad de utilizar parámetros por defecto para agilizar el proceso.

Necesidades de hardware

La casa recomienda un ordenador Pentium o 486DX con sistema operativo DOS 5.0 o posterior, 2 MB o más de RAM y 5 MB libres en el disco duro (para la instalación) y 30 MB de espacio adicional para la grabación y análisis, monitor VGA (640 × 480, 16 colores) o SVGA (VESA) (800 × 600, 256 colores), ratón, micrófono, amplificadores y filtros (ya existentes en las tarjetas de usuarios multimedia) y altavoces. El programa soporta tarjetas de sonido de 16 y 12 bits de distintas marcas [Tucker Davis Technologies System II (AP2) para sistemas de alta calidad, SoundBlaster 16 bits para usuarios multimedia, Data Translation DT2801A de 12 bits, etc.].

Sistema VISHA (para proceso y visualización del habla)

Es un sistema de procesamiento de la voz de múltiples aplicaciones y de bajo coste, basado en una única tarjeta DSP de proceso digital de la señal que se conecta al bus de un ordenador personal PC compatible. Es un sistema de desarrollo español fruto de los programas I + D de la Escuela de Telecomunicaciones de Madrid (Departamento de Electrónica), financiado por el Insero, la UPM (Universidad Politécnica de Madrid) y la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología).

Entre las aplicaciones desarrolladas se incluyen:

- *Programa de rehabilitación de la voz (Isotón)*. Es un programa de rehabilitación de la voz y del lenguaje que entrena los siguientes parámetros: intensidad, entonación y discriminación sonoro/fricativo sordo. Tiene dos métodos de funcionamiento: la imitación de patrones establecidos previamente por el rehabilitador

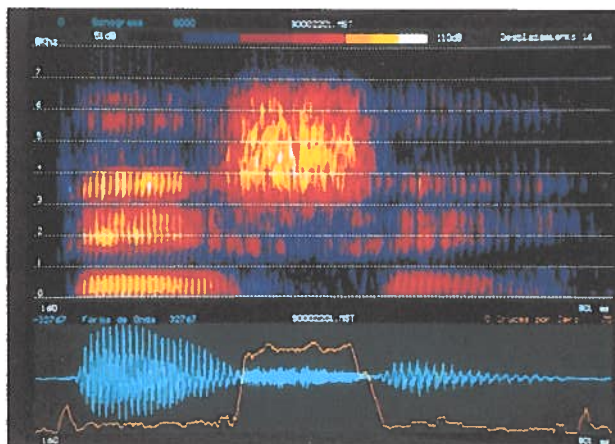


FIG. 8.—Espectrograma en escala térmica obtenido con el programa PC-Vox.

con su voz y el control de diferentes videojuegos mediante la voz.

- *Programa de estudio de la señal de la voz (PC-Vox)*. Es un programa que permite almacenar unos segundos de voz (8 s. a 16 kHz y 16 bits) o una frase para estudiarlos posteriormente mediante la extracción y representación de los parámetros más representativos de la misma. Los parámetros que maneja son: el espectrograma o sonograma (de banda ancha o estrecha, con una cierta limitación en las opciones de anchuras de banda), la forma de onda u oscilograma, la entonación, la intensidad o la energía y la tasa de cruces por cero. Permite el análisis espectral mediante el método FFT y LPC. Con los datos registrados se pueden etiquetar fonéticamente las secuencias deseadas de voz previamente grabadas, archivar, reproducir y editar cualquiera de las mismas. Es un sistema de manejo sencillo que mediante la edición de distintas ventanas de análisis permite configurar las pantallas para personalizar el sistema a las necesidades del usuario (fig. 8).
- *Programa de conversión texto-voz (Tel-Eco)*. Es un programa de conversión texto-voz que permite reproducir cualquier texto en español sin haber sido previamente grabado, de fácil manejo desde otros programas y que produce una voz de gran calidad y naturalidad.
- *Programa para la realización de audiometrías (PCAUD)*. Es un programa que permite realizar audiometrías tonales y verbales para su impresión en papel o archivado en el ordenador.
- *Programa para la visualización de los órganos articulatorios (SAS)*. Es un programa que a partir de la voz capturada por el micrófono representa la posición de los órganos articulatorios durante la producción del lenguaje, que

permite la rehabilitación mediante la corrección de los patrones articulatorios del individuo explorado al compararlos con patrones establecidos.

- *Programas para el retardo de la voz.* Que desfasa la reproducción de la voz emitida delante del micrófono entre cero y un segundo, de forma programable a intervalos de 1 ms. De utilidad en la rehabilitación de disfonías y taquifemias.
- *Programa de escritura predictiva.* Que permite abreviar la composición de textos incorporando un sistema de predicción de palabras. El texto escrito puede enviarse a una impresora o al programa de conversión texto-voz.

Necesidades de hardware

Los distintos programas utilizan la tarjeta VISHA, el micrófono, el altavoz, los auriculares y otros suplementos que se adjuntan con la misma. Se necesita un ordenador personal tipo AT o superior, tarjeta gráfica VGA con monitor color, ratón e impresora láser-jet si se quieren obtener copias impresas de las pantallas.

Existe una versión del programa PC-Vox, en entorno Windows, en fase de perfeccionamiento con mayor capacidad de análisis y de cálculo (Fo, jitter, shimmer, H/N) que probablemente saldrá al mercado en el año en curso.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCION DE UN SISTEMA DE ANALISIS

A la hora de adquirir un sistema de análisis acústico el futuro usuario se ve en la difícil situación de tener que acertar en la elección sin saber precisar cuáles son exactamente sus necesidades y sin conocer cuáles son las posibilidades que ofrecen los distintos sistemas existentes en el mercado.

Con este capítulo no se pretende confeccionar una guía del comprador de un sistema de análisis de la voz, sino orientar sobre cuáles deben ser los criterios que se deben valorar antes de decidirse por uno u otro sistema.

En primer lugar, el coste de los diversos equipos es tan variable que puede oscilar desde unos cientos de miles de pesetas hasta varios millones, por lo que muchas veces nuestros presupuestos van a ser un factor limitante que nos va a permitir descartar de entrada aquellos equipos que no se ajusten a nuestras disponibilidades económicas. Sin embargo, no conviene descartar a la ligera por motivos económicos un determinado equipo sin asegu-

rarse de cuáles son los elementos que lo integran. Algunas compañías no incluyen en sus precios elementos como el ordenador, las impresoras, los altavoces o los micrófonos, pudiendo resultar engañosa la primera apreciación de los costes.

La facilidad de adquisición de los distintos equipos tanto de hardware como de software, así como la accesibilidad y calidad de los servicios técnicos en el medio donde van a ser utilizados, son factores condicionantes y no conviene minusvalorar su trascendencia. Hay sistemas sin representación en España ni en Europa, por lo que en un medio hospitalario perteneciente a la Seguridad Social resulta muy difícil la compra de uno de estos equipos de forma directa. Hay algunas compañías, como Kay Elemetrics (CSL) o Avaaz Innovations (CSRE) que tienen publicaciones periódicas al servicio de los usuarios, donde éstos pueden plantear sus necesidades e intercambiar experiencias en el manejo de los distintos equipos.

Algunas compañías organizan demostraciones y cursos de aprendizaje y perfeccionamiento del manejo de sus productos en los países de origen, y en España si hay representaciones comerciales (equipos CSL, Dr. Speech, Pcvox). Casi todas las marcas suministran de forma gratuita por correo discos de demostración con sólo demandarlo (CSL, Soundscope, CSRE); sin embargo, son versiones «demo» en las que el fabricante se cuida mucho de mostrar las excelencias del producto ocultando algunas de las desventajas, limitando el acceso a los distintos menús de trabajo e impidiendo la grabación y análisis real de la voz, cosa lógica por otra parte. Avaaz Innovations posee una dirección de correo electrónico donde se compromete a responder a las preguntas del usuario de forma casi inmediata. La comunicación con las compañías de origen a través de las representaciones comerciales en nuestro país en ocasiones se transforman en una pérdida de tiempo, por lo que es mejor muchas veces la comunicación directa, a pesar de las dificultades añadidas del idioma y la distancia.

Es importante prever las necesidades o el uso futuro que se va a dar al equipo para no limitarnos en la elección a cubrir las necesidades perentorias del momento. Es necesario un estudio de planificación previa en estrecho contacto con la asistencia científica y no comercial de la compañía, de las distintas tareas clínicas y de investigación que se le van a exigir realizar al sistema. Conviene cerciorarse previamente a la compra de que el sistema realiza las tareas que de él se esperan, para lo que es muy interesante presenciar su funcionamiento y el manejo que hacen del mismo otros usuarios en medios similares al nuestro. Personalizar un sistema a la medida del usuario es difícil y no todos los equipos tienen esta plasticidad; sin embargo, a duras penas la compañía podrá ayudarnos en ello si

no tenemos claro lo que queremos obtener del mismo. En algunos casos la firma comercial, dependiendo de la experiencia y conocimientos de su asistencia técnica y científica, puede ayudarnos, pero en general serán los predecesores en el manejo de los equipos quienes mejor pueden orientarnos; aquí cobran especial interés las asociaciones y grupos de usuarios, como los de las compañías Kay Elemetrics, Avaaz Innovations o GW Instruments.

La documentación y manuales de uso de los diferentes equipos son muy dispares. Algunos de los mismos son francamente deficientes, por lo que antes de la compra es imprescindible tener acceso a los mismos. De su claridad, extensión, orden de exposición, indexado, referencias bibliográficas y facilidad de manejo podremos deducir la calidad del sistema que compramos. Modelos de manuales por lo completo de los mismos son los suministrados por Kay Elemetrics para el manejo del CSL, los de GW Instruments para el manejo de los programas de Macintosh o los de Avaaz Innovations para el CSRE.

La compatibilidad de los ficheros creados, una vez capturada la voz por el sistema, es un importante factor a considerar cuando se pretende colaborar entre hospitales o distintos grupos de investigación básica o clínica. La conversión de ficheros en formato ASCII es una posibilidad de intercambio, y algunos programas como CSRE permiten la conversión de sus ficheros en múltiples formatos. Un ejemplo de compatibilidad son los ficheros con extensión .wav de Windows del programa Dr. Speech, que permite exportarlos a cualquier programa que funcione en entorno Windows de multimedia. Igualmente el sistema Multi-speech 3700 crea ficheros tipo .wav y es capaz de reproducir archivos capturados por el equipo CSL 4300. El conjunto de programas que funcionan con la tarjeta VISHA tiene previsto el lanzamiento de una nueva versión mejorada en sus capacidades y con funcionamiento en entorno Windows.

El propósito de este capítulo es proporcionar una exposición de las posibilidades y características más destacadas de los equipos de análisis de voz existentes en nuestro país y de los que el autor tie-

ne experiencia personal en su manejo. Para mayor información el lector puede dirigirse a la bibliografía recomendada o solicitar las direcciones que se facilitan al final del capítulo.

Direcciones de interés

- *GW Instruments*. 35 Medford Street, Somerville, MA 02143 USA. Teléfono (617) 625 4096. Fax: (617) 625 1322.
- *Kay Elemetrics Corp.* 2 Bridgewater Lane. Lincoln Park, NJ 07035-1488 USA. Teléfono (201) 628 6200. Fax: (201) 628 6363.
Representante en España: Salesa. Instituto Auditivo Español. Pau Clarís, 98. Barcelona. Teléfono (93) 317 35 28. Fax: (93) 301 38 42. Zorilla, 19. Madrid. Teléfono (91) 521 78 79. Fax: (91) 523 15 93.
- *Tiger Electronics Inc.* P.O. Box 85126. Seattle, WA 98145. Teléfono (206) 499 5758. Fax: (206) 367 2672.
Representante en España: Arganon, S. L. Aries, 4. 28042 Madrid. Teléfono (91) 305 60 68. Fax: (91) 305 62 64.
- *Avaaz Innovations Inc.* P.O. Box 8040. 1225 Wonderland Rd. N. London, Ontario N6G 2B0, Canadá. Teléfono (519) 472 7944. Fax: (519) 472 7814. Email: info@avaaz.com. editor@avaaz.com.
- *VISHA*. Doctor Santiago Aguilera. ETSI Telecomunicación. Ciudad Universitaria, s/n. 28040 Madrid. Teléfono (91) 336 73 16. Fax: (91) 336 73 23. Email: aguilera@die.upm.es.

BIBLIOGRAFIA

- READ, Ch.; BUDER, E. H., y KENT, R. D.: «Speech analysis systems: An evaluation». *J. Speech. Her. Res.*, 1992; 35: 314-322.
- TITZE, I. R.: «Towards standards in acoustic analysis of voice». *J. Voice*, 1994; 8: 1-7.
- NIETO, A.; DEL PALACIO, A.; LORENZO, F. J.; VEGAS, A., y COBETA, I.: «Los ordenadores en el análisis de la voz: Aplicaciones clínicas». *Acta Otorinolaring. Esp.*, 1995; 46: 241-245.

Técnicas básicas de espectrografía

S. FERNANDEZ GONZALEZ

RAYMOND H. STETSON describía en 1928 la voz hablada como movimiento audible. La voz es el producto de las acciones de un sistema acústico complejo denominado tracto vocal. Cualquier cambio en las características acústicas de la voz necesariamente representa un cambio en el estado de los órganos de fonación, de manera que se ha llegado a decir que el conocimiento completo de la fisiología y de los fenómenos acústicos de la producción vocal permitiría precisar lo que ocurre en el tracto vocal mediante el análisis de la señal acústica recogida durante la fonación.

Sin embargo, nuestro conocimiento está lejos de este ideal y no es posible por el momento obtener conclusiones inequívocas acerca de los fenómenos motores específicos basándonos únicamente en la señal acústica. Además no hay razón alguna para pensar que existe una estricta y única correspondencia entre los hallazgos acústicos y los fenómenos motores.

El sistema fonatorio se caracteriza por ser multifactorial. Un determinado registro puede deberse a diferentes combinaciones de distintas acciones del tracto vocal. El análisis acústico supone una herramienta muy potente en el estudio funcional del sistema fonatorio, especialmente cuando se combina con otros parámetros fisiológicos como pueden ser la presión aérea o el flujo. En los últimos años las técnicas de registro permiten métodos de extrema potencia a la hora de extraer gran cantidad de información de los fenómenos acústicos y no acústicos que tienen lugar durante la producción vocal.

Uno de los instrumentos o técnicas habituales más importantes en el análisis acústico vocal es la espectrografía, que ha sido definido como la disección de la onda sonora en sus componentes más básicos o como el registro visual del sonido. La cantidad de información obtenida en un espectrograma es enorme. Durante mucho tiempo ha sido motivo de estudio la determinación de aquellas características de la espectrografía y de aquellas otras que deben ser valoradas a la hora de establecer conclusiones en relación con la producción o la percepción vocal. No se debe olvidar que la espectrografía es una herramienta más, ciertamente muy importante y poderosa. La infinidad de los datos que nos ofrece, muchas veces presentados de manera espec-

tacular y atractiva, deben referirse siempre a la fisiología. Ni los numerosos parámetros cuantificables, ni los registros de señales multicolores, ni el análisis matemático y la estadística que nos presentan los aparatos deben hacernos olvidar otros métodos de análisis. El análisis vocal requiere una valoración cualitativa de la señal que está siendo adquirida y estudiada tanto en el dominio del tiempo como el dominio de la frecuencia. Hemos de evitar el peligro de confiar y descansar en los parámetros estadísticos. Estos no nos lo dicen todo sobre la fisiología, son un mero número, un producto del análisis matemático. El oído, la experiencia y la formación son mejores que cualquier programa. No todo lo medido es computable y no todo lo computable es útil, aunque se presente con formas espectaculares que muchas veces dependen en el fondo de intereses comerciales. En este capítulo vamos a considerar las características básicas del espectrograma sonoro, así como algunos ejemplos de aquellas mediciones clínicas que pueden ser útiles.

PRINCIPIOS FISICOS BASICOS

Para entender la espectrografía se necesitan unos conocimientos básicos de física acústica y psicoacústica que ya han sido tratados en profundidad en capítulos anteriores. Vamos a recordar algunos de los puntos más importantes.

TEOREMA DE FOURIER

El teorema de Fourier establece que cualquier onda periódica puede ser descompuesta en series de ondas sinusoidales con diferentes frecuencias, amplitudes y relaciones de fase (fig. 1).

La frecuencia de las distintas ondas sinusoidales que componen esta onda compleja es un múltiplo de la frecuencia de base denominada frecuencia fundamental de la onda estudiada y cada componente se denomina armónico (primer armónico F_1 , segundo armónico F_2 , etc., a medida que la frecuencia se multiplica con respecto a la frecuencia fundamental F_0). Las ondas aperiódicas poseen energía a lo largo de muchas frecuencias o un es-

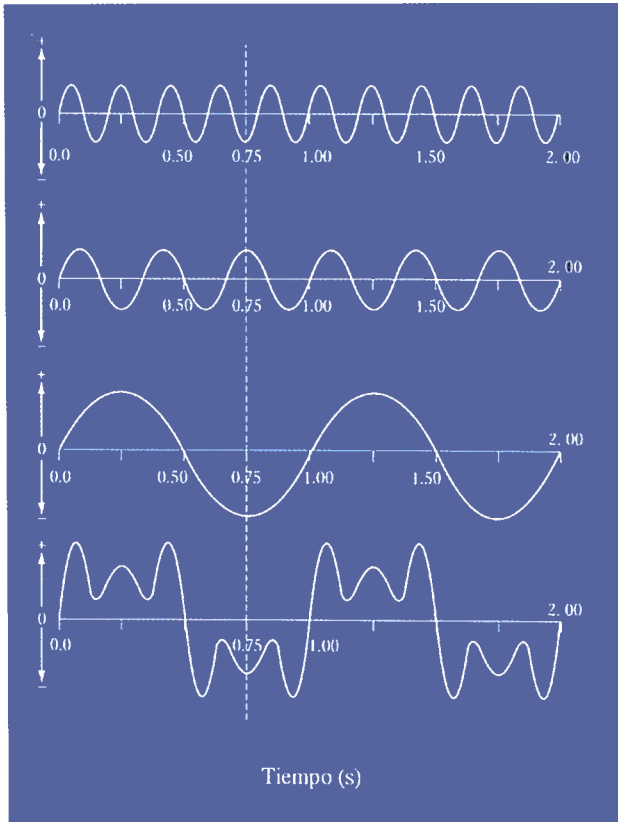


FIG. 1.—Se presenta en la parte inferior un ejemplo de onda periódica y superior a ella las tres ondas sinusoidales en las que puede ser descompuesta mediante la aplicación del teorema de Fourier. Comprobamos cómo la primera onda sinusoidal situada inmediatamente por encima de la onda periódica compleja tiene una frecuencia de uno y por ser la frecuencia de base se denomina frecuencia fundamental (F_0). La segunda onda colocada inmediatamente por encima de la onda a analizar posee una frecuencia de tres ciclos por segundo y correspondería al primer armónico (F_1), y la tercera onda, en el ejemplo la onda sinusoidal superior, posee una frecuencia de cinco ciclos por segundo y correspondería al segundo formante (F_2). Obsérvese también que la frecuencia fundamental tiene una amplitud que es el doble de la amplitud que poseen el primer y segundo formante.

pectro continuo de frecuencias, aunque la cantidad de energía puede variar de un punto a otro de ese espectro continuo de frecuencias (fig. 2).

Para registrar la amplitud de los componentes de una onda sonora con respecto a sus frecuencias se utiliza el espectro de amplitudes de dicha onda (figs. 3, 4 y 5).

El método espectrográfico más común es aquel que utiliza el filtrado de la señal sonora mediante filtros de diferente anchura de bandas. Un filtro de una determinada banda permite tan sólo el paso de frecuencias para las que está diseñado, eliminando las frecuencias que están por encima o por debajo de los límites que posee. Los límites superior e inferior al de un filtro se definen por aquellas frecuencias donde la atenuación es de aproximada-

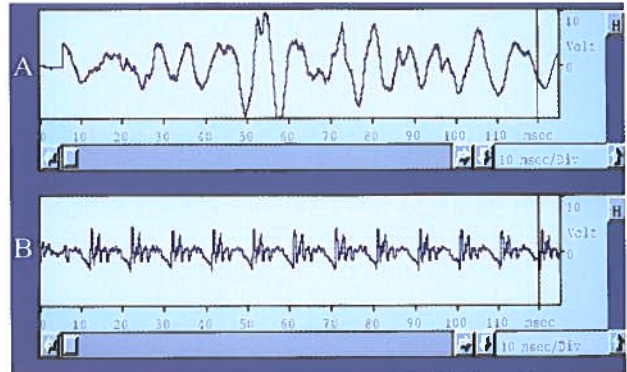


FIG. 2.—La onda representada en la parte superior (A) corresponde a una onda compleja aperiódica. La onda representada en la parte inferior de la gráfica (B) corresponde al oscilograma de una /a/. Como se puede comprobar es una onda compleja periódica en la que se repite el mismo patrón ciclo a ciclo.

mente -3 dB comparados con el centro de la banda. Los filtros con un paso de banda estrecho permiten la discriminación de frecuencias muy próximas, pero su respuesta es lenta. Los filtros de banda ancha son rápidos, su resolución en el tiempo es buena, aunque su resolución frecuencial es pobre. Tendremos siempre, por tanto, una mejor resolución frecuencial si nos decidimos por los de banda estrecha o una mejor resolución temporal si nos decidimos por los de banda ancha. La mayor o menor resolución en un sentido supondrá un detrimento en el otro. Es importante tener en cuenta el tipo de filtrado en el momento de realizar un análisis, ya que la selección de este tipo de filtro u otro nos va a

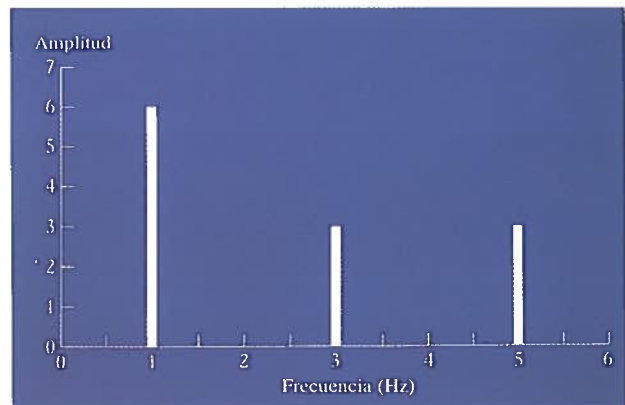


FIG. 3.—Se representa el espectro de amplitudes de una onda compleja periódica (onda representada en la figura 1) en la que se muestra en el eje de abscisas la frecuencia y en el eje de ordenadas la amplitud, y podemos comprobar cómo la frecuencia fundamental, es decir, la línea del espectro más próxima al cero, tiene un valor de 1 Hz.; el primer armónico, la primera línea vertical después de la frecuencia fundamental, posee una frecuencia de 3 Hz. y el segundo armónico de 5 Hz. La amplitud del primer y segundo armónicos es exactamente la mitad de la amplitud de la frecuencia fundamental. El espectro, por tanto, nos representa de una manera sencilla los datos que caracterizan a la onda analizada.

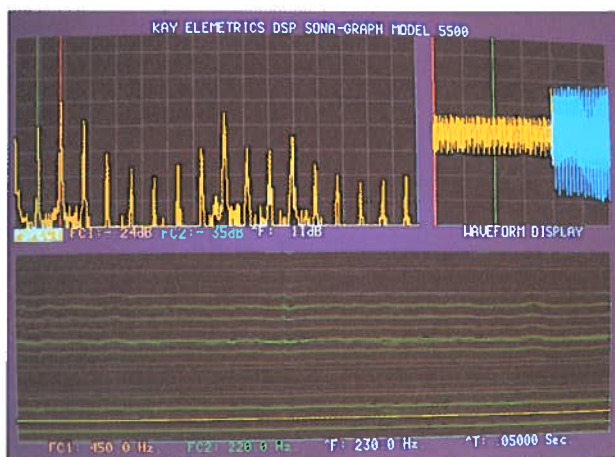


FIG. 4.—Se representa en esta figura en la parte superior izquierda el espectro de amplitudes de una señal periódica que corresponde a la fonación de una /i/ sostenida. Podemos comprobar cómo uno de los cursores señala la frecuencia fundamental (220 Hz.), mientras que el otro cursor señala el primer armónico (450 Hz.). En el extremo superior de la derecha tenemos representado el oscilograma de la vocal /i/. En la parte inferior de la imagen tenemos representado el espectrograma (sonograma) en el que la serie de líneas horizontales se corresponde con los armónicos y la inferior de ellas es la frecuencia fundamental; el eje de abscisas es el tiempo, el eje de ordenadas es la frecuencia en Hz. y la intensidad del color se corresponde con la presión sonora.

permitir registrar de una manera precisa cambios temporales o frecuenciales en los componentes de la señal si utilizamos los filtros de banda estrecha (figs. 6 y 7).

El análisis de Fourier puede decirnos mucho, sobre todo acerca de los sonidos vocálicos.

Sin embargo, como habitualmente ocurre cuando se aplican las matemáticas al mundo físico, presenta algunos problemas:

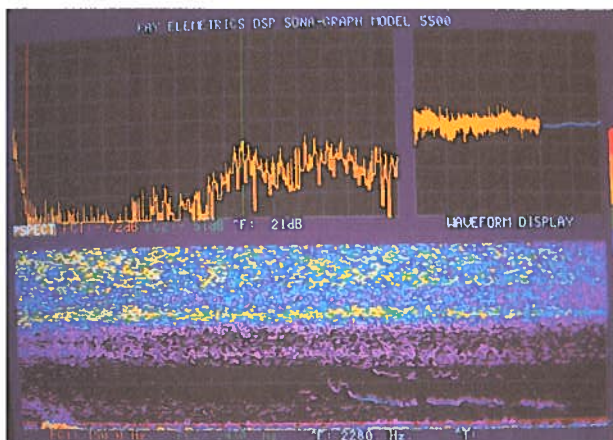


FIG. 5.—Se representa el espectro de amplitudes, el oscilograma y el espectrograma de manera similar a la figura 4 pero correspondiente a una onda aperiódica (sonido /s/). En ella vemos un espectro continuo de frecuencias agrupado sobre todo hacia los valores de las altas frecuencias.

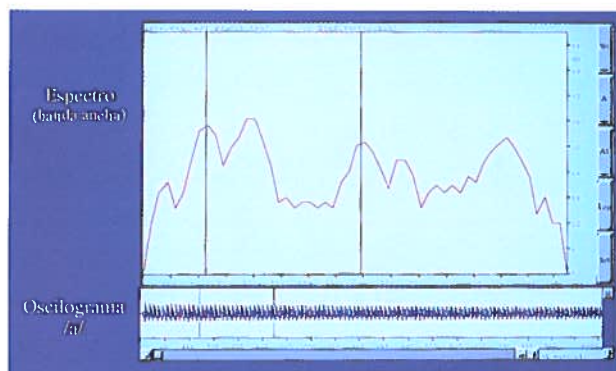


FIG. 6.—Transformada rápida de Fourier (espectro banda ancha desde una fonación sostenida /a/). La gráfica inferior corresponde al oscilograma de la fonación sostenida de la /a/, mientras que en la gráfica superior tenemos representados el espectro en el que los cursores señalan la frecuencia e intensidad de los distintos formantes que se reconocen.

1. El teorema de Fourier se aplica a ondas periódicas, mientras que los sonidos fonatorios son cuasiperiódicos.
2. Se refiere a ondas continuas, mientras que el análisis digital convierte las señales en discretas.
3. La realización del análisis de Fourier tal y como fue desarrollado por el autor es difícil y complejo aunque se tenga un número finito de componentes.

No obstante, existen soluciones para todos estos problemas. Podemos adaptar el análisis de Fourier a una onda cuasiperiódica, aumentando y disminuyendo gradualmente la amplitud de la señal. Además existen transformadas discretas de Fourier como, por ejemplo, la transformada rápida de Fourier, que puede ser calculada de manera sencilla y precisa mediante sistemas informáticos.

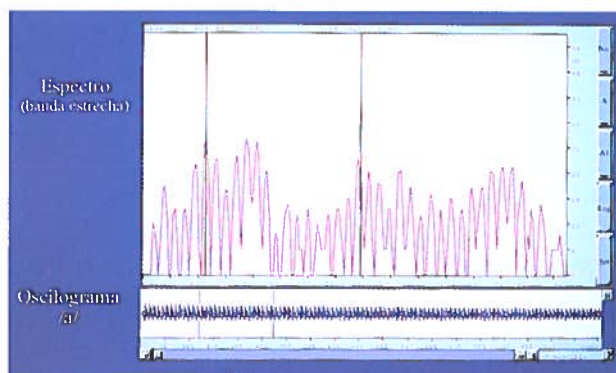


FIG. 7.—Se representa el mismo análisis espectral mediante la transformada rápida de Fourier (banda estrecha) que nos permite visualizar los armónicos de manera que colocando el cursor en cada uno de ellos obtenemos el valor preciso de frecuencia e intensidad.

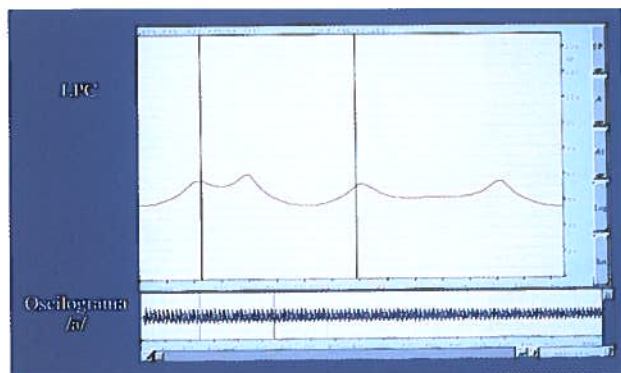


FIG. 8.—Registro espectrográfico mediante la técnica LPC en el que podemos observar la distribución de formantes de la /a/ y que de manera similar al equipo informático nos permite, mediante la colocación de cursores, obtener de manera precisa el valor de frecuencia e intensidad para cada uno de ellos.

LPC

El análisis de Fourier es básico para el estudio de la voz, pero no es la única manera para determinar el espectro ni tampoco la mejor para realizar todos los procedimientos del análisis vocal. Existe otro método posterior al análisis de Fourier denominado la proyección lineal o «linear predictive coding» (LPC). La LPC construye basándose en el hecho de que cualquier muestra de voz digitalizada se puede predecir parcialmente con respecto a la señal que inmediatamente la precede. Esto es válido para el análisis vocal, ya que en la fonación existen variaciones importantes de un ciclo a otro. La proyección lineal se basa en definitiva en la hipótesis de que cualquier muestra de voz es una función lineal de aquella que la precede. Expresado en forma de ecuación matemática sería la siguiente:

$$X(n) = a_1[x(n-1)] + a_2[x(n-2)] + \dots - e(n)$$

En la figura 8 podemos observar la representación del espectro mediante análisis LPC del mismo ejemplo de las figuras 4 y 6 y 7.

El espectro LPC no muestra los armónicos, es un espectro envolvente. En él podemos determinar con precisión el valor frecuencial de los formantes, así como la intensidad a la que se encuentran dichas regiones. Sin embargo, no existe en este modo de representación la imagen de la frecuencia fundamental. No obstante, puede ser calculada mediante procedimientos matemáticos.

MÉTODOS ESPECTROGRÁFICOS

La representación del espectrograma muestra los componentes frecuenciales de la fonación en función del tiempo, y uno de los componentes es la frecuencia fundamental. La representación de la frecuencia

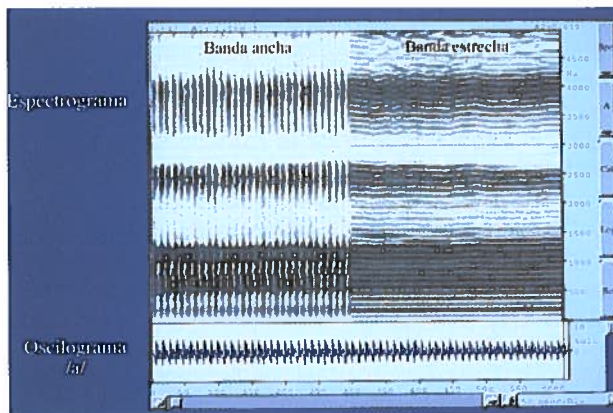


FIG. 9.—En la parte correspondiente al espectrograma de banda ancha observamos unas bandas horizontales que se corresponden con los formantes y una estriación vertical. El tiempo comprendido entre dos líneas verticales se corresponde con el período fundamental. Mediante este modo de filtrado es difícil precisar el valor de la frecuencia fundamental. El espectrograma realizado con un filtrado de banda estrecha permite obtener de una manera clara el registro de la frecuencia fundamental y de los armónicos en los que podemos descomponer la banda sonora. La frecuencia fundamental se correspondería con la primera línea horizontal que aparece en el espectrograma, y mediante la colocación de cursores o mediante procedimientos matemáticos incluidos en el sistema informático podríamos obtener el valor de la frecuencia fundamental y de cada uno de los armónicos. Observamos también cómo los armónicos se agrupan en zonas de mayor energía que se corresponden con los formantes, también señalados en el espectrograma de banda ancha.

fundamental es completamente diferente si se realiza un espectrograma de banda ancha o de banda estrecha. En la figura 9 está representada en la parte inferior el oscilograma de la vocal /a/ y en la parte superior el espectrograma de dicha vocal sostenida. En la primera vocal del registro espectrográfico está representado el espectrograma de banda ancha; en el lado derecho el de banda estrecha.

En la zona correspondiente al análisis espectrográfico mediante banda ancha podemos apreciar unas bandas de mayor densidad en sentido horizontal que se corresponden con las zonas de mayor energía y que se denominan formantes. Se puede establecer una relación de correspondencia entre los formantes y los resonadores del tracto vocal. Además se puede observar una estriación vertical. El intervalo de tiempo comprendido entre dos de esas líneas verticales se corresponde con la duración del período del ciclo vocal o período fundamental. A partir de este valor se puede calcular el valor de la frecuencia fundamental, si bien a veces esto no es el método más preciso y más cómodo.

El registro espectrográfico realizado mediante banda estrecha presenta unas franjas horizontales claramente definidas que son los armónicos. La primera franja horizontal detectada aproximadamente en la frecuencia de 100 Hz. es la frecuencia fundamental (F_0). Observamos también que los ar-

mónicos se agrupan en zonas de mayor densidad de color que se corresponden perfectamente con los formantes registrados también mediante la espectrografía con banda ancha. De la disposición, la nitidez, la regularidad y de la uniformidad en la intensidad podemos deducir la calidad de la voz del paciente y cuantificar los parámetros más importantes que la describen. No existen dos espectrogramas iguales para una misma fonación emitida por diferentes personas y, por otro lado, para una misma fonación en condiciones normales realizada por individuos distintos podemos reconocer unas características comunes en los fonemas estudiados de manera que puedan ser transcritos y leídos con sólo valorar el registro espectrográfico.

En cada una de las formas de presentación del registro espectrográfico mediante la colocación de cursores en cada una de las zonas que nos interesen obtenemos el valor preciso de frecuencia correspondiente no sólo a la frecuencia fundamental, sino a todos y a cada uno de los armónicos. Además, mediante procedimientos matemáticos, podemos obtener también el valor medio de los formantes, así como el rango de los mismos.

Del análisis espectrográfico se pueden derivar una serie de cálculos que permiten la cuantificación de las perturbaciones de la frecuencia (*jitter*) o de la amplitud (*shimmer*), comentados en otros capítulos y que son parámetros importantes (sobre todo el *jitter*) a la hora de precisar las características de una voz. Otro parámetro derivado del estudio espectrográfico de interés clínico es la relación ruido-armónicos y que se puede hacer corresponder en muchos casos con el componente aéreo que esa voz presenta. El estudio espectrográfico no sólo tiene utilidad para la valoración acústica de los sonidos vocálicos mantenidos, sino que pueden ser valorados mediante este método los fonemas consonánticos, las transiciones entre fonemas, los diptóngos, la prosodia, etc. No obstante, desde el punto de vista vocal, es el estudio de los fonemas vocálicos aquel que más información nos da con respecto al estado de las cuerdas vocales.

ANÁLISIS CEPSTRAL

Un nuevo método basado en la espectrografía desarrollada aproximadamente en la mitad de los años sesenta es el análisis cepstral. La técnica para obtener análisis cepstral consiste en la aplicación de la transformada rápida de Fourier a una señal periódica sonora para obtener el espectro de la misma manera que se obtenía en la figura 7. Este espectro, obtenido mediante la aplicación de la transformada rápida de Fourier (banda estrecha), nos revela una señal también periódica cuyo intervalo es la frecuencia fundamental, ya que los armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental.

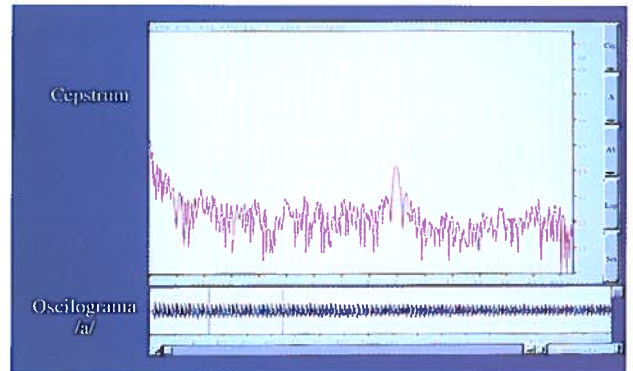


FIG. 10.—Registro correspondiente al análisis cepstral del ejemplo observado en las figuras 2, 6 y 7 y 8. En este tipo de registros el eje de abscisas representa tiempo (ms) y el eje de ordenadas representa intensidad (dB). El pico que se observa en la gráfica corresponde a la frecuencia fundamental determinándose su valor calculado el inverso del periodo fundamental que se obtiene directamente de esta gráfica.

Por tanto, por ser una señal periódica es susceptible de ser tratada o analizada mediante la transformada rápida de Fourier, separando sus componentes, de los cuales el principal es la frecuencia fundamental. Por tanto, el cepstrum consiste en la aplicación de dos transformadas rápidas de Fourier consecutivas a la muestra en estudio.

En el momento actual no se aplica la transformada de Fourier directamente sobre el espectro (Power Spectrum), sino sobre el logaritmo del Power Spectrum. El resultado de esta transformación, siguiendo el mismo ejemplo de fonación sostenida vocálica de las figuras 2 y 7 se muestra en la figura 10, en la que destaca el pico correspondiente a la frecuencia fundamental. Como se puede apreciar en la figura 10 los ejes del análisis espectral corresponden a tiempo, en milisegundos (eje de abscisas), y a la intensidad (eje de ordenadas).

La duración de la onda registrada mediante análisis cepstral es el período de la frecuencia fundamental.

El análisis cepstral, también denominado cepstrum, adquiere este nombre al invertir la primera sílaba de la palabra spectrum, ya que el análisis cepstral en cierto modo revierte un espectro.

La correspondiente unidad de tiempo es la quefrequency (que corresponde a la palabra frequency), a la que se han invertido las dos primeras sílabas ya que se ha invertido el eje de frecuencias del spectrum).

Otras unidades en el análisis cepstral se denominan de manera similar, y así tenemos que los «harmonics» se denominan «rahmonics», etc.

El análisis cepstral requiere un complejo cálculo que es realizado hoy día sin problemas por los distintos equipos informáticos. La utilidad de este tipo de análisis está siendo evaluada y precisada por distintos grupos de trabajo.

Estos distintos métodos espectrográficos están en continuo cambio. Permanentemente nuevos procedimientos matemáticos y distintos modos de representación gráfica nos ofrecen aplicaciones prácticas que facilitan la comprensión de la producción vocal. Este apasionante campo en el que nos mueve el deseo para comprender esta excelsa y típicamente facultad humana, el interés por desarrollar mejores protocolos de tratamiento y por conseguir un sistema fiel y certero de síntesis de voz y de reconocimiento de voz nos ofrece, en un futuro inmediato, muy directivo y pleno de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BAKEN, R. J.: *Clinical measurement of speech and voice*. Needhams Heights: Allyn & Bacon, 1987.
- BORDEN, G. J.; HARRIS, K. S., y RAPHAEL, L. J.: *Speech science primer. Physiology, acoustics and perception of speech*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1984.
- COLTON, R., y CASPER, J. K.: *Understanding voice problems. A physiological perspective for diagnosis and treatment*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.
- DENES, P. B., y PINSON, E. N.: *The speech chain*. New York: WH Freeman and Company, 1993.
- KENT, R. D., y READ, Ch.: *The acoustic analysis of speech*. San Diego: Singular Publishing Group, 1992.
- NIETO, A.; COBETA, I.; GAMBOA, F.; MONTOJO, I., y VEGAS, A.: «La relación armónico/ruido (H/N) y el análisis espectrográfico en la patología del abuso vocal». *Acta Otorrinolaring.* En prensa.
- ORLIKOFF, R. F., y BAKEN, R. J.: *Clinical speech and voice measurement*. San Diego: Singular Publishing Group, 1993.
- RUBIN, J. S.; STALOFF, R. T.; KOROVIN, G. W., y GOULD, W. J.: *Diagnosis and treatment of voice disorders*. New York: Igaku-Shoin, 1995.

Aplicaciones clínicas de la espectrografía

A. NIETO ALTUZARRA

Dado que el espectro vocal es el resultado de la interacción entre la fuente glótica de excitación y el filtro de las estructuras supraglóticas, el análisis espectrográfico nos permite estudiar al mismo tiempo la función laríngea y los movimientos articulatorios.

Como ya se ha mencionado en otro lugar existen dos tipos de espectrogramas dependiendo de la anchura de banda del filtro empleado en el análisis: a) banda estrecha, y b) banda ancha. El de banda estrecha se caracteriza por tener una buena resolución frecuencial y una mala resolución temporal. La primera característica permite ver cada uno de los armónicos como estriaciones horizontales donde se concentra la energía. El espectrograma de banda ancha tiene una mala resolución frecuencial y una buena resolución temporal. La buena respuesta temporal nos permite ver cada uno de los pulsos glóticos, que son cada una de las estriaciones verticales que vemos en el espectrograma (fig. 1).

En las últimas décadas, y aprovechando la potencia de los ordenadores, se ha desarrollado otro tipo de análisis espectrográfico denominado espectro promedio de larga duración; en inglés, LTAS (*long term average spectrum*) (fig. 2).

Los dos tipos de análisis espectrográfico pueden emplearse en la evaluación de la calidad de la voz, pero hay que comprender qué se puede esperar del estudio de cada uno de ellos.

La presencia de lesiones en las cuerdas vocales altera la calidad de la voz al impedir un buen cierre de la glotis y alterar el equilibrio biomecánico de las cuerdas vocales. La turbulencia aérea generada por un cierre glótico incompleto se manifiesta en la voz por la aparición de un ruido blanco, que es más evidente en la región de las altas frecuencias, pero que penetra igualmente en la región de las frecuencias formánticas, fenómeno que ha sido estudiado por distintos autores desde los iniciales trabajos de YANAGIHARA en 1967 (1). El grado de disfonía, por tanto, puede evaluarse observando cómo la estructura armónica normal se ve sustituida por ruido en el espectrograma. De la misma manera que un cierre glótico incompleto se manifiesta en el espectrograma por el aumento de ruido interarmónico, en el LTAS se traduce, de acuerdo con las teorías de FANT, en variaciones en la amplitud de la fundamental (F_0) y en la riqueza y configuración de los armónicos (GAUFFIN Y SUNDBERG, 1989). Sin embargo, el método de YANAGIHARA tiene el inconveniente de basarse en la apreciación visual subjetiva del examinador. HANSON y EMMANUEL (1979) para resolver este problema crearon el SNL (*spectral noise level*), nivel de ruido espectral. Existen distintos algoritmos para determinar la presencia de ruido en la voz de forma automática en el dominio frecuencial (KOJIMA y cols., 1980; KITAJIMA, 1981).

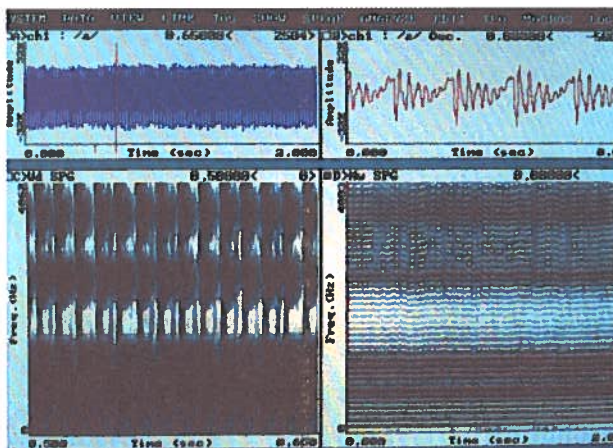


FIG. 1.

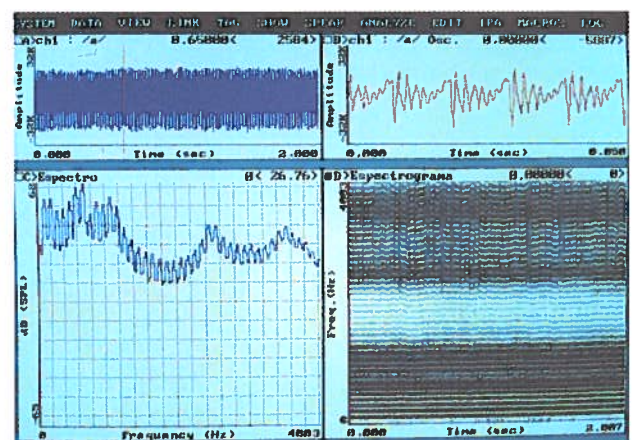


FIG. 2.

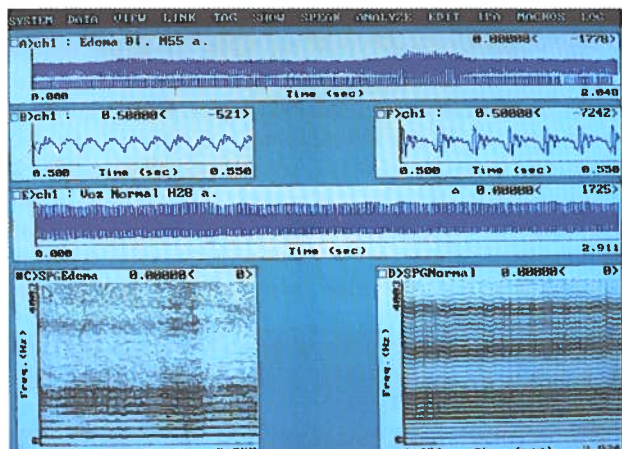


FIG. 3.—Ejemplo 1.

Por otra parte, la irregularidad de la vibración de las cuerdas vocales debida al desequilibrio mecánico producido por la lesión se manifiesta también en la onda acústica generada por un aumento del componente aperiódico o ruido de la misma. Este último fenómeno ha sido estudiado por diversos autores desde los primitivos trabajos de YUMOTO y cols. (1982) y AWAN y FRENKEL (1994).

Numerosos autores [WENDLER y cols., 1980; HAMMARBERG y cols., 1980; DEJONCKERE y cols., 1983; REMACLE y cols., 1989; REMACLE y TRIGAUD, 1991; WOLFE y cols., 1991; KITZING y AKERLUND, 1993; VALENCIA y cols., 1994; MENDOZA y cols., 1996; NIETO y cols. (en prensa)] han utilizado el LTAS en el estudio de la voz comparando los distintos tipos de voz y las características del espectro en determinadas regiones de frecuencias.

Por tanto disponemos de dos posibilidades de análisis de la presencia de ruido en la voz: a) una en el dominio frecuencial mediante el análisis espectral, y b) otra en el dominio temporal mediante el cálculo de la relación armónico/ruido H/N (*harmonic-to-noise ratio*).

Con el propósito de ser eminentemente prácticos a continuación nos limitaremos a comentar algunos ejemplos de utilización de lo expuesto en la práctica clínica como medio de apoyo en el diagnóstico y tratamiento de distintas patologías.

EJEMPLOS

Ejemplo 1 (fig. 3)

Edema bilateral en una mujer de cincuenta y cinco años.

Ventana A. Registro microfónico de 2.048 segundos de fonación de una /a/ mantenida correspondientes a una mujer de cincuenta y cinco años afectada de un edema de Reinke bilateral.

Ventana B. Ampliación de 50 ms. de la ventana A, donde puede verse en detalle el oscilograma de la onda acústica correspondiente a la misma mujer con edema de Reinke bilateral.

Ventana C. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) del mismo registro de la ventana A correspondiente a la misma mujer con edema de Reinke bilateral.

Ventana D. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) del mismo registro de la ventana E correspondiente al hombre de veintiocho años con voz normal.

Ventana E. Registro microfónico de 2.911 segundos de fonación de una /a/ mantenida correspondiente a un hombre de veintiocho años con voz normal.

Ventana F. Ampliación de 50 ms. de la ventana E, donde puede verse en detalle el oscilograma de la onda acústica correspondiente al mismo hombre con voz normal.

Comentario. Al comparar las ventanas B y F vemos cómo en el oscilograma correspondiente a la /a/ de la mujer con el edema de Reinke bilateral no se aprecian claramente los picos o deflexiones de la fundamental y los distintos formantes como claramente puede verse en el oscilograma normal de la ventana F. Al mismo tiempo puede comprobarse cómo en el hombre, con una frecuencia fundamental menor que en la mujer, existen en el mismo lapso de tiempo (0,05 ms.) un menor número de ciclos vocales, aproximadamente 9 $\frac{1}{2}$ frente a los aproximadamente 10 de la mujer.

Por otra parte al comparar las ventanas C y D correspondientes a los espectrogramas de banda estrecha de la mujer con el edema y del hombre normal, respectivamente, vemos cómo en D (espectrograma normal) la energía se distribuye concentrándose en determinadas frecuencias, que se denominan armónicos, múltiplos enteros de la frecuencia fundamental F_0 , que se ven como estriaciones horizontales equidistantes, en las que la primera corresponde la fundamental, en este caso 144 Hz. Si nos fijamos pueden verse también unos grupos de armónicos resaltados o de mayor intensidad (de un color más oscuro en la escala de grises), que corresponden a los formantes primero, segundo, tercero y cuarto. En C, espectrograma correspondiente a la mujer con el edema, vemos cómo la separación entre los distintos armónicos es mayor que en el caso de D, lo que es lógico si pensamos que esta separación se debe a la mayor frecuencia fundamental de la mujer, 207 Hz. Al mismo tiempo se observa cómo la energía tan sólo se concentra en determinadas frecuencias (armónicos) en las regiones de bajas frecuencias (0-1.300 Hz., aproximadamente), mientras que a partir de 1.300 Hz. la energía no se distribuye de forma armónica (ruido: energía no armónica) y no se identifican ni el tercer ni el

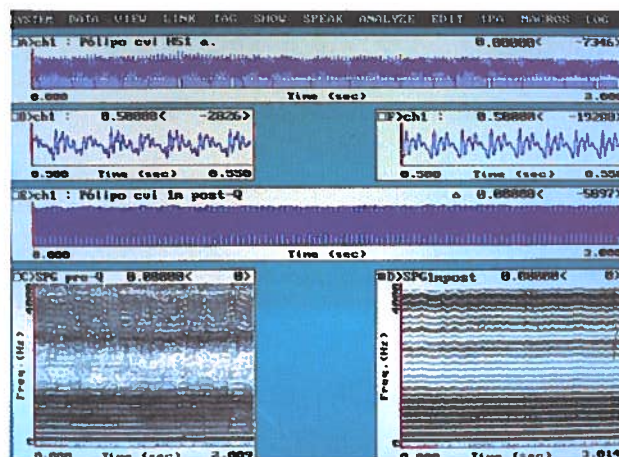


FIG. 4.—Ejemplo 2.

cuarto formante. Por tanto se cumplen en el espectrograma de la mujer con edema de Reinke bilateral algunas de las características que YANAGIHARA describió en 1967, como son aumento del ruido interarmónico en las regiones del primer y segundo formante, aparición de ruido en las regiones de altas frecuencias y desaparición de la estructura formántica.

Ejemplo 2 (fig. 4)

Hombre de cincuenta y un años con un pólipo en la cuerda vocal izquierda. Evaluación de los resultados después de microfonocirugía.

Ventana A. Registro microfónico de dos segundos de fonación de una /a/ mantenida correspondiente a un hombre de cincuenta y un años con un pólipo en la cuerda vocal izquierda antes de la cirugía.

Ventana B. Ampliación de 50 ms. de la ventana A, donde puede verse en detalle el oscilograma de la onda acústica correspondiente al mismo paciente con un pólipo en la cuerda vocal izquierda.

Ventana C. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) correspondiente al mismo registro de la ventana A.

Ventana D. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) del mismo registro de la ventana E correspondiente al mismo paciente al mes de la cirugía.

Ventana E. Registro microfónico de tres segundos de fonación de una /a/ mantenida correspondiente al mismo paciente después de la cirugía.

Ventana F. Ampliación de 50 ms. de la ventana E, donde puede verse en detalle el oscilograma de la onda acústica correspondiente al mismo paciente transcurrido un mes de la intervención.

Comentario. Al comparar las ventanas D y F correspondientes a los oscilogramas pre y postquirúrgicos,

respectivamente, se observa cómo antes de la cirugía puede apreciarse una irregularidad en la amplitud de los distintos picos correspondientes a la fundamental y los sucesivos formantes, así como en el período, lo que se evidenció en los valores del *shimmer* y del *jitter* (perturbaciones de amplitud y frecuencia, respectivamente: *shimmer* en dB: 0,478; *jitter*: 0,865%). En el oscilograma al mes de la cirugía se observa una mayor regularidad en la amplitud de los distintos picos correspondientes a la fundamental y los sucesivos formantes, así como en el período, lo que se tradujo en una disminución de los valores del *shimmer* y del *jitter* (*shimmer* en dB: 0,204; *jitter*: 0,386%).

Por otra parte al comparar las ventanas C y D correspondientes a los espectrogramas de banda estrecha pre y postcirugía, respectivamente, vemos cómo en el espectrograma prequirúrgico de la ventana C existe un aumento del ruido interarmónico —no existen espacios en blanco, ausencia de energía, entre los armónicos— consecuencia de la distribución de la energía a lo largo de todo el espectro de frecuencias. Tan sólo la energía se concentra en determinadas frecuencias (armónicos) en la región de las frecuencias más bajas correspondientes a los dos primeros formantes. A partir de esta región (frecuencia, 1.600 Hz., aproximadamente) se pierde la estructura armónica y aumenta la presencia de ruido. Sin embargo, puede verse una zona de mayor intensidad (más negra) alrededor de la banda de frecuencias correspondientes al tercer formante. Al mes de la cirugía, si nos fijamos en el espectrograma de la ventana D, se observa claramente que ha disminuido el nivel de ruido interarmónico; hay espacios en blanco (ausencia de ruido) entre los sucesivos armónicos. Pueden verse, asimismo, los cuatro formantes y la estructura armónica se conserva a lo largo de todo el espectro de frecuencias contemplado.

Los cambios experimentados tras la cirugía reflejan dos hechos: a) la restitución del equilibrio biomecánico entre ambas cuerdas vocales al extirpar el pólipo, evidenciable en la disminución del *jitter* y del *shimmer* al regularizarse la vibración, y b) la mejora del cierre glótico que se percibe en la disminución del ruido en las regiones de altas frecuencias en el espectrograma.

Ejemplo 3.A (fig. 5)

Paciente hombre de cincuenta y seis años con un sulcus vocalis bilateral.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por un paciente afecto de un sulcus vocalis bilateral.

Ventana B. Detalle de 50 ms. del oscilograma de

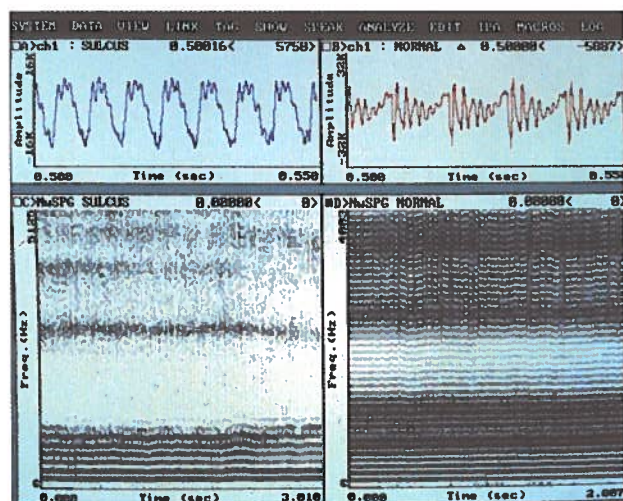


FIG. 5.—Ejemplo 3.A.

la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por un hombre con voz normal.

Ventana C. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) de 3.010 s. del mismo registro de la ventana A correspondiente al paciente con un sulcus vocalis bilateral.

Ventana D. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) de 2.007 s. del mismo registro de la ventana B correspondiente al hombre con voz normal.

Comentario. Al comparar las ventanas A y B vemos cómo en el paciente con un sulcus bilateral en el oscilograma de la onda acústica en azul se aprecian tan sólo tres picos que determinan una morfología anormal del mismo si lo comparamos con el del sujeto normal en rojo. Asimismo podemos apreciar una buena regularidad de cada uno de los ciclos en ambos casos.

Al comparar las ventanas C y D correspondientes a los espectrogramas de ambos se observa cómo se delimitan claramente los distintos armónicos y los cuatro primeros formantes (grupos de armónicos resaltados con un color negro más intenso) en el correspondiente al sujeto con voz normal. Se advierte también la presencia de una cierta cantidad de ruido en la región entre el primer y segundo formante, lo cual no quiere decir que dicha presencia sea patológica, pues cierta cantidad de ruido está siempre presente en la voz normal y le confiere un grado de naturalidad que de otra forma se percibiría como antinatural o artificial. Sin embargo, en el espectrograma del paciente con un sulcus bilateral se nota cómo los armónicos tan sólo se distinguen claramente en la región de bajas frecuencias correspondientes al primer formante, para luego perder su estructura en las regiones de más altas frecuencias, donde aumenta la presencia de ruido, si bien todavía puede verse una zona o trazo horizon-

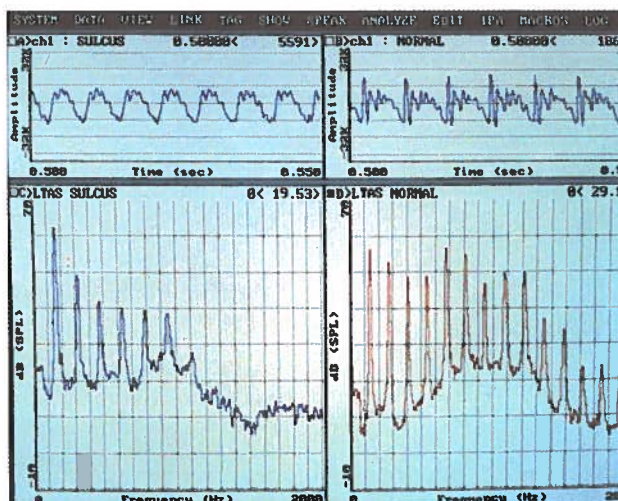


FIG. 6.—Ejemplo 3.B.

tal más oscuro correspondiente al tercer formante. El aumento de ruido concentrado esta vez solamente en las regiones de altas frecuencias refleja el escape de aire en flujo turbulento a través del defecto de cierre creado por la presencia de sulcus durante la fase de cierre del ciclo vocal.

Ejemplo 3.B (fig. 6)

Mismo paciente del ejemplo 3.A con sulcus vocalis bilateral.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente afecto de un sulcus vocalis bilateral.

Ventana B. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por un hombre con voz normal.

Ventana C. Espectro promedio de larga duración [en inglés, *long term average spectrum* (LTAS)] correspondiente a dos segundos de fonación de una /a/ mantenida por el paciente afecto de un sulcus vocalis bilateral de la ventana A.

Ventana D. LTAS correspondiente a 2 s. de fonación de una /a/ mantenida por el sujeto de voz normal de la ventana B.

Comentario. Al comparar las ventanas A y B podemos aplicar lo expuesto anteriormente en el ejemplo 3.A, con la variación de que ahora ambos oscilogramas están en azul. Al comparar las ventanas C y D correspondientes a los LTAS se aprecia cómo en el sujeto con voz normal (en rojo) se distinguen claramente los picos correspondientes a los sucesivos armónicos, con una buena diferencia picovalle, que va disminuyendo en dB conforme se produce el decaimiento normal de los armónicos. Por

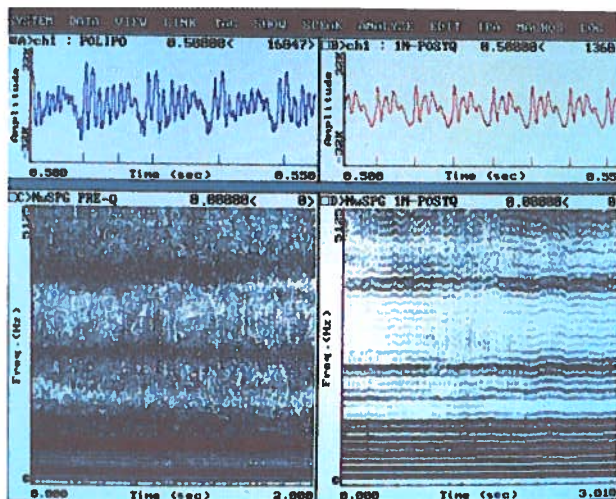


FIG. 7.—Ejemplo 4.1.

el contrario, en el LTAS del paciente con un sulcus (en azul) el decaimiento armónico se produce más rápidamente y vemos cómo la diferencia pico-valle es prácticamente inexistente a partir de la frecuencia 1.000 Hz. A partir de esta frecuencia apenas pueden distinguirse concentraciones de energía que emerjan por encima del ruido de base. Fenómeno este último que se relaciona muy bien con lo observado en el espectrograma de banda estrecha, donde como vimos desaparecía la estructura armónica a partir de esta frecuencia. Todo ello refleja una mala excitación del tracto vocal por la existencia de un cierre glótico incompleto debido al sulcus, con una disminución de la riqueza de los armónicos.

Ejemplo 4.1 (fig. 7)

Paciente hombre de cuarenta y tres años afecto de un pólipo en la cuerda vocal izquierda sometido a fonomicrocirugía evaluación acústica preoperatoria y al mes de la cirugía.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana B. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el mismo paciente al mes de la cirugía.

Ventana C. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) correspondiente a 2 s. del mismo registro de la ventana A.

Ventana D. Espectrograma o sonograma de banda estrecha (29 Hz.) correspondiente a 3.010 s. del mismo registro de la ventana B del mismo paciente un mes después de la cirugía.

Comentario. Al comparar las ventanas A y B correspondientes a los oscilogramas de la onda acústica vemos cómo antes de la cirugía (en azul) existen un mayor número de picos o deflexiones de los que serían

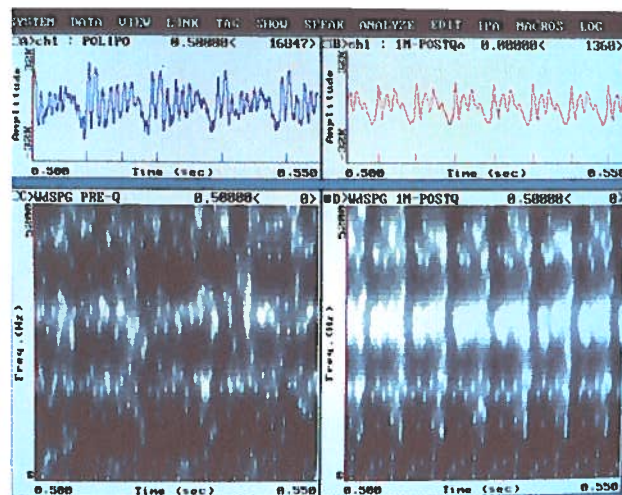


FIG. 8.—Ejemplo 4.2.

normales en la vocal /a/. El programa no es capaz de establecer correctamente el pico sobre el que calcular el período de la onda, lo que se ve en las marcas que establece como referencia, de las que la segunda es un claro error. Por otra parte, en cada período existen dos picos de parecida amplitud, con lo que se dificulta la tarea de medición del mismo y claramente la distancia entre marcas no es siempre igual, lo que se traduce en un aumento del *jitter*. Al mismo tiempo la amplitud de los picos es distinta en cada período, lo que se manifiesta con un aumento del *shimmer*. Al mes de la cirugía (en rojo) vemos cómo se ha normalizado el oscilograma. Se distingue claramente el pico de la fundamental, y el algoritmo de cálculo del programa no tiene problemas en encontrar el pico correcto sobre el que calcular el período.

Los espectrogramas de banda estrecha de las ventanas C y D correspondientes al mismo paciente antes y al mes de la cirugía evidencian similares hallazgos a lo ya descrito al comentar los oscilogramas. Así, en la ventana C, antes de la cirugía, vemos cómo no pueden delimitarse los armónicos y la energía se distribuye a lo largo de toda la banda de frecuencias estudiadas, si bien pueden observarse los formantes como bandas de mayor intensidad de gris horizontales. Al mes de la cirugía vemos cómo la energía se concentra claramente en determinadas frecuencias, múltiplos de la frecuencia fundamental (los armónicos), hay una disminución del ruido o sonido no armónico y se delimitan bastante bien los formantes. Todo ello denota una clara mejoría en la calidad de la voz de este paciente después de la fonomicrocirugía.

Ejemplo 4.2 (fig. 8)

Mismo paciente del ejemplo 4.1: hombre de cuarenta y tres años afecto de un pólipo en la cuerda vocal izquierda.

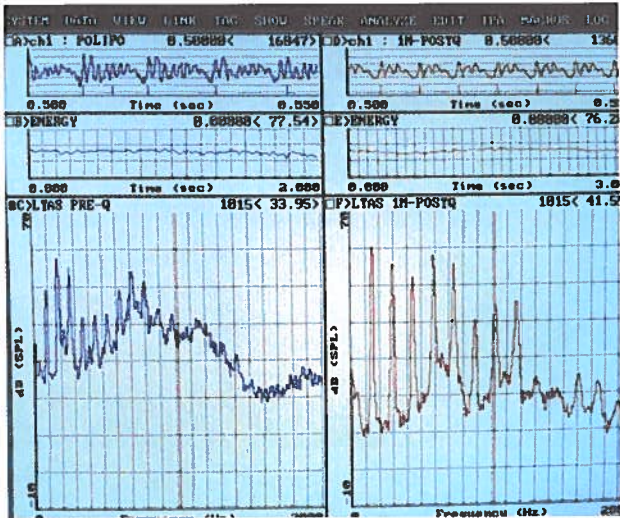


FIG. 9.—Ejemplo 4.3.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana B. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el mismo paciente al mes de la cirugía.

Ventana C. Espectrograma o sonograma de banda ancha (300 Hz.) correspondiente al mismo registro de la ventana A.

Ventana D. Espectrograma o sonograma de banda ancha (300 Hz.) correspondiente al mismo registro de la ventana B del mismo paciente un mes después de la cirugía.

Comentario. Para las ventanas A y B ver lo dicho en el ejemplo 4.1. Si comparamos los espectrogramas de banda ancha antes y después de la cirugía se aprecia cómo con el pólipo presente no pueden delimitarse cada uno de los pulsos glóticos y existe una gran existencia de ruido. Al mes de la cirugía (ventana D) ha disminuido la cantidad de ruido y pueden delimitarse cada uno de los sucesivos pulsos glóticos a intervalos de tiempo similares, lo cual habla a favor de una regularización de la vibración y, por tanto, una mejoría en la calidad de la voz como corresponde a un buen resultado quirúrgico.

Ejemplo 4.3 (fig. 9)

Mismo paciente del ejemplo 4.1: hombre de cuarenta y tres años afecto de un pólipo en la cuerda vocal izquierda.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana B. Trazado de la intensidad a lo largo de los dos segundos de la fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana C. LTAS de baja frecuencia (0-2.000 Hz.) de los 2 s. de fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana D. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente al mes de la cirugía.

Ventana E. Trazado de la intensidad a lo largo de los 2 s. de la fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana F. LTAS de baja frecuencia (0-2.000 Hz.) de los 2 s. de fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente al mes de la cirugía.

Comentario. Para las ventanas A y D ver el comentario correspondiente a las ventanas A y B del ejemplo 4.1. Si comparamos los trazados de la intensidad correspondientes a las ventanas B y E vemos cómo existe una mayor variación antes de la cirugía (ventana B) (en azul) que al mes de la cirugía (en rojo).

Al comparar las ventanas C y F correspondientes a los LTAS del mismo paciente antes (en azul) y al mes de la cirugía (en rojo) vemos que antes de la cirugía los armónicos no emergen por encima del ruido de base a partir de la frecuencia 1.000 Hz., aproximadamente, marcado por el cursor en rojo. Transcurrido un mes de la cirugía hay una disminución de la presencia de ruido y vemos cómo en la zona del cursor existe una clara diferencia en dB entre el pico del armónico y el valle correspondiente al ruido de base, que manifiesta una franca disminución si lo comparamos con el ruido de base de antes de la cirugía. Todo ello refleja una mala excitación del tracto vocal por la existencia del pólipo que determina un cierre glótico incompleto con una disminución de la riqueza de los armónicos antes de la cirugía. Sin embargo, el cierre glótico mejora claramente después de la cirugía, aumentando la riqueza de los armónicos, pese a que todavía puede verse algún armónico amputado por encima de la frecuencia 1.000 Hz.

Ejemplo 4.4 (fig. 10)

Mismo paciente del ejemplo 4.1: hombre de cuarenta y tres años afecto de un pólipo en la cuerda vocal izquierda.

Ventana A. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana B. Trazado de la intensidad a lo largo de los 2 s. de la fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

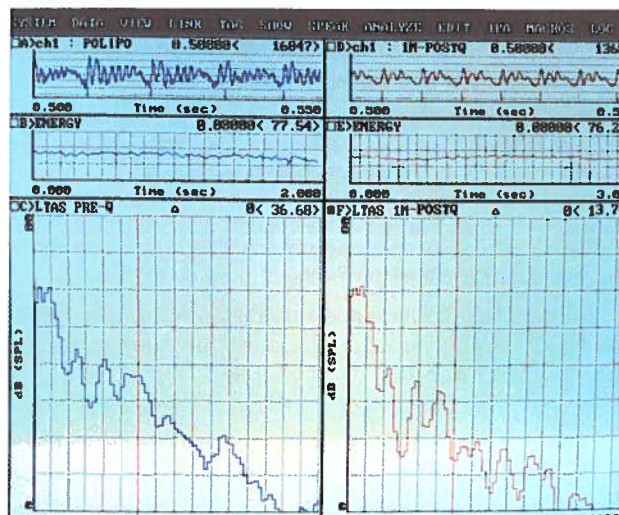


FIG. 10.—Ejemplo 4.4.

Ventana C. LTAS de alta frecuencia (0-16.000 Hz.) de los 2 s. de fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana D. Detalle de 50 ms. del oscilograma de la onda acústica correspondiente a la fonación de una /a/ mantenida por el paciente al mes de la cirugía.

Ventana E. Trazado de la intensidad a lo largo de los 2 s. de la fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente antes de la cirugía.

Ventana F. LTAS de alta frecuencia (0-16.000 Hz.) de los 2 s. de fonación de la misma /a/ mantenida por el paciente al mes de la cirugía.

Comentario. Para las ventanas A, B, D y E ver el comentario correspondiente al ejemplo 4.3. Al comparar las ventanas C y F correspondientes a los LTAS de alta frecuencia del mismo paciente antes (en azul) y al mes de la cirugía (en rojo) vemos que antes de la cirugía, a partir de la frecuencia 6.000 Hz. marcada por el cursor en rojo, existe todavía gran cantidad de energía, que corresponde a la presencia de ruido. Transcurrido un mes de la cirugía hay una disminución de la energía por encima de la frecuencia 6.000 Hz. que evidencia una franca mejoría en la calidad de la voz del paciente.

Ejemplo 5 (fig. 11)

Comparación de los oscilogramas y espectrogramas correspondientes a la fonación de una /a/ mantenida entre un paciente laringectomizado, con voz erigimofónica, y un sujeto normal.

Ventanas A y E. Registro microfónico de la fonación de una /a/ mantenida en el paciente con voz esofágica y en el sujeto con voz normal, respectivamente.

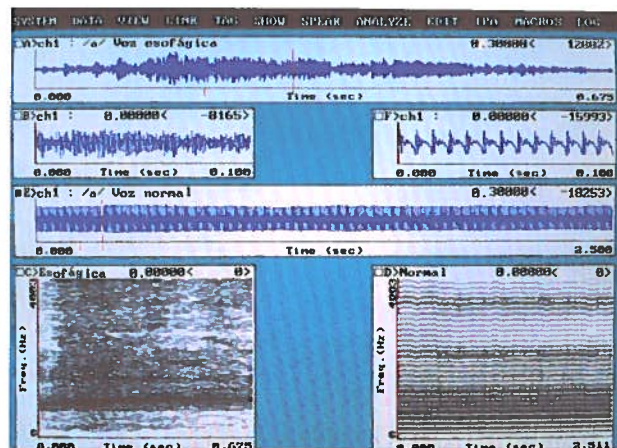


FIG. 11.—Ejemplo 5.

Ventanas B y F. Detalle de los 100 ms. de los oscilogramas marcados por los cursores en las ventanas A y E, respectivamente.

Ventanas C y D. Espectrogramas de banda estrecha de los registros de las ventanas A y E correspondientes al sujeto con voz esofágica y al sujeto con voz normal, respectivamente.

Comentario. Al comparar los oscilogramas de las ventanas B y F vemos cómo en el caso de la voz esofágica no es posible establecer ninguna periodicidad y el trazado corresponde al registro de un ruido, mientras en el caso de la voz normal vemos una periodicidad clara de la señal. Todo ello se manifiesta en los espectrogramas correspondientes. Así en la ventana C correspondiente a la voz esofágica vemos cómo la energía se distribuye a lo largo de todas las frecuencias; por el contrario, en la voz normal ésta se concentra en determinadas frecuencias (múltiplos enteros de la F_0) que son los armónicos.

Ejemplo 6 (fig. 12)

Comparación de los oscilogramas y espectrogramas correspondientes a la frase «es hábil un solo día» entre un paciente laringectomizado, con voz erigimofónica, y un sujeto normal.

Ventanas A y B. Oscilograma de la onda acústica correspondiente a la frase «es hábil un solo día» en el sujeto con voz normal y en el paciente con voz esofágica, respectivamente.

Ventanas C y D. Espectrogramas de banda estrecha de los registros de las ventanas A y B, respectivamente.

Comentario. Si nos fijamos en las ventanas A y B vemos la mayor duración del registro en el caso de la voz esofágica debido a la necesidad de las pausas deglutorias de aire de la técnica erigimofónica. Al fi-

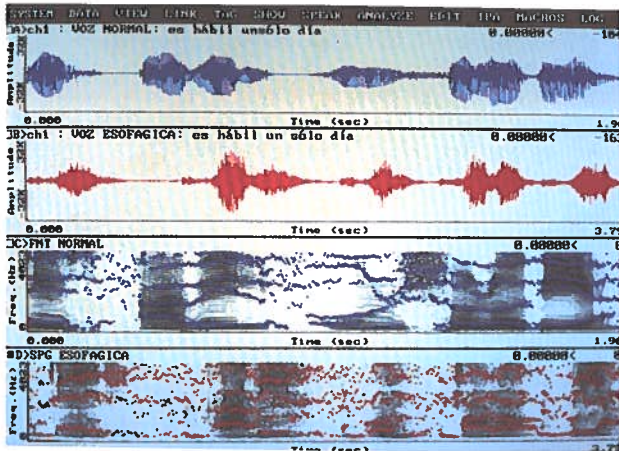


FIG. 12.—Ejemplo 6.

jarnos en los espectrogramas de banda estrecha se aprecia cómo no se percibe la estructura armónica en el caso de la voz esofágica. Además el trazado de los formantes evidencia un buen patrón de transiciones formánticas y de las transiciones vocal/consonante y consonante/vocal en el caso de la voz normal. Sin embargo, esta normal transición se ve muy alterada y casi ha desaparecido en el caso de la voz esofágica, lo cual condiciona la peor inteligibilidad de ésta frente a la voz normal.

Ejemplo 7 (fig. 13)

Comparación de los oscilogramas y espectrogramas de banda ancha correspondientes al nombre y apellidos de una paciente afecta de disfonía espasmódica antes y después de la inyección de 10 u.u. de toxina botulínica.

Ventanas A y C. Oscilograma de la onda acústica correspondiente al nombre y apellidos de la pacien-

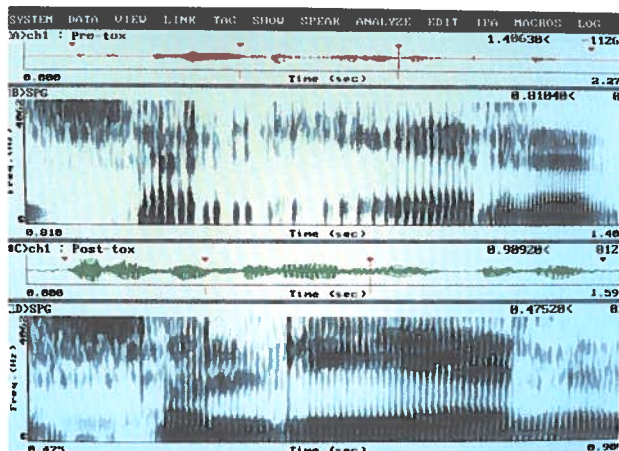


FIG. 13.—Ejemplo 7.

te antes y después de la inyección de la toxina, respectivamente.

Ventanas B y D. Detalle de los espectrogramas de banda ancha de los registros marcados por los cursores de las ventanas A y C, respectivamente.

Comentario. Si nos fijamos en las ventanas A y C vemos la mayor duración del registro de la voz antes de la inyección como era lógico esperar. Al fijarnos en los espectrogramas de banda ancha de las ventanas B y D vemos una gran variación en la separación entre los distintos pulsos glóticos antes de la inyección de la toxina, lo que se corresponde con la percepción de la voz en la disfonía espasmódica. Después de la inyección (ventana D) vemos cómo esta distancia se regulariza traduciendo la mejoría en la voz experimentada por la paciente.

BIBLIOGRAFIA

- AWAN, S. N., y FRENKEL, M. L.: «Improvements in estimating the harmonic-to-noise ratio of the voice». *J. Voice*, 1994; 8 (3): 255-262.
- DEJONCKERE, P. H.: «Recognition of hoarseness by means of LTAS». *Int. J. Rehabil. Res.*, 1983; 6: 343-345.
- FANT, G.; LILJENCRAFTZ, J., y LIN, Q.: «A four-parameter model of glottal flow». *Q. Prog. Status Rep. Speech Transm. Lab. R. Inst. Technol. Stock.*, 1985; 4: 1-13.
- GAUFFIN, J., y SUNDBERG, J.: «Spectral correlates of glottal voice source». *J. Speech Hear Res.*, 1989; 32: 556-565.
- HAMMARBERG, B.; FRITZELL, B.; GAUFFIN, J.; SUNDBERG, J., y WEDIN, L.: «Perceptual and acoustic correlates of abnormal voice qualities». *Acta Otolaryngol.*, 1980; 90: 441-451.
- HANSON, W., y EMANUEL, F. W.: «Spectral noise and vocal roughness relationships in adults with laryngeal pathology». *J. Commun. Disord.*, 1979; 12: 113-124.
- KITAJIMA, K.: «Quantitative evaluation of the noise level in the pathological voice». *Folia Phoniatri.*, 1981; 33: 115-124.
- KITZING, P., y AKERLUND, L.: «Long-time average spectrograms of dysphonic voices before and after therapy». *Folia Phoniatri.*, 1993; 45: 53-61.
- KOJIMA, H.; GOULD, W. J.; LAMBIASE, A., e ISSHIKI, N.: «Computer analysis of hoarseness». *Acta Otolaryngol.*, 1980; 89: 547-554.
- MENDOZA, E.; VALENCIA, N.; MUÑOZ, J., y TRUJILLO, H.: «Differences in voice quality between men and women: Use of the long term average spectrum (LTAS)». *J. Voice*, 1996; 10: 59-66.
- NIETO, A.; COBETA, I.; GAMBOA, F.; MONTOJO, J., y VEGAS, A.: «La relación armónico/ruido (H/N) y el análisis espectrográfico en la patología de abuso vocal». *Acta Otorrinolaring.* (en prensa).
- REMACLE, M.; MILLET, B.; VAN HEULE, P., y DUVIÉRIER, D.: «Clinical application of the high-resolution frequency analyzer». *Folia Phoniatri.*, 1989; 41: 259-269.
- REMACLE, M., y TRIGAUX, I.: «Characteristics of nodules through the high-resolution frequency analyzer». *Folia Phoniatri.*, 1991; 43: 53-59.
- VALENCIA, N.; MENDOZA, E.; MATEO, Y., y CARBALLO, G.: «High frequency components of normal and dysphonic voices». *J. Voice*, 1994; 8: 157-162.

WENDLER, J.; DOHERTY, E. T., y HOLLIEN, H.: «Voice classification by means of long-term speech spectra». *Folia Phoniatr.*, 1980; 32: 51-60.

WOLFE, W.; CORNELL, R., y PALMER, Ch.: «Acoustic correlates of pathologic voice types». *J. Speech Hear Res.*, 1991; 34: 509-516.

YANAGIHARA, N.: «Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness». *J. Speech Hear Res.*, 1967; 10: 531-541.

YUMOTO, E.; GOULD, W. J., y BAER, Th.: «Harmonic to noise ratio as an index of the degree of hoarseness». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1982; 71 (6): 1554-1550.

Electroglotografía

A. NIETO ALTUZARRA y R. ECHARRI SAN MARTIN

INTRODUCCION

La electroglotografía (EGG) es un método glotográfico, no invasivo, que monitoriza el movimiento vibratorio de las cuerdas vocales. La técnica mide las variaciones de impedancia que se producen al paso de una débil corriente alterna a través de los tejidos del cuello mediante dos electrodos de contacto situados a ambos lados del cartílago tiroides, a la altura de las cuerdas vocales. La señal obtenida se denomina electroglotograma (EGG) y es proporcional a la superficie de contacto entre ambas cuerdas vocales.

Introducida en los años cincuenta por FABRE (1957), fueron los autores franceses quienes la desarrollaron inicialmente utilizando instrumental fabricado por los propios investigadores. A finales de los sesenta y principios de los setenta con la aparición de dos prototipos diferentes de electroglotógrafos (uno danés de Forkjaer-Jensen y otro inglés de Fourcin y Abberton) empiezan a elaborarse pequeñas series de estos productos que se comercializan y empieza a difundirse su uso. Sin embargo, hasta los años ochenta, que comienza a emplearse ampliamente en Estados Unidos, la técnica queda restringida a determinados laboratorios de investigación, fundamentalmente nórdicos. Hoy día la EGG se emplea con mayor o menor predicamento en distintos campos, entre los que podemos citar el análisis de la voz normal y patológica, la rehabilitación vocal, la fonética, el estudio de la voz cantada, la síntesis de la voz artificial, etc.

INSTRUMENTAL Y TECNICA DE LA ELECTROGLOTOGRAFIA

Instrumental

Entre los distintos aparatos para el registro electroglotográfico podemos destacar:

- El electroglotógrafo de Forkjaer-Jensen.
- El laryngograph de Fourcin (fig. 1).
- El syncrovoice.

El funcionamiento de todos ellos es muy similar. Utilizan corrientes que van desde unos pocos MHz. a 300 MHz., con una intensidad de corriente de alrededor de 10 mA o menos, que generan potenciales de 0,5-1 v., todo lo cual contribuye a eliminar la

sensación del paso de corriente y minimizar sus efectos al atravesar los tejidos vivos. Sin embargo, existen dos problemas para obtener un registro EGG que refleje una disminución de impedancia conforme las cuerdas vocales se aproximan y un aumento de la misma conforme se separan. En primer lugar, las variaciones de impedancia debidas al movimiento de las cuerdas vocales no representan más allá del 1-2% del total de impedancia a través del cuello. En segundo lugar, la laringe es un órgano móvil rodeado de estructuras que se desplazan, por lo que la impedancia de las mismas al paso de una corriente alterna varía conforme varía su distribución geométrica en el espacio. Para luchar contra estos dos inconvenientes los distintos fabricantes de electroglotógrafos han ideado diversas soluciones, que pasan por la introducción en sus aparatos de: 1) sistemas de filtrado de paso alto para eliminar las variaciones lentas de la señal, recogida entre los electrodos, debidas a los movimientos de la laringe y de las estructuras que la rodean; 2) controles automáticos de ganancia para minimizar los efectos de las variaciones anatómicas constitucionales de los distintos sujetos a explorar, y 3) sistemas de amplificación modulada de la señal que permitan hacer más significativa la variación de impedancia debida al movimiento de las cuerdas vocales con respecto al total de impedancia del cuello.

Técnica

La colocación de los electrodos debe realizarse tras palpar la escotadura superior del cartílago tiroides,

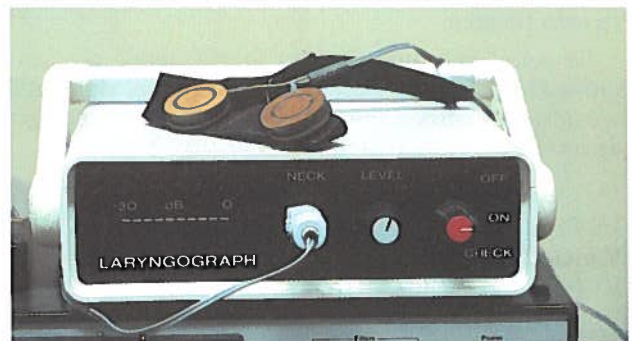


FIG. 1.—Electroglotógrafo de Fourcin con sus electrodos.

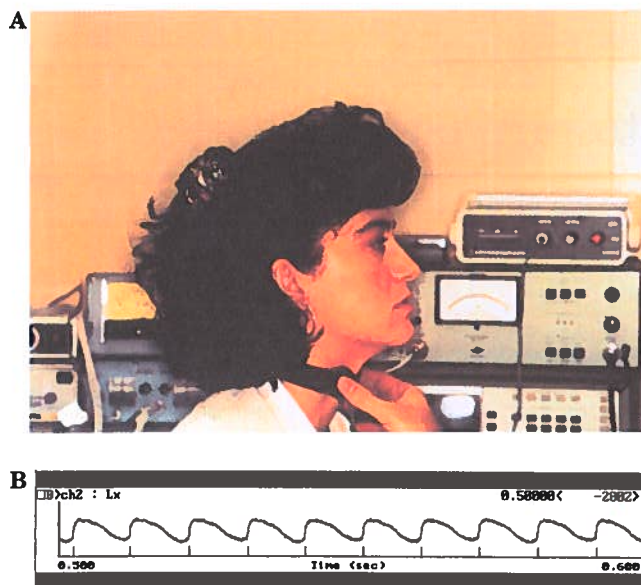


FIG. 2.—A: Comprobación de la posición correcta de los electrodos del electroglotógrafo. B: Onda Lx o electroglotograma obtenido con el laringógrafo de Fourcin.

tratando de deducir, en su situación, la altura o nivel de las cuerdas vocales para colocar los electrodos (fig. 2 A). Su emplazamiento correcto se comprueba desplazándolos hacia arriba y abajo, observando en el osciloscopio las variaciones que se producen en la señal hasta encontrar la posición que permita una mayor amplitud y menor proporción de ruido sin inversión de la misma. Elegida su situación se fijan mediante una banda adhesiva alrededor del cuello que permita una buena sujeción sin desplazamientos. Seguidamente se ajusta el balance entre los electrodos y el nivel de salida de la señal, según las necesidades de cada aparato y controlando el resultado de los sujetos en el osciloscopio de referencia. Hecho esto se le indica al paciente que fone de forma sostenida la vocal elegida o que hable o lea si lo que queremos es un registro del discurso hablado o leído. Hay que tener en cuenta que en los cuellos grasos y voluminosos será más difícil obtener un buen registro, siendo los delgados y con escaso panículo adiposo los ideales para esta técnica.

La señal obtenida de esta forma puede almacenarse en grabadora FM, grabadora digital tipo DAT o capturarse directamente por medio de un equipo de análisis automático de señales (fig. 2 B).

INTERPRETACION DEL EGG Y CORRELACION CON OTRAS SEÑALES GLOTOGRAFICAS

Han sido necesarios numerosos trabajos de investigación para establecer las bases de la interpreta-

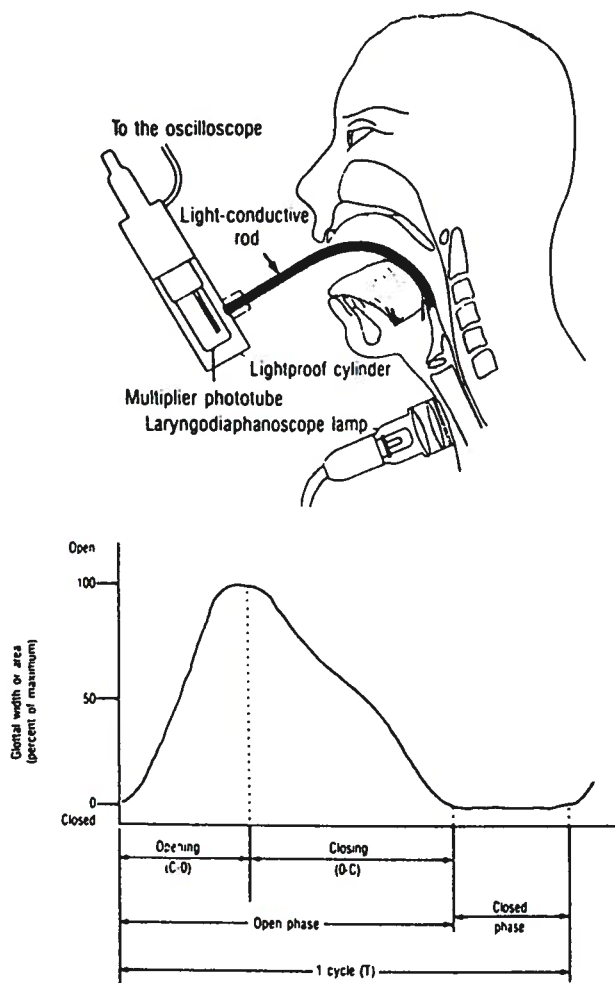


FIG. 3.—Esquema de la técnica fotoglotográfica y registro fotoglotográfico (PGG) que refleja el área glótica. [SONESSON, B.: "On the anatomy and vibratory pattern of the human vocal folds". Act. Otolaryngol., 1996; 156 (supl.): 1-8.]

ción de la onda EGG. Para su estudio se han llevado a cabo registros simultáneos de la onda EGG con otros medios de exploración laríngea. Sin ánimo de ser exhaustivos podrían señalarse algunos métodos como la videoestroboscopia (PEDERSON, 1977; ANASTAPLO y KARNELL, 1988; KARNELL, 1989; HANSON y cols., 1995), la cinematografía ultrarrápida (VAN MICHEL y cols., 1970; CHILDERS y cols., 1983; CHILDERS y cols., 1984; HANSON y cols., 1995), la fotoglotografía (FROKJAER-JENSEN, 1958; KITZING y LOFQUIST, 1976; BAER y cols., 1983; HANSON y cols., 1995) y el filtrado inverso (FGG) (DROMEY y cols., 1992; HERTEGARD y cols., 1992; HERTEGARD y GAUF-FIN, 1995).

Inicialmente se trató de buscar un paralelismo entre la onda EGG y el área glótica obtenida mediante métodos fotoglotográficos (fig. 3). Sin embargo, en seguida se vio que la onda EGG se correspondía más bien con la superficie de contacto existente entre las cuerdas vocales durante la fo-

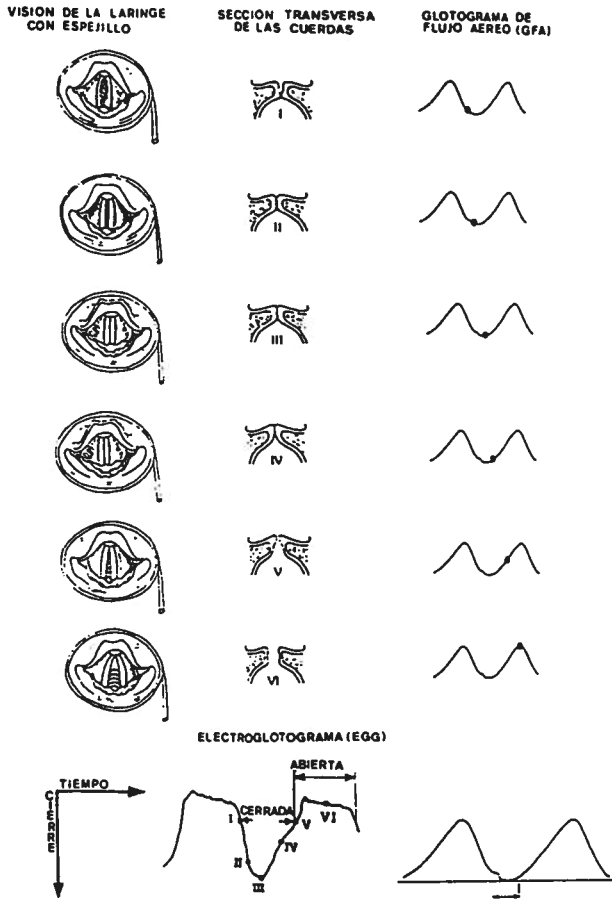


FIG. 4.—Interpretación de la onda EGG. Correspondencia con las distintas fases del ciclo vocal y del glotograma de flujo aéreo, según el modelo de Rothenberg.

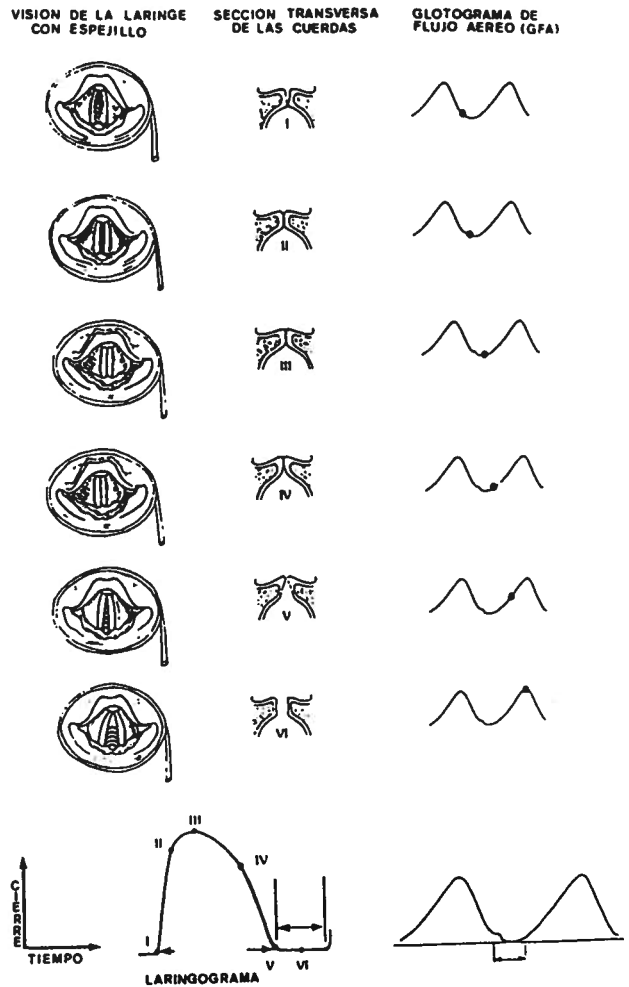


FIG. 5.—Interpretación de la onda Lx. Correspondencia con las distintas fases del ciclo vocal y del glotograma de flujo aéreo, según el modelo de Fourcin.

nación. Así lo demostró GILBERT en 1984 y hoy día es aceptado por la mayoría de los autores. Existen dos modelos coincidentes de interpretación de la onda electroglotográfica: el de FOURCIN y el de ROTHENBERG. ROTHENBERG (1981), junto con la mayoría de autores nórdicos, prefiere reflejar la fase de cierre como una disminución de la impedancia y, por tanto, una deflexión hacia abajo, como puede verse en la figura 4. FOURCIN prefiere llamar al registro onda Lx y de representar la fase de cierre de las cuerdas vocales como una deflexión de la señal hacia arriba, reflejando un aumento de la conductibilidad y un mayor contacto entre las cuerdas, como puede verse en la figura 5. En los últimos años se han realizado importantes esfuerzos recopilatorios y de análisis crítico de la abundante bibliografía existente que han servido para sentar las bases de la interpretación electrofisiológica de la onda EGG y para enmarcar la discusión de las distintas objeciones que a la misma se han puesto (CHILDERS y KRISHNAMURTHY, 1985; KITZING, 1990; COLTON y CONTURE, 1990; BAKEN, 1992; NIETO y cols., 1993).

PARAMETRIZACION MORFOLOGICA Y CUANTITATIVA DE LA ONDA EGG

Para poder hacer una valoración más rigurosa del EGG que la simple observación de su morfología hay que establecer una parametrización de la onda. La correlación más completa de la onda EGG con la fisiología de la vibración de la cuerda vocal fue realizada por LECLUSE (1977) en su tesis doctoral. Este autor estableció una serie de puntos significativos de EGG que con algunas variaciones ha sido adoptadas por la mayoría de los autores, y en concreto por los modelos anteriormente reseñados de ROTHENBERG y FOURCIN (figs. 4 y 5). Los estudios de comparación de las distintas técnicas glotográficas con la electroglotografía no han conseguido establecer con precisión el momento exacto del cierre glótico, probablemente el de mayor trascendencia en lo que a producción vocal o resultado acústico se refiere. Los intentos de CHILDERS y cols. (1986) de utilizar la primera derivada del electroglotograma

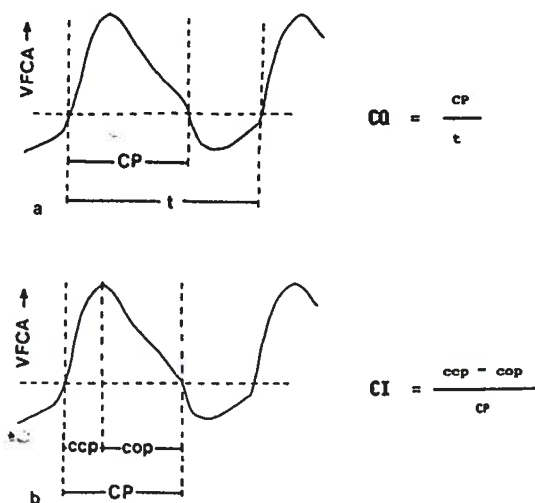


FIG. 6.—Representación esquemática de los distintos puntos e intervalos de la señal electroglotográfica necesarios en el cálculo de: a) cuota de contacto (CQ), y b) índice de contacto (CI). La línea de puntos horizontal marca el 25 por 100 de la amplitud del EGG. VFCA: Superficie de contacto entre ambas cuerdas vocales. CP: Fase de contacto. ccp: Fase de contacto durante la fase de cierre. cop: Fase de contacto durante la fase de apertura.

(DEEG) para determinar de forma precisa los momentos de cierre y apertura de la glotis no han resuelto el problema a pesar de la esperanza depositada en ellos. Sin embargo, existen algunas medidas, objeto de investigación en diversos trabajos, que en los últimos años tratan de establecer de forma automática las fases de cierre y apertura del ciclo vocal.

Se trataría de establecer medidas de dos tipos (ABBERTON y cols., 1989): a) relaciones o ratios entre las fases de apertura y de cierre [en inglés, *open phase* (OP) y *closed phase* (CP)], y b) porcentajes o cuotas entre la duración de las distintas fases o segmentos de la onda EGG y la duración total del período (T). Entre estas últimas estarían la cuota de glotis abierta [*open quotient* (OQ) = OP/T], la cuota de glotis cerrada [*closed quotient* (CQ) = CP/T], las distintas cuotas de superficie descritas por DEJONCKERE y cols. (DEJONCKERE y LEBACQ, 1985; DEJONCKERE, 1988) y las cuotas de contacto e índices de contacto de ORLIKOFF (1991) (fig. 6). Las distintas cuotas y duraciones de las fases, medidas sobre la onda electroglotográfica muestran valores que difieren entre un 10-15% de los obtenidas sobre la función de área glótica (KITZING, 1983; BAKEN, 1987).

APLICACIONES DE LA ELECTROGLOTOGRAFIA

Aplicaciones en la clínica

La electroglotografía se ha utilizado en la clínica en dos campos fundamentales: en la evaluación y

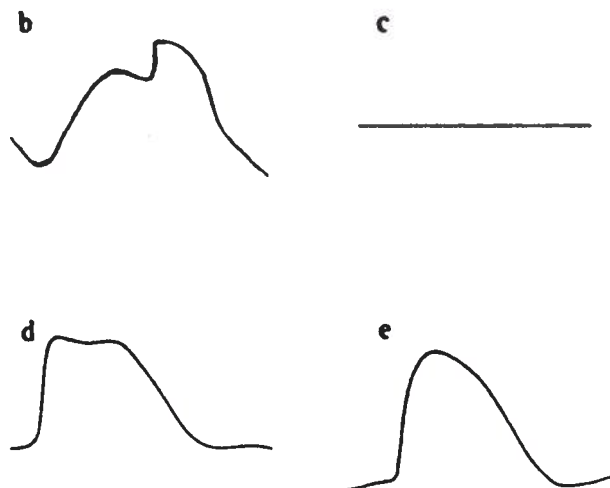


FIG. 7.—Registro Lx en un paciente de dieciséis años. b: Registro preoperatorio. c: Registro postoperatorio a las veinticuatro horas. d: Registro tras recuperación de la cirugía. e: Normalización del registro postrehabilitación vocal. (Tomado de MOTTA, G., y cols., 1990.)

diagnóstico de la disfonía y en la rehabilitación de los distintos problemas de la voz. A pesar de no haber un patrón de onda EGG definido para cada una de las patologías en las que se ha empleado la EGG se muestra útil en el manejo de numerosos problemas.

MOTTA y cols. (1990) encuentran alteraciones en la onda EGG hasta en un 85% de los pacientes afectados de patología benigna de las cuerdas vocales (nódulos, pólipos y edemas) y describen la presencia de un escalón en la fase de cierre o aproximación del registro electroglotográfico (fig. 7). DEJONCKERE y LEBACQ (1985) encuentran en mujeres con nódulos en sus cuerdas vocales una disminución de las distintas cuotas de superficie (SQ) que reflejan la duración y la superficie relativa de contacto de las cuerdas frente a los casos normales (fig. 8).

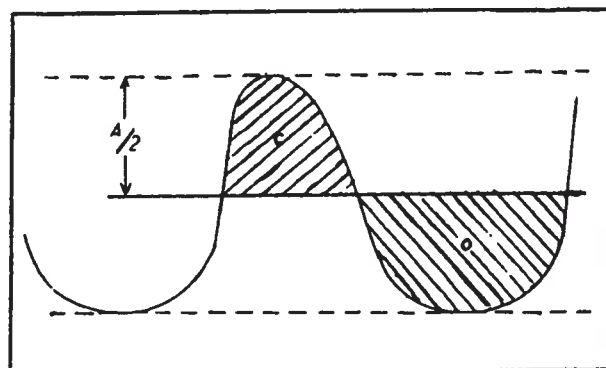


FIG. 8.—Cuota de superficie. SQ = C/O, según DEJONCKERE y LEBACQ, que calculan la misma trazando una línea imaginaria que divida el registro Lx en dos mitades: una superior, correspondiente a la fase de cierre (C), y otra inferior, correspondiente a la fase de apertura (O).

CHEVRIE-MULLER y cols. (1987) encuentran alteraciones en el registro EGG muy útiles en la evaluación y diagnóstico de la disfonía espasmódica. Distintos autores describen cambios en la onda EGG en pacientes tartamudos con una mayor proporción de alteraciones del patrón normal de transición (vocal/consonante, consonante/vocal) en comparación con los sujetos normales (CONTURE y cols., 1986). Las alteraciones de la deglución en pacientes con enfermedades neurológicas, como el Parkinson, han sido estudiadas mediante EGG por SORIN y cols. (1987), que encuentran prometedor el uso de esta técnica en el seguimiento y rehabilitación de los pacientes con problemas de la deglución.

Otros autores emplean la EGG para el diagnóstico y seguimiento de los traumatismos laríngeos postintubación al encontrar alteraciones en la distribución de la Fo de estos pacientes, que desaparecen cuando se produce la curación (GLESSON y FOURCIN, 1983; LESSER y WILLIAM, 1988).

Existe un creciente interés en el uso de la EGG en la evaluación de los pacientes disfónicos mediante el uso de distintas medidas cuantitativas obtenidas de forma automática (SMITH y CHILDERS, 1983). Así se han empleado las medidas de las perturbaciones de la frecuencia fundamental (*jitter*) y de la amplitud (*shimmer*) en la evaluación y seguimiento de los pacientes afectados de patología de abuso vocal (nódulos, pólipos y edemas) antes y después de la cirugía (NIETO, 1995; NIETO y cols., 1995). HUANG y cols. (1995) han desarrollado un programa de análisis automático de la onda EGG que mide determinados parámetros como el *jitter*, el *shimmer*, la cuota de contacto (CQ), la perturbación de la cuota de contacto (CQP), el índice de contacto (CI) y la perturbación del índice de contacto (CIP) (fig. 9). Todas ellas con indudable utilidad en el diagnóstico, evaluación y rehabilitación de los pacientes disfónicos.

El empleo de la EGG en la rehabilitación ya ha sido mencionado en los trastornos de la deglución y en la tartamudez. También se ha utilizado en la rehabilitación del laringectomizado (SINGH, 1988). Sin embargo, es en la rehabilitación del hipoacúsico donde se ha empleado con mayor asiduidad, sobre todo por la escuela inglesa de ABBERTON y FOURCIN. La EGG se utiliza como retroalimentación visual en el hipoacúsico, que le permite extraer determinada información suprasegmental mediante ingenios como el Voiscope, que proporciona contornos de entonación, muy útiles en la mejora de la percepción y la producción del hipoacúsico.

Aplicaciones en la investigación

La EGG es uno de los registros básicos en la investigación laríngea en el marco del desarrollo de

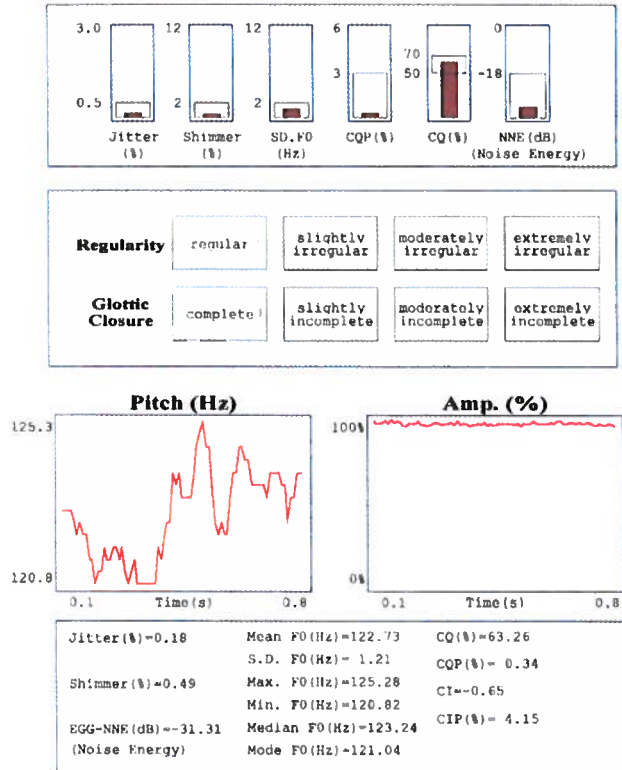


FIG. 9.—Impresión de la pantalla del programa EGG assessment, donde pueden verse calculados de forma automática los cálculos, entre otros parámetros, de la perturbación de la cuota de contacto (CQP) y la perturbación del índice de contacto (CIP).

las teorías de la producción de la voz. A pesar de ello la dificultad de establecer con precisión en la onda EGG el momento de cierre y de apertura en cada ciclo vibratorio ha limitado su uso con respecto a lo esperado en un primer momento, si bien en ningún modo ha cuestionado su utilidad.

La EGG goza de amplia aceptación como método de extracción de la frecuencia fundamental (Fo). Lo fácil de la estrategia de extracción de la Fo en una onda con una única deflexión en cada ciclo permite determinar con exactitud el período de cada ciclo y, por tanto, su inversa la Fo; incluso se muestra superior a la señal acústica recogida con el micrófono (ASKENFELT y cols., 1980).

Diversos autores han utilizado la EGG en el estudio de los distintos registros de la voz (ROUBEAU y cols., 1987) y en el estudio cualitativo de la voz y clasificación de los distintos tipos psicoacústicos de la misma (PAINTER, 1988). Sin embargo, como bien se ha señalado por algunos autores (KITZING, 1990), la EGG permite sobre todo el estudio del cierre glótico, no así la medida ni el estudio de determinados parámetros durante la fase de glotis abierta, tan importantes en la calidad de la voz.

CONCLUSION

La EGG representa un método no invasivo de monitorización de la función laríngea, de fácil manejo, que refleja la superficie de contacto entre ambas cuerdas vocales. Constituye un excelente método de determinación de la Fo y de la perturbación de la misma (*jitter*). A pesar de ciertas dificultades en su interpretación constituye un método irrenunciable en la investigación laríngea, sobre todo en combinación con otros métodos, como la videoestroboscopia, el filtrado inverso o la fotoglografía.

BIBLIOGRAFIA

- ABBERTON, E. R. M.; HOARD, D. M., y FOURCIN, A. J.: «Laryngographic assessment of normal voice: A tutorial». *Clinical Linguistics & Phonetics*, 1989; 3: 281-296.
- ANASTAPLO, S., y KARNELL, M. P.: «Synchronized videostroboscopic and electroglottographic examination of glottal opening». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988; 83: 1883-1890.
- ASKENFELT, A.; GAUFFIN, J.; SUNDBERG, J., y KITZING, P.: «A comparison of contact microphone and electroglottograph for the measurement of vocal fundamental frequency». *J. Speech Hear Res.*, 1980; 23: 258-273.
- BAER, T.; TITZE, I., y YOCHIOKA, H.: «Multiple simultaneous measures of vocal fold activity». En: Bless, D., y Abbs, J., editores. *Vocal fold physiology*. San Diego, California: College Hill Press, 1983; 227-237.
- BAKEN, R. J.: *Clinical measurements of speech and voice*. Boston: Little Brown Co., 1987.
- BAKEN, R. J.: «Electroglottography». *J. Voice*, 1992; 6: 98-110.
- CHEVRIE-MULLER, C.; ARABIA-GUIDET, C., y PFAUWADDELL, M. C.: «Can one recover from spasmodic dysphonia?». *Br. J. Disord. Commun.*, 1987; 22: 117-128.
- CHILDERS, D. G.; NAIK, J. M.; LARAR, J. N.; KRISHNAMURTHY, A. K., y MOORE, G. P.: «Electroglottography, speech and ultra-high speed cinematography». En: Titze, I., y Scherer, R. C., editores. *Vocal fold physiology and biophysics of voice*. Denver: The Denver Center for the Performing arts, 1983; 202-220.
- CHILDERS, D. G.; SMITH, A. M., y MOORE, G. P.: «Relationships between electroglottograph, speech and vocal cord contact». *Folia Phoniatr.*, 1984; 36: 105-118.
- CHILDERS, D. G., y KRISHNAMURTHY, A. K.: «A critical review of electroglottography». *CRC Crit. Rev. Bioeng.*, 1985; 12: 131-161.
- CHILDERS, D. G.; HICKS, D. M.; MOORE, G. P., y ALSAKAY, A.: «A model for vocal fold vibratory motion, contact area and the electroglottogram». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1986; 80: 1309-1320.
- COLTON, R. H., y CONTURE, E. G.: «Problems and pitfalls of electroglottography». *J. Voice*, 1990; 4: 10-24.
- CONTURE, E. G.; ROTHENBERG, M., y MOLITOR, R.: «Electroglottographic observations of young stuter's fluency». *J. Speech Hear Res.*, 1986; 29: 384-396.
- DEJONCKERE, P. H.: *Quantitative parameters in EGG*. Comunicación presentada al XV Congress UEP. Erlangen, 1988.
- DEJONCKERE, P. H., y LEBACQ, J.: «Electroglottography an vocal nodules: An attempt to quantify the shape of the signal». *Folia Phoniatr.*, 1985; 37: 195-200.
- DROMEY, C.; STATHOPOULUS, E. T., y SAPIENZA, C. M.: «Glottal airflow and electroglottographic measures of vocal function at multiple intensities». *J. Voice*, 1992; 6: 44-54.
- FABRE, P.: «Un procédé électrique percutane d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation: Glottographic de haute fréquence. Premiers résultats». *Bull. Acad. Med.*, 1957; 141: 66-69.
- FROKJAER-JENSEN, B.: *Comparison between a Fabre glottograph and photoelectric glottograph*. Annual Report Institute of Phonetics. Universidad de Copenhagen, 1958; 3: 9-16.
- GILBERT, H. R.; POTTER, C. R., y HOODIN, R.: «Laryngograph as a measure of vocal fold contact area». *J. Speech Hear Res.*, 1984; 27: 178-182.
- GLEESON, M. J., y FOURCIN, A. J.: «Clinical analysis of laryngeal trauma secondary to intubation». *J. R. Soc. Med.*, 1983; 76: 928-932.
- HANSON, D. G.; JIANG, J.; D'AGOSTINO, M. M., y HERZON, G.: «Clinical measurement of mucosal wave velocity using simultaneous photoglottography and laryngostroboscopy». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104: 340-349.
- HERTEGARD, S., y GAUFFIN, J.: «Glottal area and vibratory patterns studied with simultaneous stroboscopy, flow glottography and electroglottography». *J. Speech Hear Res.*, 1995; 38: 85-100.
- HERTEGARD, S.; GAUFFIN, J., y KARLSSON, I.: «Physiological correlates of the inverse filtered flow waveform». *J. Voice*, 1992; 6: 224-234.
- HUANG, D. Z.; MINIFIE, F. D.; KASUYA, H., y LIN, S. X.: «Measures of vocal function during changes in vocal effort level». *J. Voice*, 1995; 9: 429-438.
- KARNELL, M. P.: «Synchronized videostroboscopy and electroglottography». *J. Voice*, 1989; 3: 68-75.
- KITZING, P.: «Simultaneous photo and electroglottographic measurements of voice strain». En: Titze, I. R., y Scherer, R. C., editores. *Vocal fold physiology*. The Denver Center of Performing Arts, 1983; 221-229.
- KITZING, P.: «Clinical applications of electroglottography». *J. Voice*, 1990; 4: 238-249.
- KITZING, P., y LOFQUIST, A.: «Clinical applications of combined electro and photoglottography». *Folia Phoniatr.*, 1976; 28: 256-257.
- LECLUSE, F. L. E.: *Elektroglottographie. An experimental study of the electrical impedance for the male human larynx*. Tesis doctoral. Universidad de Rotterdam. Utrecht, 1977.
- LESSER, T. H. J., y WILLIAM, G.: «Laryngographic investigation of postoperative hoarseness». *Clin. Otolaryngol.*, 1988; 13: 37-42.
- MOTTA, G.; CESARI, U.; IENGO, M., y MOTTA, G., Jr.: «Clinical applications of electroglottography». *Folia Phoniatr.*, 1990; 42: 111-117.
- NIETO, A.: *Análisis digital de la voz en la patología por abuso vocal*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá. Madrid, 1995.
- NIETO, A.; COBETA, I., y KITZING, P.: «La electroglotografía en la investigación y la clínica laríngea». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1993; 44: 257-263.
- NIETO, A.; VEGAS, A.; GAMBOA, J.; MONTOJO, J.; COBETA, I., y KITZING, P.: *Jitter and shimmer in vocal fold nodules, polyps and edemas before and after phonosurgery*. Proceedings of the XIII International Congress of Phonetic Sciences. Stockholm. Suecia, 1995; 4: 606-609.
- ORLIKOFF, R. F.: «Assessment of the dynamics of vocal fold contact from the electroglottogram: Data from normal male subjects». *J. Speech Hear Res.*, 1991; 34: 1066-1072.
- PAINTER, C.: «Electroglottogram waveform types». *Arch. Otolaryngol.*, 1988; 245: 116-121.

- PEDERSON, M. F.: «Electroglottography compared with synchronized stroboscopy in normal persons». *Folia Phoniatr.*, 1977; 29: 191-199.
- ROTHENBERG, M.: «Some relations between glottal airflow and vocal fold contact area». En: Ludlow, C., y Hart, M., editores. *Proceeding of the conference of the assesment of vocal pathology*. Rockville, MD: ASHA, 1981; 88-96.
- ROUBEAU, B.; CHEVRIE-MULLER, C., y ARABIA-GUIDET, C.: «Electroglottographic study of the changes of voice register». *Folia Phoniatr. (Basel)*, 1987; 39: 280-289.
- SINGH, W.: «Clinical application of electrolaryngograph for speech rehabilitation in near-total laryngectomy with myomucosal valved neoglottis». *J. Laryngol. Otol.*, 1988; 102: 335-336.
- SMITH, A. M., y CHILDERS, D. G.: «Laryngeal evaluation using features from speech and the electroglottograph». *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 1983; 30: 755-759.
- SORIN, R.; McCLEAN, M. D.; EZERZER, F., y MEISSNER-FSICHBEIN, B.: «Electroglottographic evaluation of the swallow». *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1987; 68: 232-235.

Filtrado inverso

A. NIETO ALTUZARRA

INTRODUCCION

Desde los tiempos de Galeno, en que la tráquea era considerada el origen de la voz, numerosos investigadores han contribuido al desarrollo de una teoría de la producción vocal. La teoría de producción de la voz, enunciada por primera vez por MULLER (1894) y perfeccionada por distintos autores (STEVENS, 1951, 1963), señala la existencia de una fuente de excitación glótica que genera la señal excitatoria y unas cavidades supraglóticas, que actúan como resonadores de la misma antes de que alcance el aire atmosférico para hacerse audible. Esta teoría, denominada en inglés *source-filter*, tiene su correspondiente modelo, que se estudia en física del sonido, llamado modelo lineal de producción de la voz (HESS, 1983) (fig. 1).

El referido modelo propone la siguiente sucesión de fenómenos: el aire pulmonar durante la espiración atraviesa la glotis, que adopta distintas configuraciones, para interrumpir periódicamente la columna de aire ascendente. Así se generaría un tren de pulsos o pequeños volúmenes de aire que constituirían la onda glótica o señal excitatoria glótica. Estos a su paso por las estructuras supraglóticas, que forman el tracto vocal, experimentan los fenómenos de amortiguación o resonancia debidos a la función de transferencia del tracto vocal, que se comporta como un filtro. Finalmente, el modelo tiene en cuenta la configuración de la apertura de la

cavidad de resonancia que forma el tracto vocal, determinada por la posición de los labios que añadirán un último componente de radiación a la señal.

Quien mejor ha explicado hasta el momento el movimiento vibratorio de las cuerdas vocales ha sido VAN DEN BERG (1958) presentó su *teoría mioelástica-aerodinámica*, según la cual la presión subglótica ha de aumentar durante la fase de glotis cerrada del ciclo vocal hasta el nivel que haga separarse a las cuerdas vocales y así comenzar la fase de apertura. El cierre de las cuerdas seguiría a su vez los principios aerodinámicos del teorema de Bernouille, según el cual al aumentar el flujo aéreo a través de las cuerdas éstas sufrirían un movimiento de aspiración hacia la línea media que provocaría su cierre.

La voz sería el resultado de una compleja interacción entre tres componentes: la señal de excitación generada en las cuerdas vocales, la función de transferencia del filtro que supone el tracto vocal y las características de radiación de la apertura bucal.

De las distintas técnicas para la observación de la fuente de excitación vocal durante la fonación la estroboscopia (SCHÖNHÄRL, 1960; KITZING, 1985; COBETA, 1990) es la más utilizada en la clínica, mientras que el uso de la cinematografía ultrarrápida (2.000-6.000 imágenes/s.) (MOORE y cols., 1962; METZ y cols., 1980; HESS y GROSS, 1993; HERTEGARD y LINDESTAD, 1994) se restringe a la investigación. Sin embargo, ambos métodos de visualización de la laringe no permiten una fácil cuantificación objetiva de sus resultados.

Existen otros métodos no invasivos de monitorización del movimiento vibratorio de las cuerdas vocales denominados métodos glotográficos (KITZING, 1986), cuyos resultados pueden cuantificarse de una forma objetiva. Comprenden estos métodos: la fotoglotografía (PGG en inglés) (SONESSON, 1960; GERRAT y cols., 1991), la electroglotografía (EGG) (FABRE, 1957; KITZING, 1990; NIETO y cols., 1993), la ultrasonoglotografía (UGG) (HOLMER y cols., 1973; KANEKO y cols., 1991) y la glotografía de flujo obtenida mediante filtrado inverso (FGG en inglés), que es de la que vamos a ocuparnos en este apartado.

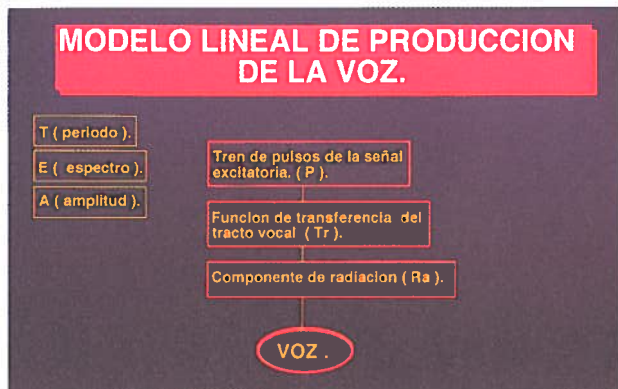


FIG. 1.—Esquema del modelo lineal de producción vocal.

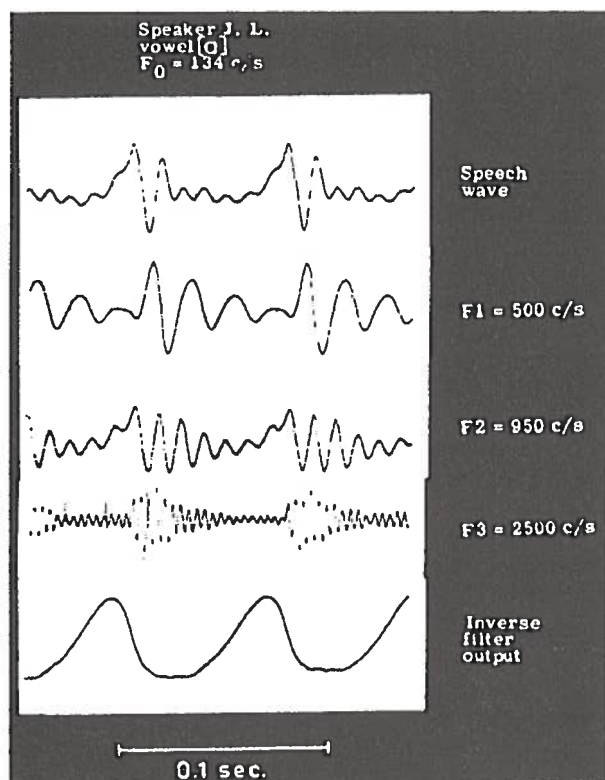


FIG. 2.—Proceso de filtrado inverso a partir del registro de presión sonora de una /a/ mantenida. F_1 , F_2 y F_3 son los oscilogramas del primer, segundo y tercer formantes por separado. (Tomado de HERTEGARD, 1994.)

TEORÍA DEL FILTRADO INVERSO. LA GLOTOGRAFÍA DE FLUJO Y SUS APLICACIONES

Teoría del filtrado inverso

El filtrado inverso es una técnica para el estudio de la onda de excitación glótica que refleja los cambios en el flujo aéreo a través de la glotis a lo largo del tiempo. Basada en los conceptos de fuente y filtro de la teoría de la producción de la voz permite separar la influencia del filtro de las cavidades supraglóticas sobre la fuente de excitación vocal (MULLER, 1958; FANT y SONESSON, 1962). En la práctica, la función de transferencia del tracto vocal se revierte mediante la construcción de un filtro cuya función de transferencia es la inversa de la del tracto vocal.

Existe otro método de obtención de la onda de excitación glótica mediante la utilización de un tubo de metal, diseñado por SHONDI (1975), de 2 metros de largo y de diámetro aproximado al del tracto vocal del sujeto explorado. De acuerdo con MOSEN (1981) al fonar el sujeto sobre uno de los extremos del tubo la señal recogida por un micrófono situado en su interior mostraría una atenuación de las oscilaciones debidas a las variaciones en la sección del tracto vocal u oscilaciones formánticas, aproxi-

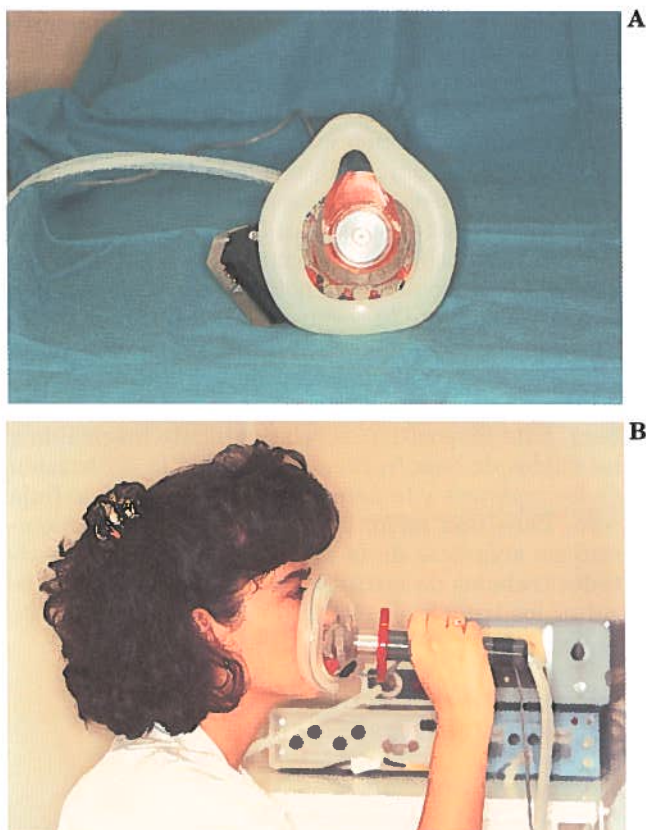


FIG. 3.—Máscara de Rothenberg.

mándose a la onda de excitación glótica (MOSEN, 1981). Sin embargo, este método supone un modo de fonación muy distinto del normal y su uso no se ha generalizado para el estudio de la voz normal ni de la patológica.

El filtrado inverso se utilizó inicialmente sobre la onda de presión sonora recogida mediante un micrófono con una buena respuesta frecuencial muy cerca de los labios (fig. 2). Sin embargo, los registros de presión sonora obtenidos con el micrófono son muy sensibles a los ruidos de baja frecuencia y no permiten calibrar la amplitud del flujo por lo difícil que resulta establecer el nivel de flujo cero.

La glotografía de flujo aéreo

Existe un método alternativo para la obtención del glotograma de flujo aéreo (FGG) descrito por ROTHENBERG, que diseñó una máscara para el registro de los flujos aéreos durante la fonación (ROTHENBERG, 1973, 1977). La máscara utiliza el principio general del pneumotacógrafo, que mide flujos aéreos por medio de la caída de presión producida al atravesar la corriente aérea una resistencia. Sin embargo, presenta ciertas innovaciones, como puede verse en la figura 3. En primer lugar presenta

una serie de orificios de ventilación en su superficie que disminuyen la distorsión de la voz producida por la sobrecarga de impedancia que supone la presencia de la máscara. En segundo lugar presenta una distribución circunferencial, lo más cerca de la apertura de la boca, sobre la superficie interna de la máscara de una fina malla de alambre que ofrece una resistencia al flujo de aire de 0,25 a 0,5 cm. H₂O/l/s. (según los modelos) sobre la que se basa el principio del pneumotacógrafo. Todo ello mejora enormemente la respuesta temporal de la máscara, que es algo menor de 0,5 ms. y se denomina pneumotacógrafo de máscara de ventilación circunferencial o más simplemente máscara de Rothenberg. Este dispositivo es relativamente insensible a los ruidos de baja frecuencia, permite la calibración de los registros y la determinación del nivel de flujo cero. Para una mejor comprensión de las características acústicas de la máscara, además de los citados trabajos de ROTHENBERG, el lector puede consultar los trabajos de HERTEGARD y GAUFFIN (1992).

Instrumental y técnica del filtrado inverso

Máscara de Rothenberg

La máscara de Rothenberg, como ya se ha mencionado, es un pneumotacógrafo de máscara de ventilación circunferencial de las series MA fabricadas en la actualidad por Glottal Enterprises [(R)-Syracuse, NY]. Los pneumotacógrafos de máscara suministradas para la medición de flujos o volúmenes ventilatorios pulmonares presentan unos inconvenientes para la medición de flujos durante la fonación que pueden resumirse en los siguientes apartados: 1) la máscara y el tubo de canalización del aire espirado durante la fonación constituyen una extensión del tracto vocal que distorsiona la calidad de la voz, llegando en algunos casos a alterar el patrón de flujo aéreo a través de la glotis; 2) la máscara y el tubo impiden la transmisión del sonido al exterior e impiden monitorizar la calidad de la voz y su intensidad por parte del explorador; 3) la medida de la presión sonora de la voz recogida mediante un micrófono colocado en el interior de la máscara o en el exterior no puede considerarse como una medición con valor cierto en términos absolutos. Por ejemplo, si durante la fonación el tono coincide con alguna de las frecuencias de resonancia del sistema formado por la máscara y el tubo cabe esperar un aumento del nivel de presión sonora medido, que introducirá inadvertidamente un error en la medición, y 4) las características acústicas del sistema máscara-tubo limitan la respuesta frecuencial del pneumotacógrafo a frecuencias por debajo de los 100 Hz., por lo que tales sistemas no son aptos para el estudio de los pulsos de aire glóti-

cos durante la fonación, que requieren una respuesta frecuencial de al menos cuatro-cinco veces la frecuencia fundamental.

La máscara de Rothenberg con su sistema de ventilación circunferencial y la distribución de la fina malla de alambre alrededor de la superficie interna de la máscara, cerca de la boca, soluciona estos cuatro inconvenientes. Causa una mínima alteración de la calidad de la voz, que pasa fácilmente al aire exterior. Tienen una respuesta frecuencial lineal desde 1.200 a 2.000 Hz., dependiendo del modelo, con una resolución temporal por debajo de los 0,25 ms. La sensibilidad de los transductores de presión de la máscara permiten la medida directa de los niveles de presión sonora y una calibración absoluta que no dependen de la colocación de un micrófono en una determinada posición. Asimismo no requieren sofisticadas medidas de aislamiento acústico del lugar donde se realizan las mediciones, pudiéndose realizar incluso mientras otra persona habla en la habitación.

Sistemas de filtrado y amplificación

Los sistemas de filtrado y amplificación proporcionados por Glottal Enterprises son filtros de paso bajo de frecuencia de corte 3 KHz. o 30 Hz. de configuración tipo Bessel de seis-ocho polos, cuyas características son óptimas para la medición de los valores de los picos de onda y los valores mínimos.

Técnica de filtrado inverso

La técnica más usual es la del ajuste manual de las frecuencias y anchuras de banda del sistema de filtrado, que permita obtener un registro con una fase de glotis cerrada lo más plana posible y sin irregularidades. Este es el criterio aceptado por la mayoría de los autores para considerar correcto el proceso de filtrado inverso (CRANEN y BOVES, 1988; FANT, 1993). Sin embargo, el método manual consume un tiempo considerable, que en la práctica restringe el análisis de las vocales sostenidas: se le pide al sujeto que fone una /a/ y se ajustan los filtros para cancelar la energía correspondiente a los primeros formantes (fig. 4).

En la actualidad existen varios programas informáticos que realizan el proceso de forma automática basados todos ellos en los sistemas LPC (*linear predictive code*) (GAUFFIN y cols., 1986; JAVKIN y cols., 1987; HERTEGARD y cols., en prensa). Los referidos métodos automáticos se muestran robustos en el análisis de las voces normales, pero los resultados no son tan buenos cuando se trata de analizar voces patológicas con peor relación armónico ruido H/N debido a la dificultad de los programas

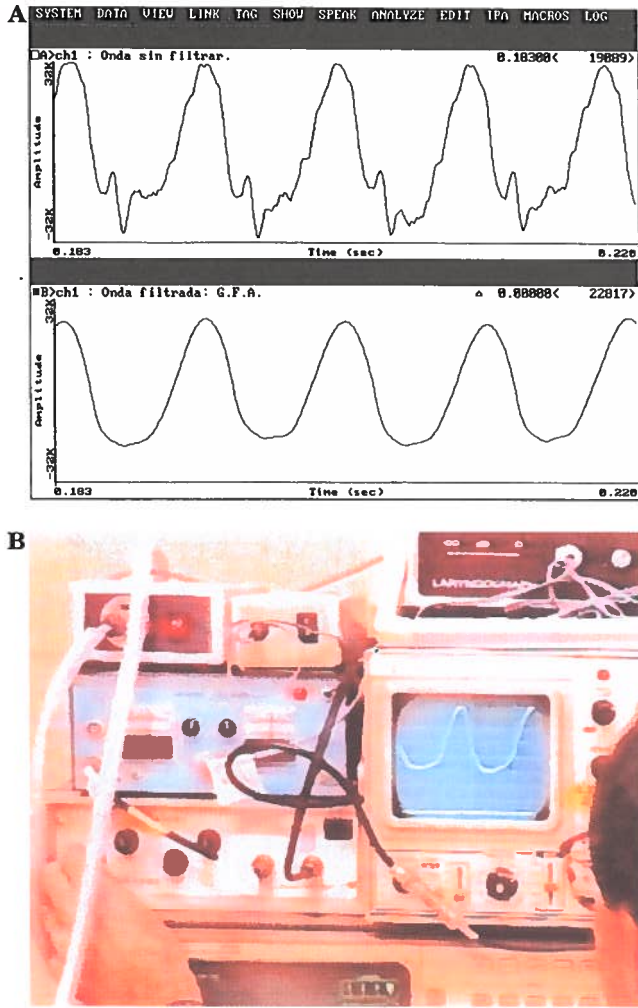


FIG. 4.—A: Proceso de filtrado inverso: a partir de la onda de la pantalla A se obtiene mediante ajuste manual de un sistema de filtrado analógico la onda de la pantalla B, llamada glotograma de flujo aéreo (GFA, y en inglés, FGG), que se caracteriza por una fase de cierre plana y regular si el proceso de filtrado ha sido correcto. B: Fotografía del proceso de filtrado inverso con ajuste manual del sistema de filtrado y obtención del GFA en el osciloscopio.

en estos casos para extraer la estructura de los formantes (frecuencias y anchos de banda) en las muestras de voz analizadas.

Interpretación y medidas de interés en el glotograma de flujo aéreo (FGG)

En los estudios para la interpretación del FGG se han empleado diversos métodos glotográficos, así como la medición de las presiones muy cerca de la glotis. La electroglotografía (EGG) es útil en el estudio de la fase cierre de la glotis y la fotogloto-grafía (PGG) en el de la fase de apertura (BAER y cols., 1983; KITZING, 1983; BERKE y cols., 1987; HERTEGARD y cols., 1992).

Una representación esquemática del glotograma de flujo aéreo (FGG) y su correspondencia con las distintas fases del ciclo glótico y del electroglotograma (EGG) puede verse en la figura 5.

Las medidas o parámetros de interés del FGG estudiadas por los diversos investigadores pueden encontrarse en HIRANO (1981), y una clara descripción de los mismos puede verse en la figura 6 (HOLMBERG y cols., 1988). HOLMBERG describe dos tipos de parámetros: unos, basados en las medidas de tiempos, y otros, basados en las mediciones de flujos. Entre los primeros destaca el período (T), la cuota de apertura (*open quotient*) o relación entre el tiempo que permanece la glotis abierta y el período $[(t_1 + t_2)/T]$, la relación de velocidad (*speed quotient*) o relación entre el tiempo de apertura y el tiempo de cierre (t_1/t_2) y la cuota de cierre (*closing quotient* = t_2/T). Entre los parámetros basados en mediciones de flujos destacan el pico de flujo o flujo máximo, el flujo mínimo o flujo continuo (*DC-offset*) y la diferencia entre ambos o flujo alterno (*AC-flow*). FANT en 1982 describe la tasa máxima de reducción del flujo (*maximum flow declination rate*) como la amplitud del pico o máxima deflexión negativa de la primera derivada del flujo aéreo.

Aplicaciones en la investigación y en la clínica

El glotograma de flujo aéreo se ha mostrado como un medio muy útil para el estudio de los distintos modos fonatorios, en particular en lo que se refiere a la diferenciación entre las voces hiperfonatorias y las voces aéreas o suspiradas (*breathy*) (FRITZELL y cols., 1985). La diferencia entre el flujo máximo y mínimo (*AC-flow*) está en relación con la energía de la fundamental en el espectro de las voces normales (GAUFFIN y SUNDBERG, 1989) y aumenta conforme aumenta la intensidad de la voz (HOLMBERG y cols., 1988; SUNDBERG y cols., 1993; SODERSTEN y cols., 1995). La tasa máxima de reducción del flujo (*maximum flow declination rate*) aumenta igualmente al aumentar la intensidad (SUNDBERG y cols., 1993; STATHOPOULOS y SAPIENZA, 1993; SAPIENZA y STATHOPOULOS, 1994). Ambos parámetros, *AC-flow* y tasa máxima de reducción de flujo, son mayores en hombres que en mujeres, lo que forzosamente ha de estar en relación con el mayor tamaño de la glotis, mayor amplitud de vibración y la disminución más suave de la energía de los armónicos en el espectro de los hombres (HOLMBERG y cols., 1988; TITZE, 1989; STATHOPOULOS y SAPIENZA, 1993; SAPIENZA y STATHOPOULOS, 1994). El flujo mínimo se ha venido relacionando, como parece lógico pensar, con el grado de insuficiencia glótica (FRITZELL y cols., 1986) y se ha puesto en relación con los defectos de cierre posterior visibles, sobre todo en mujeres, o defectos interaritenoides. Sin em-

VISION DE LA LARINGE
CON ESPEJILLO

SECCION TRANSVERSA
DE LAS CUERDAS

GLOTOGRAMA DE
FLUJO AEREO (GFA)

CICLO
ESTROBOSCOPICO

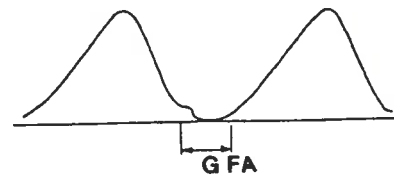
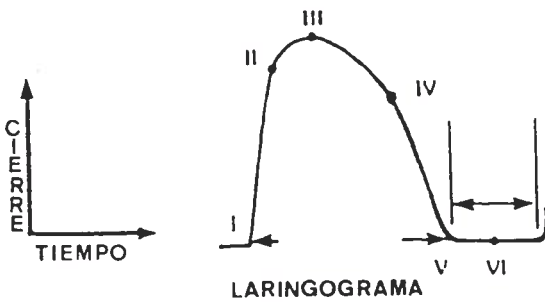
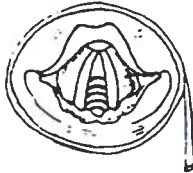
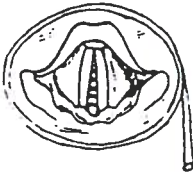
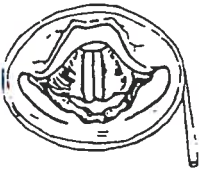
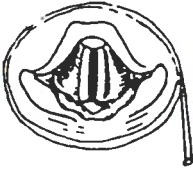
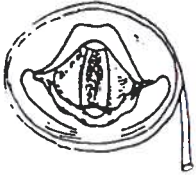


FIG. 5.—Interpretación del glotograma de flujo aéreo (GFA). Correspondencia con la onda Lx y las distintas fases del ciclo vocal en imágenes estroboscópicas.

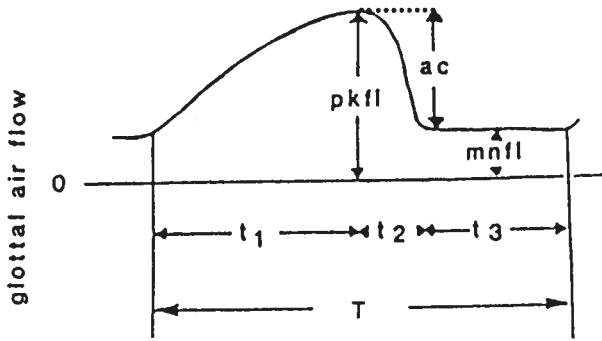


FIG. 6.—Representación esquemática de un ciclo glótico. T : Período. $(t_1 + t_2)/T$: Cuota de apertura. t_1/t_2 : Relación de velocidad. t_2/T : Cuota de cierre. $pkfl$: Flujo máximo. $mnfl$: Flujo mínimo o DC offset. ac : Diferencia flujo máximo-flujo mínimo.

bargo, existen estudios contradictorios que han encontrado flujos mínimos durante la fase de glotis cerrada, tanto en hombres como mujeres, con voces normales (HOLMBERG y cols., 1988; SODERSTEN y cols., 1995). Para un estudio más detallado de la significación del flujo mínimo (DC-offset) pueden consultarse los estudios de HERTEGARD y cols. (1992, 1994).

La cuota de apertura (*open quotient*) disminuye y la relación de velocidad (*speed quotient*) aumenta a medida que aumenta la intensidad de la voz. Por el contrario, la cuota de apertura (*open quotient*) aumenta y la relación de velocidad (*speed quotient*) disminuye o no varía conforme aumenta la frecuencia fundamental (HOLMBERG y cols., 1988).

En pacientes con alteraciones de la voz que implican un defecto de cierre glótico por la presencia de lesiones, como pólipos y nódulos, se encuentra un incremento de los valores de los flujos mínimos, de las diferencias flujo máximo-flujo mínimo (DC y AC flow, respectivamente) y de la tasa máxima de reducción del flujo (*maximum flow declination rate*) (HILLMAN y cols., 1989; HILLMAN y cols., 1990; NIETO y KITZING, 1993; SAPIENZA y STATHOPOULOS, 1995).

CONCLUSION

El filtrado inverso es un método no invasivo de investigación de la función laríngea que refleja el movimiento vibratorio de las cuerdas vocales mediante la reconstrucción aproximada de la onda de excitación glótica. De forma sencilla se trata de crear un filtro cuyas características reviertan la influencia del tracto vocal y del componente de radiación sobre la onda glótica. Como método glotográfico puede cuantificarse de forma objetiva mediante diversos parámetros, cuyo estudio permite una mejor comprensión del movimiento vibratorio de las

cuerdas vocales y de los fenómenos aerodinámicos en la glotis, tanto en las voces normales como en las patológicas.

BIBLIOGRAFIA

- BAER, T.; TITZE, I. R., y YOSHIOKA, H.: «Multiple simultaneous measures of vocal fold activity». En: Bless, D. M., y Abbs, T. H., editores. *Vocal fold physiology contemporary research and clinical issues*. San Diego, California: College Hill Press, 1983; 229-237.
- BERKE, G. S.; MOORE, D. M.; HANTKE, D. R.; HANSON, D. G.; GERRATT, B. R., y BURSTEIN, F.: «Laryngeal modelling: Theoretical in vitro, in vivo». *Laryngoscope*, 1987; 97: 871-881.
- COBETA, I.; RIVERA, T.; ESCALANTE, A.; MARTIN, C., y BERROCAL, M.: «Utilidad de la estroboscopia laríngea». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1990; 41: 510-522.
- CRANEN, B., y BOVES, L.: «On the measurements of glottal flow». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988; 84: 888-900.
- FABRE, P.: «Un procédé électrique percutané d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation: Glottographie de haute fréquence. Premiers résultats». *Bull. Acad. Med.*, 1957; 141: 66-69.
- FANT, G.: «Some problems in voice source analysis». *Speech Commun.*, 1993; 13: 7-22.
- FANT, G., y SONESSON, B.: *Indirect studies of glottal cycles by synchronous inverse filtering and photo-electrical glottography*. Speech Transmission Laboratory. Royal Institute of Technology. Stockholm. Suecia. QPSR, 1962; 4: 1-3.
- FANT, G.: *Preliminaries to analysis of the human voice source*. Speech Transmission Laboratory. Royal Institute of Technology. Stockholm. Suecia. QPSR, 1982; 4: 1-27.
- FRITZELL, B.; HAMMARBERG, B.; GAUFFIN, J.; KARLSSON, I., y SUNDBERG, J.: «Breathiness and insufficient vocal fold closure». *J. Phonetics*, 1986; 14: 549-553.
- FRITZELL, B.; SUNDBERG, J., y GAUFFIN, J.: *Studying voice source variations by means of inverse filtering*. Phoniatric and Logopedic Progress Report. Karolinska Institute. Huddinge, 1985; 4: 2-13.
- GAUFFIN, J., y SUNDBERG, J.: «Spectral correlates of glottal voice source waveform characteristics». *J. Speech Hear Res.*, 1989; 32: 556-565.
- GAUFFIN, J.; HAMMARBERG, B., e IMAIZUMI, S.: *A microcomputer based system for acoustic analysis of voice characteristics*. Proceedings from the ICASSP Conference. Tokyo, 1986; 1: 681-684.
- GERRATT, B. R.; HANSON, D. G.; BERKE, G. S., y PRECODA, K.: «Photoglottography: A clinical synopsis». *J. Voice*, 1991; 5: 98-105.
- HERTEGARD, S.: *Vocal fold vibrations as studied with flow inverse filtering*. Tesis doctoral. Huddinge, Suecia: Karolinska Institute, 1994.
- HERTEGARD, S., y GAUFFIN, J.: *Acoustic properties of the Rothenberg mask*. Speech Transmission Laboratory. Royal Institute of Technology. Stockholm. Suecia. QPSR, 1992; 2-3: 9-18.
- HERTEGARD, S., y LINDESTAD, P. A.: *Vocal fold vibrations studied during phonation with high-speed video imaging*. Phoniatric and Logopedic Progress Report. Department of Logopedics and Phoniatrics. Huddinge University Hospital. Karolinska Institute, 1994; 9: 33-40.
- HERTEGARD, S.; GAUFFIN, J., y KARLSSON, I.: «Physiological correlates of the inverse filtered flow waveform». *J. Voice*, 1992; 6: 224-234.

- HERTEGARD, S.; LINDESTAD, P. A., y GAUFFIN, J. A.: «A comparison between manual and automatic flow inverse filtering for patients with spindle-shaped glottis during fonation». *Scan. J. Log. Phon.* (en prensa).
- HESS, M. H., y GROSS, M.: «High speed, light intensified digital imaging of vocal fold vibrations in high optical resolution via indirect microlaryngoscopy». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1993; 102: 502-507.
- HESS, W.: *Pitch determination of speech signal*. Heidelberg: Springer Verlag, 1983; 31.
- HILLMAN, R. E.; HOLMBERG, E. B.; PERKELL, J. S.; WALSH, M., y VAUGHAM, C.: «Objective assessment of vocal hyperfunction: An experimental framework and initial results». *J. Speech Hear Res.*, 1989; 32: 373-392.
- HILLMAN, R. E.; HOLMBERG, E. B.; PERKELL, J. S.; WALSH, M., y VAUGHAM, C.: «Phonatory function associated with hyperfunctionally related vocal fold lesions». *J. Voice*, 1990; 4: 52-63.
- HIRANO, M.: *Clinical examination of voice*. Nueva York: Springer-Verlag, 1981.
- HOLMBERG, E. B.; HILLMAN, R. E., y PERKELL, J. S.: «Glottal airflow and transglottal air pressure measurements for male and female speakers in soft, normal and loud voice». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1988; 84: 511-529.
- HOLMER, N. G.; KITZING, P., y LINDSTRÖM, K.: «Echo-glottography». *Acta Otolaryngologica (Stockh)*, 1973; 75: 454-463.
- JAVKIN, H. R.; ANTONANZAS-BARROSO, N., y MADDISON, J.: «Digital inverse filtering for linguistic research». *J. Speech Hear Res.*, 1987; 30: 122-129.
- KANEKO, T.; HINO, T.; SUZUKI, H.; NUMATA, T., y TSUCHIYA, H.: «Ultrasound laryngography: Multiple simultaneous recording of vocal fold vibration». En: Gauffin y Hammarberg, editores. *Vocal fold physiology: Acoustic, perceptual and physiological aspects of voice mechanics*. San Diego, California: Singular Publishing Group Inc., 1991; 15-20.
- KITZING, P.: «Clinical applications of electroglottography». *J. Voice*, 1990; 4: 238-249.
- KITZING, P.: «Glottography, the electrophysiological investigation of phonatory biomechanics». *Acta Otorhinolaryngol. Belg.*, 1986; 40: 863-878.
- KITZING, P.: «Simultaneous photo and electroglottographic measurements of vocal strain». En: Titze, I. R., y Scherrer, R. C., editores. *Vocal fold physiology biomechanics acoustics and phonatory control*. Denver, Colorado: The Denver Center of Performing Arts, 1983; 221-229.
- KITZING, P.: «Stroboscopy - a pertinent laryngeal examination». *J. Otolaryngol.*, 1985; 14 (3): 151-157.
- LIEBERMAN, P. H.: *Speech physiology and acoustic phonetics: An introduction*. New York: MacMillan Publishing Co. Inc., 1977; 35.
- METZ, D. E.; WHITEHEAD, R. L., y PETERSON, D. H.: «An optical-illumination system for high speed laryngeal cinematography». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1980; 67: 719-720.
- MILLER, R. L.: «Nature of the vocal cord wave». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1958; 31: 667-677.
- MONSEN, R. B.: «The use of reflectionless tube to assess vocal function». The American Speech-Language Association. Rockville, Maryland. ASHA Reports, 1981; 11: 141-150.
- MOORE, G. P.; WHITE, F. D., y VON LEDEN, H.: «Ultra high speed photography in laryngeal physiology». *J. Speech Hearing Dis.*, 1962; 27: 165-171.
- NIETO, A., y KITZING, P.: «El filtrado inverso en la valoración de la patología laringea: Estudio cuantitativo del glotograma de flujo aéreo (GFA) a diferentes intensidades». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1993; 44: 351-358.
- NIETO, A.; COBETA, I., y KITZING, P.: «La electroglotografía en la investigación y la clínica laringea». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1993; 44 (4): 257-263.
- ROTHENBERG, M.: «A new inverse filtering technique for deriving the glottal air flow waveform during voicing». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1973; 53: 1631-1645.
- ROTHENBERG, M.: «Measurement of airflow in speech». *J. Speech Hear Res.*, 1977; 20: 155-176.
- SAPIENZA, C. M., y STATHOPOULOS, E. T.: «Comparison of maximum flow declination rate: Children versus adults». *J. Voice*, 1994; 8: 240-247.
- SAPIENZA, C. M., y STATHOPOULOS, E. T.: «Speech task effects on acoustic and aerodynamic measures of women with vocal nodules». *J. Voice*, 1995; 9: 413-418.
- SCHÖNHÄRL, E.: *Die stroboscopy in der praktischen laryngologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1960.
- SÖDERSTEN, M.; HERTEGARD, S., y HAMMARBERG, B.: «Glottal closure, transglottal airflow and voice quality in healthy middle-aged women». *J. Voice*, 1995; 9: 182-197.
- SONDHI, M. M.: «Measurement of the glottal waveform». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1975; 57: 228-232.
- SONESSON, B.: «On the anatomy and vibratory pattern of the human vocal folds». *Acta Otolaryngologica (Stockh)*, 1960 (supl. 156): 1-80.
- STATHOPOULOS, E. T., y SAPIENZA, C. M.: «Respiratory and laryngeal function of women and men during vocal intensity variation». *J. Speech Hear Res.*, 1993; 36: 64-75.
- STEVENS, K. N., y HOUSE, A. S.: «An acoustical theory of vowel production and some of its implications». *J. Speech Hear Res.*, 1961; 4: 303-320.
- STEVENS, K. N.; KASOWSKI, S., y FANT, G.: «An electric analog of the vocal tract». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1953; 25: 734-742.
- SUNDBERG, J.; TITZE, I. R., y SCHERRER, R. C.: «Phonatory control in male singing: A study of the effects of subglottal pressure, fundamental frequency and mode of phonation on the voice source». *J. Voice*, 1993; 7: 15-29.
- TITZE, I. R.: «Physiological and acoustic differences between male and female voices». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1989; 85: 1699-1707.
- VAN DEN BERG, J.: «Myoelastic-aerodynamic theory of voice production». *J. Speech Hear Res.*, 1958; 1: 227-244.

Electromiografía laríngea

S. FERNANDEZ GONZALEZ, M.^a A. PASTOR MUÑOZ y R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

INTRODUCCION

El músculo esquelético sano se contrae como respuesta a la estimulación de su innervación motora. La destrucción de ésta ocasiona la atrofia muscular, una excitación anormal y el incremento de la sensibilidad del músculo para la acetilcolina circulante. Aparecen entonces contracciones finas, irregulares, de las fibras individuales (fibrilación), que desaparecen si el nervio motor se regenera. Tales contracciones generalmente no son visibles y no deben confundirse con las fasciculaciones que son contracciones bruscas, visibles, de grupos de fibras musculares debidas a descargas patológicas de las motoneuronas espinales.

La electromiografía es el estudio de los potenciales eléctricos generados en el músculo esquelético. Es una técnica muy útil en el estudio de la actividad de los músculos esqueléticos *in vivo*. También se puede utilizar como una herramienta diagnóstica que facilite o ayude a evaluar las lesiones neurogénicas y miogénicas del sistema motor esquelético y permite la monitorización de su evolución y establecer un posible pronóstico.

Unidad motora

Los axones de las motoneuronas espinales que innervan los músculos esqueléticos se ramifican para hacer contacto con varias fibras musculares; la

porción más pequeña posible que se puede contraer en respuesta al estímulo de una sola motoneurona no es una fibra muscular aislada, sino todas las fibras innervadas por la neurona. Cada motoneurona y las fibras musculares que inerva constituyen una unidad motora. Un potencial de acción debe viajar a lo largo de células musculares para conseguir una contracción muscular. Este potencial de acción genera, a medida que avanza, pequeños flujos de corriente eléctrica hacia los extremos de las células musculares. Todas las células musculares de una unidad motora normal descargan o tienen potenciales de acción aproximadamente al mismo tiempo. La suma de cada una de esas descargas se denomina potencial de unidad motora (fig. 1) y puede registrarse mediante electrodos.

Las fibras del nervio recurrente terminan en un número pequeño de fibras musculares (fig. 2). Este puede oscilar entre dos o tres fibras por unidad, una media de 30 y hasta 116 ó 247 fibras musculares. Esta baja proporción de fibras musculares innervadas por la misma rama nerviosa es llamativa si se compara con otros músculos esqueléticos que poseen más de 2.000 fibras musculares por unidad motora.

Esta proporción axón/número de fibras musculares de los músculos laríngeos es absolutamente necesaria para la acción que tienen que llevar a cabo, pues no son músculos de sostén ni de fuerza, sino

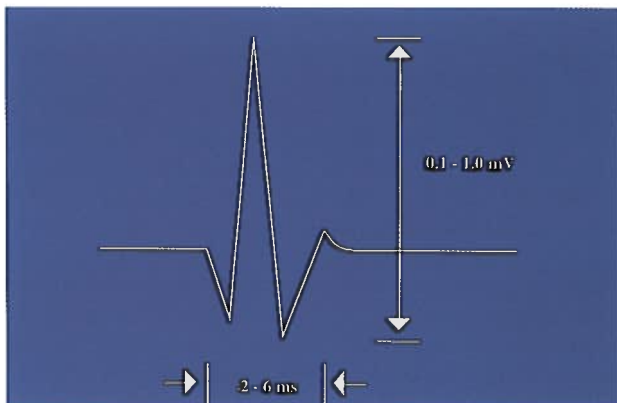


FIG. 1.—Morfología típica de un potencial de unidad motora aislada.

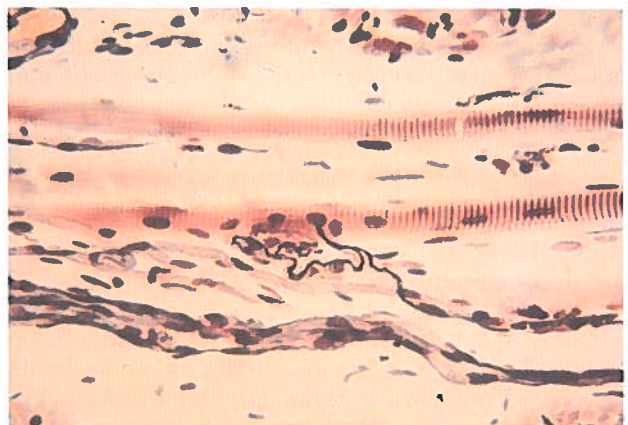


FIG. 2.—Placa motora. Músculo tiroaritennoideo humano.

que tienen que desarrollar contracciones muy delicadas, rápidas y precisas.

Las unidades motoras pequeñas generalmente están inervadas por fibras nerviosas de diámetro más fino que las unidades motoras grandes. Las diferencias en las características de la contracción de los músculos laríngeos intrínsecos como respuesta a la estimulación de sus fibras nerviosas motoras reflejan diferencias en las propiedades funcionales de las fibras musculares o de sus uniones neuromusculares más que diferencias en el diámetro de sus fibras motoras nerviosas.

TIPOS DE FIBRAS MUSCULARES Y PROPIEDADES

La disposición anatómica de las fibras musculares en los diferentes músculos laríngeos intrínsecos presenta distintos patrones. Algunas fibras se localizan directamente entre los dos puntos de inserción, otras terminan en tendones intermedios o en el perimio de otras fibras musculares (fig. 3). Este tipo de distribución parece que se da en todos los músculos laríngeos intrínsecos (ZENKER, 1964). No obstante, ROSSI y CORTESINA (1965) han descrito diferencias entre el músculo cricoaritenoides posterior y el grupo de músculos aductores. Estos investigadores han observado cómo los músculos aductores tienen únicamente fibras que se extienden entre los dos puntos de inserción a diferencia de los trabajos descritos por Zenker.

SONESSON (1960) mediante técnicas inmunohistoquímicas encontró en el músculo tiroaritenoides que en uniones musculotendinosas de las fibras musculares se identificaban por la existencia de oquedades en el músculo donde finalizaban dichas fibras. Estas también se han encontrado en la cara interna del cartílago tiroides y en la posterior del cartílago aritenoides. No se encontraron terminaciones musculares a lo largo del ligamento vocal o a lo largo de la longitud del músculo vocal.

En relación con las propiedades físicas de los músculos laríngeos intrínsecos se ha observado que el músculo vocalis es el más rápido en cuanto a la contracción se refiere y que el cricoaritenoides posterior es el más lento y el que posee una contracción más sostenida, mientras que el músculo cricotiroides posee unos valores intermedios (HAST, 1966, 1967). Esto refleja de alguna manera que existe un tipo de metabolismo diferente en estos músculos. La contracción más lenta y sostenida del músculo cricoaritenoides posterior precisa un metabolismo aeróbico alto, y esto es consecuente con el hecho de que posea un aporte capilar muy importante y una alta densidad de mitocondrias en el citoplasma de las células musculares. Por otro lado, los músculos

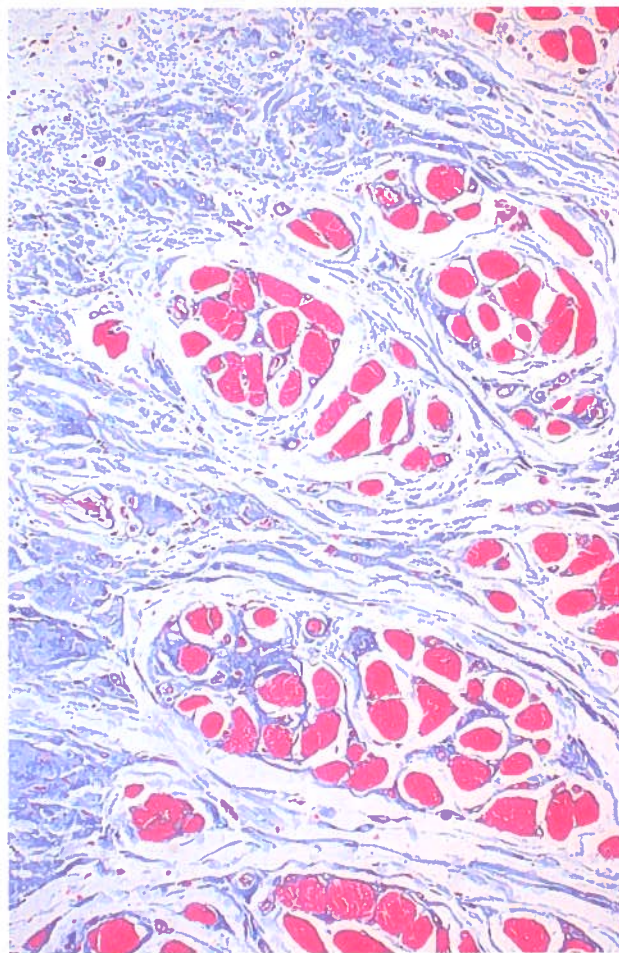


FIG. 3.—Detalle de la relación entre fibras musculares, perimio y ligamento vocal. Músculo tiroaritenoides humano.

más rápidos tienen un tipo de metabolismo mixto, aeróbico y anaeróbico (MIRA y VIDI, 1966). Estas distintas propiedades contráctiles suponen diferentes grados de actividad en los músculos laríngeos intrínsecos (KOTBY, 1970).

DUBOWITZ y BROOKE (1973) distinguen dos grupos. El tipo I serían aquellos de contracción lenta y el tipo II de fibras de contracción rápida. El grupo II se puede dividir a su vez en tres subgrupos: II A, II B y II C, de acuerdo con la reacción de la ATPasa. KERSING (1984) después de realizar estudios histológicos e inmunohistoquímicos en la musculatura vocal humana y de animales distingue dos tipos amplios de fibras musculares. El tipo I de contracción lenta y el tipo II de contracción rápida. Este investigador se centra de manera especial en las diferencias de las fibras musculares en cuanto al desarrollo del individuo estudiado. La mayor parte de las fibras musculares de la musculatura vocal en los niños son inmaduras y pobremente diferenciadas; la mayor parte son fibras del tipo II, y en concreto del tipo II C. En las muestras de indivi-

dos adultos estudiados se apreciaban unas características mucho más parecidas al músculo esquelético de otras partes del cuerpo, aunque existía una mayor proporción de peri y endomisio que en otro tipo de músculos esqueléticos. La relación entre el tipo I y el tipo II corresponde a la de los músculos esqueléticos. No pudo encontrar diferencias en cuanto al sexo, salvo aquella que es simple función del tamaño del esqueleto laríngeo y de la masa muscular. En edades avanzadas el tejido conectivo endomisial está aumentado, desaparece la arquitectura fascicular y aparecen áreas con una actividad enzimática mitocondrial muy baja.

BRONDBO y cols. (1985) realizaron un estudio inmunohistoquímico del músculo cricoaritenoides posterior, del diafragma, del esternotiroideo y del esternomastoideo en el perro. En sus trabajos describieron que el tipo de fibras musculares en el cricoaritenoides posterior, en el diafragma y en el esternotiroideo se diferenciaban muy poco y tenían una ligera preponderancia por el tipo II de fibras musculares. Estos investigadores (BRONDBO y cols., 1986) también describieron los resultados de un estudio histoquímico del cricoaritenoides posterior en los humanos y del diafragma de pacientes laringectomizados y de donantes de corazón, respectivamente. Observaron que el patrón de tipo fibras encontrado en el músculo cricoaritenoides posterior fue en el 57% del tipo I, en el 36% del tipo II A y en el 7% de los casos el tipo II B. En el diafragma fue del 42% de los casos del tipo I, el 42% del tipo II A y el 6% de los casos del tipo II B. En el cricoaritenoides posterior, el 57% de los casos fue del tipo I, el 36% de los casos del tipo II A y el 7% de los casos del tipo II B. Ambos músculos se caracterizaban por una gran capacidad oxidativa.

APARATOS Y TECNICAS

El electromiógrafo está compuesto por un sistema de electrodos que recoge la señal y la envía a un preamplificador y a un amplificador diferencial. Una vez tratada la señal, ésta se recoge y muestra en un osciloscopio de rayos catódicos en una pantalla del ordenador y en un altavoz. El sistema amplificador debe poseer una ganancia uniforme (de la diferencia de potencial de altas frecuencias, sobre todo el espectro de frecuencias; el rango de frecuencias debe extenderse desde 2 hasta 20.000 Hz. para permitir los registros electromiográficos laríngeos en los cuales los cambios de frecuencia de 100 μ V pueden darse en menos de 1 ms.; debe tener una entrada diferencial que elimine los voltajes de señales en fase que sean idénticas tanto en amplitud como en tiempo en sus dos terminales de entrada y que normalmente podrían interferir con los potenciales musculares registrados.

De manera opcional se puede disponer de una unidad rectificadora para integrar la señal electromiográfica. El sistema de monitorización puede ser un osciloscopio de dos o múltiples canales, preferiblemente con un sistema de almacenamiento de la señal. Habitualmente hoy día los sistemas informáticos presentan los resultados de manera ágil, correcta y precisa en los monitores de los propios sistemas. También es interesante disponer de un sistema de sonido que permite discriminar y controlar el registro mientras se está realizando.

Como hemos dicho anteriormente, la señal electromiográfica se registra con un amplificador diferencial que genera una señal de salida proporcional y mucho mayor que la diferencia de voltaje entre dos puntos de entrada. El modo como esas dos señales de entrada estén espaciadas con respecto al músculo que se está estudiando tiene un efecto importante en la naturaleza de la señal electromiográfica y en la interpretación que se pueda hacer de dicho registro.

En la mayor parte de los casos es preferible que exista el menor espacio entre los dos electrodos, que la actividad muscular cercana a los electrodos se representa por una señal de alta frecuencia, y a menudo muestra ondas características de unidad motora simple. Estas señales presentan un sonido característico agudo. Otro aspecto a tener en cuenta es que las señales registradas de músculos activos distantes pueden ser recogidas incluso por electrodos que están muy próximos. Estas señales se componen principalmente por frecuencias bajas, y la señal sonora que se registra es una señal apagada y sorda comparada con el sonido que se obtiene al registrar señales de fibras musculares próximas al punto de colocación de los electrodos.

En la figura 4 se representa un equipo habitual para el registro electromiográfico.

Como parte esencial del montaje es el electrodo de referencia. Los otros dos electrodos son las entradas del amplificador diferencial. La diferencia de voltaje entre estos dos electrodos se amplifica de acuerdo con la ganancia del amplificador. La diferencia de potencial amplificada se conecta a la señal de entrada del aislador.

La señal electromiográfica puede ser posteriormente amplificada y procesada, así como tratada por filtros de diferente anchura de banda según convenga.

Los monitores permiten tener una seguridad en la calidad del registro; sin embargo, para realizar un análisis más preciso objetivo y documentado es necesario que la señal se registre de manera permanente. Esto puede realizarse mediante sistemas de grabación en banda magnética, etc.

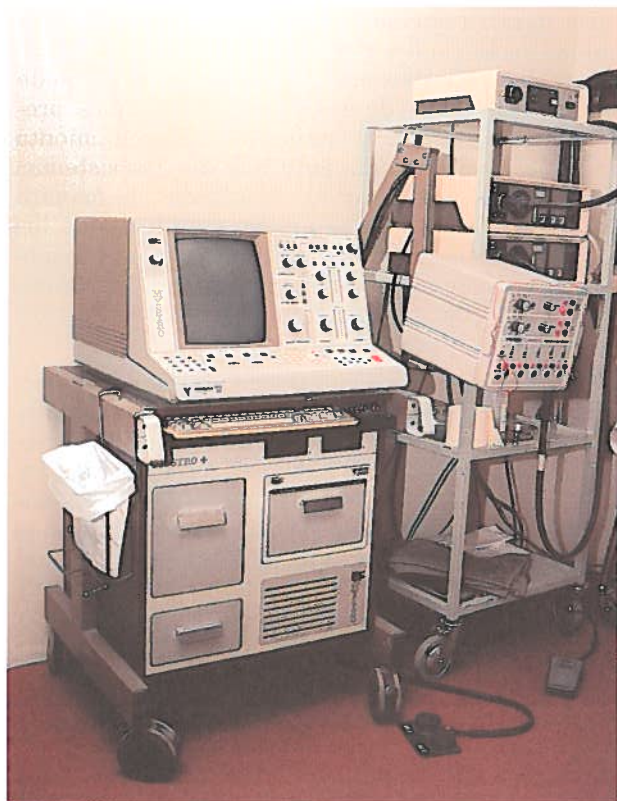


FIG. 4.—Equipo habitual para el registro electromiográfico.

Electrodos

Existen básicamente tres tipos de electrodos para el registro de electromiografía: los electrodos de superficie, las agujas rígidas intramusculares y las agujas finas intramusculares (ganchos). Los dos últimos tipos se representan en las figuras 5 A y B, así como sus conexiones más habituales en el amplificador diferencial.

Electrodos de superficie

La actividad muscular de los músculos grandes subcutáneos puede ser detectada fácilmente y cuantificada mediante la aplicación de electrodos de disco metálico sobre la superficie cutánea. Es un procedimiento no invasivo y el más deseable. Sin embargo, este tipo de electrodos presenta grandes limitaciones en la electromiografía laríngea ya que muchos de los músculos que participan en la fonación no se localizan directamente debajo de la piel. Estos músculos además son pequeños y su disposición anatómica compleja, por lo que los registros obtenidos con los electrodos de superficie nos permiten obtener unas medidas muy limitadas de cómo estos sistemas musculares están funcionando.

Electrodos de aguja rígida

Los electrodos de aguja para el registro electromiograma son básicamente agujas hipodérmicas largas y finas con uno o dos pequeños cables aislados en la luz de la misma. Si existe un solo cable, la aguja se denomina normalmente electrodo con-

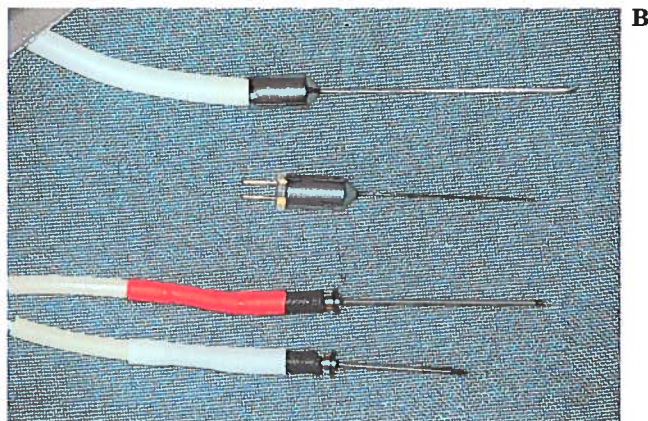
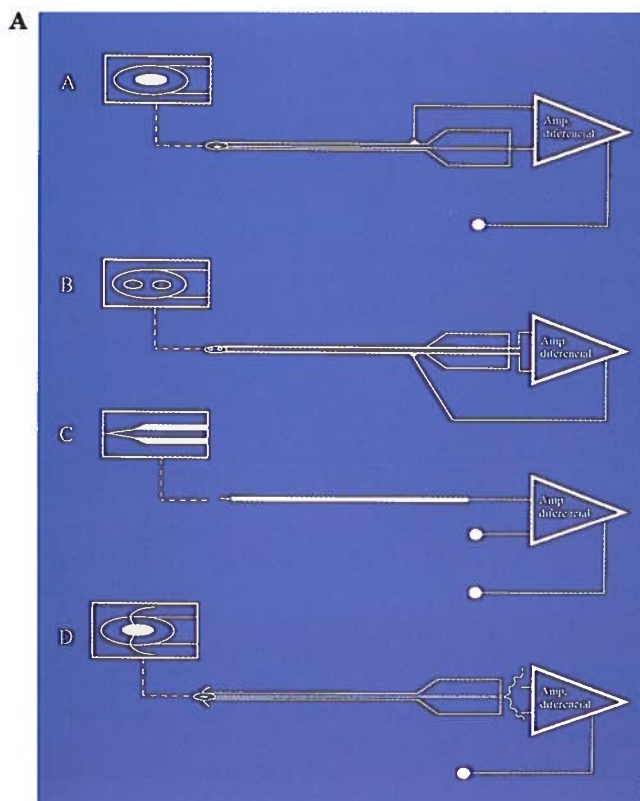


FIG. 5.—A: Tipos de electrodo de aguja. A) Electrodo de aguja concéntrico. B) Electrodo de aguja concéntrico bipolar. C) Electrodo de aguja monopolar. D) Electrodo bipolar de ganchos. B: Las imágenes corresponden, siguiendo un orden desde la superior a la inferior, a un electrodo de aguja concéntrico, a un electrodo bipolar y a dos agujas monopolares.

céntrico. Si existen dos pequeños cables se denomina electrodo bipolar concéntrico. Cuando utilizamos un electrodo concéntrico una de las señales de entrada del amplificador diferencial se conecta al cable central del electrodo y el otro es conectado a la cubierta de la aguja hipodérmica que habitualmente no está aislada. La señal que se registra con este tipo de electrodo es la diferencia de potencial que existe entre el cable central expuesto en la punta y la cubierta de la aguja que se considera esencialmente como un voltaje neutro de referencia debido a su superficie no aislada. Este electrodo puede ser muy selectivo a la hora de registrar unidades motoras simples. El tercer cable del electrodo se conecta al punto de referencia en el cuerpo del paciente (habitualmente se utiliza la piel de la frente cuando se realizan estudios de pares craneales).

Cuando se utilizan electrodos bipolares concéntricos las señales de entrada en el amplificador diferencial se conectan a los dos cables que se localizan en la luz de la aguja. La cubierta de la aguja puede conectarse a la entrada de referencia en el amplificador, pero no es necesario. La señal de referencia puede conectarse a un punto distante de la piel. El electrodo bipolar concéntrico es más selectivo que el electrodo monopolar, particularmente si la aguja puede ser rotada cuando está colocada en el lugar de registro. Esto puede cambiar la alineación de los dos cables expuestos en la luz de la aguja con respecto a la dirección de las fibras musculares. Este cambio de alineación puede tener un efecto muy importante a la hora de recoger un potencial de acción de la fibra muscular. Desde un punto de vista práctico, los electrodos concéntricos bipolares son más caros que los electrodos concéntricos y se utilizan preferentemente para investigación o para estudios muy especializados.

Los electrodos monopolares de electromiografía son agujas macizas aisladas cuya punta se ha desprovisto del material aislante, el cable de la aguja se conecta a la señal de entrada del amplificador diferencial y la otra señal de entrada del amplificador se conecta mediante un segundo electrodo cutáneo (además del electrodo conectado a la entrada de referencia del amplificador). Pudiera pensarse que es más simple conectar a la segunda entrada del amplificador la entrada del electrodo de referencia; sin embargo, si se hiciera esto la resistencia de la tierra hacia las dos entradas estaría mal balanceada. Esta situación incrementaría mucho el ruido y los artefactos. Los electrodos monopolares registran la actividad muscular tan bien como los otros tipos de electrodos; sin embargo, también responden más a la actividad generada en músculos distantes y por tanto son menos selectivos. Este tipo de registro monopolar es el que se obtiene cuando se utiliza una aguja hipodérmica aislada empleada

para inyectar toxina botulínica en un músculo laríngeo.

Los electrodos de aguja rígidos se utilizan casi exclusivamente en la mayor parte de los diagnósticos electromiográficos clínicos como los que se pueden realizar en los departamentos de neurología. Esto se debe fundamentalmente a que el patrón de la onda y los patrones de descarga de las unidades motoras simples tienen gran interés para el diagnóstico de la mayor parte de las enfermedades neurológicas que afectan a la actividad muscular. Estos electrodos se pueden desplazar y recolocar por el clínico para aislar determinadas unidades motoras. Cuando se aplican estos electrodos a músculos en contacto inmediato bajo la piel, al realizar una contracción isométrica como no existe prácticamente movimiento no producen dolor al paciente y el daño causado al músculo es mínimo. Cuando estos electrodos se utilizan para registrar músculos pequeños o finos, en particular si el registro se realiza cuando estos músculos están en movimiento, este tipo de electrodos presenta serios problemas. El primero de ellos es un patrón de interferencia electromiográfica. Otro problema es que los movimientos de un músculo con una aguja rígida pueden ser dolorosos y pueden causar lesiones. Además estos movimientos pueden cambiar el área de registro y hacer muy difícil la comparación de registros electromiográficos incluso en una misma sesión.

La principal ventaja de los electrodos de aguja rígida es que se pueden adelantar y retroceder dentro del músculo para explorar distintas partes del mismo o bien corregir la posición hacia otros músculos. Los potenciales que se registran durante los cortos períodos de relativa inmovilidad de los músculos pueden suponer una información muy valiosa. Dicha información hace referencia sobre todo a la forma del potencial de acción. Estos potenciales pueden confirmar diagnósticos de enfermedades como la esclerosis lateral amiotrófica o indicar si un músculo está siendo reinervado. No obstante, siempre la interpretación y valoración de estos registros depende de la experiencia del neurólogo.

Electrodos bipolares de gancho

Estos electrodos fueron utilizados por primera vez por BASMAJIAN (1962). Este tipo de electrodos intramusculares se ha utilizado para el estudio de los músculos laríngeos. Consisten en dos cables finos, muy flexibles y aislados. Estos dos cables están colocados en la luz de una aguja hipodérmica sobresaliendo el extremo de cada uno en forma de gancho y sin el aislante que lo recubre a nivel de la punta de la aguja. Cuando la aguja se coloca en el músculo y se retira los ganchos se clavan en el músculo y al retirar la aguja los cables quedan en

el músculo. Debido a la flexibilidad de los alambres, el músculo puede realizar movimientos amplios sin producir dolor. Además estos electrodos pueden permanecer colocados para realizar registros repetidos.

Técnica electromiográfica

La primera incursión en el campo de la electromiografía laríngea la realizó WEDDELL en 1944, quien sugirió que para el registro de los potenciales de acción de los músculos intrínsecos laríngeos era necesario utilizar electrodos concéntricos de aguja de longitud suficiente para que las manipulaciones pudieran realizarse a través de un laringoscopio. Posteriormente, FEINSTEIN (1945) y MACBETH (1946) desarrollaron distintos tipos de técnicas y modos de registro del electromiograma laríngeo.

Se pueden realizar distintos tipos de abordaje en cuanto a la colocación de los electrodos se refiere: a través de un faringostoma o una laringofisura, a través de laringoscopia directa o indirecta, y a través de los tejidos blandos prelaríngeos mediante un abordaje percutáneo.

El abordaje a través de un faringostoma y una laringofisura únicamente tiene interés histórico y los registros obtenidos mediante esta vía de abordaje son similares con los obtenidos mediante la vía transcutánea. El abordaje a través de laringoscopia directa se ha empleado para el estudio de la actividad del músculo cricotiroidio posterior empleando neuroleptoanalgesia y anestesia tópica faringolaríngea.

El acceso mediante laringoscopia indirecta puede realizarse bien con espejo laríngeo, bien con óptica rígida, bien con óptica flexible. Para estos procedimientos se ha desarrollado instrumental específico que facilita la colocación transoral de los microelectrodos y electrodos en los músculos intrínsecos laríngeos.

El abordaje percutáneo fue descrito en primer lugar por FINK en 1956. Registró la actividad del cricotiroidio y del tiroaritenoidio identificando estos músculos basándose en las referencias anatómicas que permitían localizar los puntos de inserción.

GREINER (1960) y KOTBY (1967) perfeccionaron la técnica de inserción transcutánea y estandarizaron el método para conseguir una correcta colocación de los electrodos de acuerdo con el sitio de la punción cutánea, el ángulo que el electrodo posee con respecto al plano frontal o anterior del cuello y la distancia que el electrodo debe ser introducido desde la superficie. Además precisaron que todas las manipulaciones deben realizarse submucosamente, pues si la aguja penetra en la mucosa no anestesiada puede producirse tos o espasmo laríngeo. Para el registro del músculo interaritenoidio, la aguja

debe atravesar la luz laríngea y por tanto es necesario la aplicación de anestesia tópica. También recomendaban la administración de un sedante media hora antes de realizar el registro electromiográfico si el paciente era especialmente ansioso.

METODOLOGIA

El abordaje que habitualmente se utiliza es el percutáneo. El paciente normalmente está en decúbito supino con el cuello ligeramente hiperextendido. Algunos autores como HIRANO y OHALA emplean anestesia tópica para la superficie mucosa de la laringe, especialmente cuando los registros se realizan sobre el músculo vocalis y el músculo interaritenoidio. Otros autores como HAGLUND administran 0,25 de atropina subcutánea quince minutos antes de la exploración con el fin de reducir las secreciones y disminuir el reflejo tusígeno. La toma de tierra en la electromiografía laríngea se puede realizar colocando una derivación en el lóbulo de la oreja o en el tórax o utilizando un brazalete con el electrodo indiferente en la muñeca. Los electrodos de aguja que se utilicen deben ser de un solo uso. Habitualmente se utilizan los electrodos de aguja concéntrica, normalmente bipolares.

PROTOCOLO

Los músculos que normalmente se registran son el músculo tiroaritenoidio y el músculo cricotiroidio. El músculo posticus no se registra de manera rutinaria. En algunos casos puede ser interesante un estudio al ser antagonista de los anteriormente mencionados.

Se deben registrar electromiogramas de los músculos laríngeos en reposo (respiración tranquila), durante respiración profunda y durante la fonación a una intensidad y frecuencia modal. También se pueden realizar registros electromiográficos durante la deglución, durante la tos, etc. Pero es preferible evitar estos últimos ya que pueden desplazar los electrodos.

HALLAZGOS NORMALES EN LOS MUSCULOS ESQUELETICOS

Durante el registro de la actividad eléctrica de un músculo esquelético normal mediante electrodos de aguja se observa una serie de fenómenos.

En primer lugar se registran potenciales de inserción que se pueden percibir auditivamente como descargas muy breves (300 ms.) de potenciales de fibra muscular aislada al insertar el electrodo de aguja (BUCHTHAL y ROSENFOLCH, 1966).

Si el músculo está completamente relajado estos potenciales iniciales desaparecen, dando lugar a un silencio eléctrico completo. Al realizar una contracción débil un número pequeño de unidades motoras, las más excitables entran en acción y empiezan a disparar potenciales de acción. Los potenciales de acción de unidad motora son generalmente bifásicos o trifásicos. Los parámetros normales de los potenciales de acción de unidad motora oscilan entre 0,52 mV de la amplitud y 5 a 15 ms. de la duración (BUCHTHAL, 1957). Pueden observarse de manera normal potenciales polifásicos, llegando a representar el 12% de los potenciales de acción de la unidad motora (RODRIGUEZ y OSTA, 1971).

Si aumenta la tensión de la contracción estas unidades motoras iniciales incrementan su frecuencia de disparo y se reclutan nuevas unidades motoras. Este reclutamiento llena la línea de base del registro de potenciales de acción de unidad motora a una contracción máxima. Esto se conoce como un patrón de interferencia completo (LUDIN, 1980).

El silencio eléctrico completo reaparece cuando desaparece la contracción y el músculo se relaja por completo. Los parámetros de los potenciales de acción de unidad motora varían en diferentes músculos esqueléticos. La duración media de las señales en los músculos pequeños (músculos faciales y laríngeos) es de 40-45% con respecto a aquellos parámetros registrados en músculos esqueléticos como el bíceps braquial. También el voltaje es un 33% más bajo en la cara que en el bíceps braquial (RODRIGUEZ y cols., 1971).

CARACTERISTICAS ELECTROMIOGRAFICAS DE LAS LESIONES NEUROGENAS

Toda la actividad en el momento de la inserción está prolongada en cuanto a su duración. Además, durante la relajación completa existe actividad espontánea que puede ser potenciales de fibrilación, potenciales positivos de denervación o fasciculaciones.

Potenciales de fibrilación

Los potenciales de fibrilación son potenciales de muy corta duración y amplitud (1 ms. y 100 mV) que aparecen de manera irregular. Estos potenciales de fibrilación representan la actividad de fibras musculares aisladas, y la mayor parte se originan en el extremo de la región de la placa y se deben a denervación (JASPER, 1949).

Potenciales positivos de denervación

Estos son potenciales bifásicos con una deflexión positiva inicial que aparece durante el reposo. Tie-

nen una media de duración de 4,2 ms. y una media de amplitud de 100 mV. Suelen ser considerados como características patognomónicas de lesión neurológica (BUCHTHAL, 1966).

Fasciculaciones

Son potenciales bifásicos o trifásicos que aparecen de manera arrítmica y que se originan fundamentalmente de las células de las astas anteriores de la médula. La duración y la amplitud de la fasciculación es similar a los potenciales polifásicos de unidad motora (GOODGOLD, 1972).

APLICACION CLINICA DE LA ELECTROMIOGRAFIA LARINGEA

La electromiografía laríngea es una técnica importante para establecer el diagnóstico diferencial entre un problema mecánico, un problema neural o un proceso miopático. FABORG-ANDERSEN (1957-1956) y BUCHTHAL (1959) estudiaron el registro de los potenciales de unidad motora laríngeos tanto en reposo como durante la fonación. Analizaron la duración y la amplitud de los potenciales de acción motora. La distinción entre los potenciales miopáticos de corta duración y los potenciales de unidad motora de duración prolongada o normal en los problemas de innervación ha sido establecidos perfectamente por BUCHTHAL (1959).

Se han de valorar los potenciales registrados durante el reposo, así como durante la fonación. La fase del potencial de acción motora se relaciona con el potencial que se registra de acuerdo con el lugar donde cruza la línea de base.

La electromiografía laríngea es particularmente útil a la hora de establecer el diagnóstico diferencial entre causas mecánicas y neurológicas de inmovilidad de la cuerda vocal.

En las luxaciones cricoaritenoides o fijaciones de la articulación cricoaritenoides presentan registros electromiográficos normales. Cuando la causa de inmovilidad de la cuerda vocal es neurológica se suele observar un amplio espectro de actividad electromiográfica anómala. Generalmente existe un patrón de denervación (actividad espontánea), un reducido patrón de interferencia, una disminución de la amplitud y algunos potenciales polifásicos sugestivos de reinervación. También se puede registrar un patrón de denervación en casos con lesiones a partir de la segunda motoneurona o traumas, lesiones del nervio recurrente después de una cirugía de tiroides, esófago o mediastino o después de un trauma laríngeo. Si se realiza de un modo secuencial el electromiograma puede ayudar en cuanto al pronóstico de cara a una posible recuperación,

ya que se registran hechos eléctricos de recuperación antes que estos hechos supongan un movimiento visible. La ausencia de movimiento con una señal relativamente normal sugiere un patrón sinquinético de recuperación y pueden ser confirmados mediante el registro simultáneo del músculo cricoaritenideo posterior. La electromiografía laríngea también puede ser utilizada intraoperatoriamente para identificar el nervio recurrente laríngeo y evitar su daño quirúrgico.

La denervación sugiere una enfermedad de segunda motoneurona o un proceso del tronco del encéfalo central, particularmente si la denervación se encuentra en otros músculos tales como la lengua, el esternocleidomastoideo, músculos de la mímica facial o faringeos (PALMER y cols., 1991).

El registro de varios músculos puede permitir el diagnóstico de parálisis bulbar, esclerosis lateral amiotrófica, malformación de Arnold Chiari post-siringomielia. Cuando existe un patrón de descarga de potenciales de acción motora en la laringe repetitiva, regular y lenta con descargas sincrónicas en el paladar y en la faringe puede tratarse de una mioclonía. El electromiograma también puede ayudarnos a evaluar trastornos del tipo del temblor. Si existe una señal repetitiva de 4 a 8 Hz., es muy probable que se trate de un temblor esencial. Una vez más la evaluación de otros músculos puede ser útil a la hora de seleccionar las áreas sobre las que el trastorno repercute. En algunos pacientes la amplitud y el número de potenciales disminuye con la estimulación repetitiva. Esto último es sugestivo de miastenia gravis. Sin embargo, normalmente este tipo de cuadros clínicos se diagnostican sin necesidad de recurrir a la electromiografía laríngea.

El electromiograma es útil también a la hora de elucidar problemas disfónicos en trastornos motores de la laringe. En los pacientes con disfonía espasmódica existen algunas características que facilitan el diagnóstico diferencial con respecto a otros trastornos. Además la electromiografía laríngea se realiza con técnica que permite localizar certeramente el músculo laríngeo al que se pretende administrar la toxina botulínica en los casos en los que está indicada como tratamiento paliativo de la disfonía espasmódica.

COMPLICACIONES

De manera ocasional la electromiografía registrada mediante colocación de electrodos percutáneos puede producir un discreto sangrado por punción de alguna vena y dar lugar a un hematoma subcutáneo que se resolverá de manera espontánea. También se puede producir un espasmo laríngeo si la aguja penetra en la mucosa no anestesiada previamente. Otra complicación es el edema de la cuerda vocal.

ERRORES EN LA ELECTROMIOGRAFIA LARINGEA

La mayor parte de los errores en la electromiografía laríngea se debe a la tendencia a pasar por alto las limitaciones de esta técnica y a una falta de conocimiento completo de la actividad intrínseca e individual de los músculos laríngeos durante la respiración y durante la fonación. Los registros electromiográficos dependen de la técnica de registro, del tipo de electrodos, de su colocación y de la situación en la que se encuentre el sujeto estudiado. Los músculos muchas veces actúan como un filtro eléctrico que reduce el paso de las altas frecuencias. Uno de los mayores problemas es la verificación de la colocación de los electrodos ya que a pesar de haber seguido escrupulosamente los criterios en cuanto a referencias anatómicas, angulación, etc., la inserción de los electrodos resulta muy difícil y engañosa.

BIBLIOGRAFIA

- BASMAJIAN, J. V., y DE LUCA, C. J.: *Muscles alive: Their functions revealed by electromyography*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1985.
- BASMAJIAN, J. V., y STECKO, G.: «A new bipolar electrode for electromyography». *J. Appl. Physiol.*, 1962; 17: 849.
- BRONDBO, K.; DAHL, H. A., y TEIG, E.: «The histochemistry of the posterior crico-arytenoid (PCA) muscle in the dog, compared with the diaphragm, the sternohyoid, and the sternomastoide muscle». *Acta Otolaryngol.*, 1985; 100: 289.
- BUCHTHAL, F., y ROSENFALCK, P.: «Spontaneous electrical activity of human muscle». *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1966; 20: 321-336.
- BUCHTHAL, F.: *An introduction to electromyography in practice*. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag, 1957: 21-64.
- COLE, K.; KONOPACKI, R., y ABBS, J.: «A miniature electrode for surface electromyography during speech». *J. Acoust. Soc. Am.*, 1983; 74: 1362.
- DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. H., y NEVILLE, H. E.: *Muscle biopsy: A modern approach*. Philadelphia, PA: Saunders, 1973.
- FAABORG-ANDERSEN, K.: «Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans». *Acta Physiol. Scand.*, 1957; 41: 9-148.
- FEINSTEIN, B.: «The application of electromyography to affections of the facial and the intrinsic laryngeal muscles». *Proc. R. Soc. Med.*, 1945; 39: 817-818.
- FINK, B. R.; BASCH, M., y EPANCHIN, V.: «The mechanism of opening of the human larynx». *Laryngoscope*, 1956; 66: 410-425.
- GARTLAN, M. G.; PETERSON, K. L.; LUSCHEI, E. S.; HOFFMAN, H. T., y SMITH, R. J.: «Bipolar hooked-wire electromyography technique in the evaluation of pediatric vocal cord paralysis». *Annals of Otolaryngology & Laryngology*, 1993; 102: 695-700.
- GOODGOLD, J., y EBERSTEIN, A.: *Electrodiagnosis of neuromuscular diseases*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins, 1972: 78-121.
- HAGLUND, S.; KNUTSSON, E., y MARTENSSON, A.: «An electromyographic investigation of intrinsic laryngeal mus-

- cles in humans». *Acta Oto. Laryngologica*, 1972; 74: 265-270.
- HAST, M. A.: «Mechanical properties of the vocal fold muscles». *Practice Laryngol.*, 1967; 29-53.
- HAST, M. H.: «Physiological mechanisms of phonation: Tension of the vocal fold muscle». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1966; 62: 309.
- HIRANO, M., y OHALA, J.: «Use of hooked-wire electrodes for electromyography of the intrinsic laryngeal muscles». *J. Speech Hear. Res.*, 1969; 12: 362-373.
- HIRANO, M.; NOZOE, I.; SHIN, T., y MAEYAMA, T.: «Electromyography for laryngeal paralysis». En: Hirano, M.; Kirchner, J., y Bless, D., editores. *Neurolaryngology: Recent advances*. Boston, College-Hill, 1987; 232-248.
- HIROTO, I.; HIRANO, M., y TOMITA, H.: «Electromyographic investigation of human vocal cord paralysis». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1968; 77: 296-304.
- JASPER, H. P., y BALLEM, G.: «Unipolar electromyograms of normal and denervated human muscle». *J. Neurophysiol.*, 1949; 12: 231.
- KERSING, W.: «De Stembandmusculatuur een histologische en histochemische studie». *Drukkerij Elinkwijk BV-Utrecht*, 1984.
- KIMURA, J.: *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principles and practice*. 2.^a ed. Philadelphia: F.A. Davis Co., 1989.
- KODA, J., y LUDLOW, C. L.: «An evaluation of laryngeal muscle activation in patients with voice tremor». *Otolaryngology, Head & Neck Surgery*, 1992; 107: 684-696.
- KOKESH, J.; FLINT, P. W.; ROBINSON, L. R., y CUMMINGS, C. W.: «Correlation between stroboscopy and electromyography in laryngeal paryalisis». *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 1993; 102: 852-857.
- KOTBY, M. N., y HAGEN, L. K.: «Attempts at evaluation of the function of various laryngeal muscles in the light of muscle». *Acta Otolaryngol.*, 1970; 70: 419-427.
- KOTBY, M. N.: «Percutaneous laryngeal electromyography. Standardization of the technique». *Folia Phoniatr.*, 1975; 27: 116-127.
- KOTBY, M. N.: *Electromyography of the laryngeal muscles*. Thesis. Cairo, Egypt: Ain Shams University, 1967.
- LOEB, G. E., y GANS, C.: *Electromyography for experimentalists*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.
- LUDIN, H. P.: *Electromyography in practice*. Stuttgart, Germany: Georg Thieme Verlag, 1980; 21-64.
- MACBETH, R. G.: *Proc. R. Soc. Med.*, 1946; 39: 819.
- MIN, Y. B.; LUSCHEI, E. S.; FINNEGAN, E. M.; McCULLOGH, T. M., y HOFFMAN, H. T.: «Portable telemetry system for electromyography». *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 1994; 111: 849-852.
- MIRA, I., y VIDI, I.: «Stuttura del muscolo vocal uome e toria neuro chronassica della». *Arch. J. Otolaryngol.*, 1966; 77: 531.
- MOWREY, R. A., y McKAY, I. R. A.: «Phonological primitives electromyographic speech error evidence». *J. Acoust Soc. Am.*, 1990; 88: 1299-1312.
- MU, L., y YANG, S.: «An experimental study on the laryngeal electromyography and visual observations in varying types of surgical injuries to the unilateral recurrent laryngeal nerve in the neck». *Laryngoscope*, 1991; 101: 699-708.
- PARNES, S. M., y SATYA, M. S.: «Predictive value of laryngeal electromyography in patients with vocal cord paralysis of neurogenic origin». *Laryngoscope*, 1985; 95: 1323-1326.
- RODRIGUEZ, A. A., y OSTER, Y. T. En: Licht, S., editor. *Electrodiagnosis and electromyography*. Waverly, 1971.
- ROSSI, G., y CORTESINA: «Morphological study of the laryngeal muscles in man». *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 1965; 59: 575.
- SCHAEFER, S. D.; ROARK, R. M.; WATSON, B. C.; KONDRASKE, G. V.; FREEMAN, F. J.; BUTSCH, R. W., y POHL, J.: «Multichannel electromyographic observation in spasmodic dysphonia patients and normal control subjects». *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 1992; 101: 67-75.
- SONESSON, B.: «On the anatomy and vibratory patterns of the human vocal folds». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1960; 156 (supl.): 80.
- THUMFART, W.: «Electromyography of the larynx». En: Samii, M., y Ganetta, P. J., editores. *The cranial nerves*. Berlin: Springer-Verlag, 1981; 597-606.
- WEDDELL, G.; Feinstein, B., y Pattle, R. E.: «The electrical activity of voluntary muscle in man under normal and pathological conditions». *Brain*, 1944; 67: 178-257.
- WOO, P., y ARANDIA, H.: «Intraoperative laryngeal electromyographic assessment of patients with immobile vocal fold». *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 1992; 101: 799-806.
- ZENKER, W.: «Vocal muscle fibers and their motor end-plates». En: Brewer, D. W., editor. *Research potentials in voice physiology*. State University of New York, 1964; 7.

Unidad básica de valoración acústica

S. FERNANDEZ GONZALEZ

Es difícil precisar en el momento actual cuáles son los elementos que compondrían una unidad «básica» de valoración acústica, ya que hoy disponemos de aparatos sencillos y económicos que realizan una valoración más completa y sencilla que los grandes y sofisticados equipos que se requerían para esta función hasta hace pocos años.

Se ha dicho que una buena formación y educación del oído en cuanto a la voz humana se refiere, un cronómetro, un teclado y un sonómetro podían considerarse como los elementos básicos para una valoración acústica válida. No obstante, hoy es necesario establecer protocolos de cuantificación y objetivación de las características acústicas de la voz como complemento diagnóstico, como seguimiento de un tratamiento o de valoración de un tratamiento quirúrgico y como dato de un trabajo de investigación. Vamos a tratar de precisar los elementos fundamentales para un estudio completo de los aspectos esenciales de la voz como son la frecuencia y la intensidad.

FRECUENCIA FUNDAMENTAL

La frecuencia fundamental es una medida acústica que refleja directamente la velocidad de la vibración de las cuerdas vocales. El término «frecuencia fundamental» se refiere al tono vocal de menor frecuencia o a la diferencia de frecuencia entre los distintos componentes frecuenciales de la onda sonora. La unidad de medida es el Hertz (Hz.).

La frecuencia fundamental se puede medir de varias maneras y en determinadas situaciones (fonación de una vocal sostenida, lectura y conservación). La fonación de una vocal sostenida es la más sencilla de realizar, y consiste en la emisión por parte del sujeto explorado del sonido /a/ o /e/ cómodamente, en su frecuencia habitual y a una intensidad moderada. Este tipo de valoración vocal permite obtener medidas precisas con un equipo sencillo y económico. La utilización de otras muestras como la lectura o la conversación supone frecuentemente una mayor variabilidad en la frecuencia fundamental y su medición requiere métodos más complejos y unos instrumentos más caros. No existe un completo acuerdo acerca de la relación existente entre el mé-

todo empleado para estudiar la frecuencia fundamental y el valor de ésta (HIRANO, 1981).

Actualmente hay una diversidad de métodos para la determinación de la frecuencia fundamental, desde los más simplificados hasta los más complejos y elaborados. La percepción subjetiva de la frecuencia fundamental son a menudo incorrectas, particularmente en personas con alteraciones de la voz, pudiendo dar lugar a conclusiones erróneas (MURRY, 1978). La medición objetiva de la frecuencia fundamental en la fonación de una vocal sostenida puede realizarse de forma sencilla con la ayuda de un contador de frecuencia o frecuenciómetro (fig. 1) y un filtro de banda estrecha. El filtro es necesario, pues sin él el contador de frecuencia tratará de registrar todas las frecuencias vocales. El filtro de banda estrecha cuando se encuentra adecuadamente incorporado al frecuenciómetro elimina los componentes altos del tono laríngeo contabilizando únicamente la frecuencia fundamental. Este tipo de aparatos proporciona datos objetivos que pueden mostrarse de forma numérica o gráfica.

Un equipo más completo y de manejo sencillo disponible en el mercado es el Visi-Pitch, Kay Electronics Corp. (fig. 2). Este sistema permite que las muestras fonatorias recogidas *in vivo* o grabadas, bien mediante la producción vocal sostenida, la conversación o la lectura, se introduzca en el aparato y éste muestre la frecuencia fundamental en la pantalla como una función del tiempo. Es posible

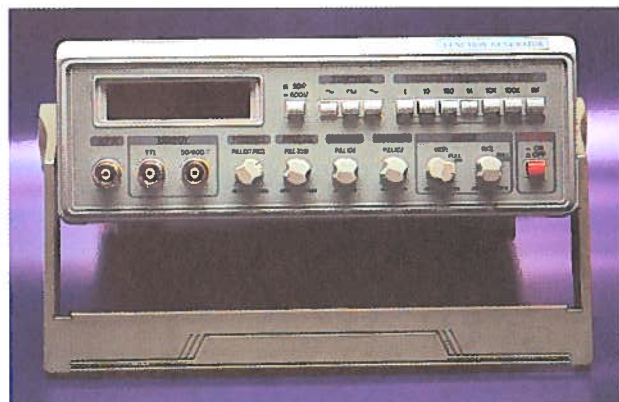


FIG. 1.—Frecuenciómetro.



FIG. 2.—Visi-Pitch.

comprobar la variable tiempo de manera que variando la velocidad de barrido podamos obtener un mayor o menor detalle de los cambios de frecuencia fundamental durante periodos de tiempo cortos o periodos de tiempo más largos. Este instrumento además proporciona también la medición de otros parámetros vocales y de lenguaje, como pueden ser la intensidad, la perturbación, etc.

Existen programas comerciales para ordenadores IBM y PC como pueden ser el Computerized Speech Lab (CSL and Multi-Speech, Kay Elemetrics Corp.), CSpeech y Dr. Speech Science para Windows (Tiger Electronics), Macao, Samba, Salsa, Diana de Soremed o el CSRE de Avaaz Innovations, Inc. para ordenadores Macintosh clónicos programas como el Mac Speech Lab II o el SoundScope. Estos programas extraen la frecuencia fundamental a partir de la producción vocal sostenida o de muestras conversacionales más largas. Además estos programas permiten realizar la medición de numerosos parámetros y su manejo es sencillo y la relación calidad-precio aceptable. En capítulos anterior se ha realizado un estudio comparativo exhaustivo de estos sistemas (fig. 3).



FIG. 3.—Equipo para análisis vocal basado en un ordenador Apple Macintosh y el programa SoundScope.

Existen tres estadísticos de la frecuencia útiles a la hora de comparar las características acústicas de pacientes disfónicos con personas que no presentan alteraciones en su voz o bien para estudiar la evolución de aquellos pacientes sometidos a un tratamiento. Estos estadísticos son la frecuencia fundamental media, la desviación estándar de la frecuencia fundamental y el rango frecuencial. Clínicamente estas medidas son útiles para el diagnóstico y para la evaluación pre y postratamiento. La frecuencia fundamental media se emplea para estimar el nivel de frecuencia más apropiado para un paciente según su edad y sexo. Los otros dos estadísticos ayudan a valorar y demostrar la variación de la frecuencia fundamental durante la conversación. Así, las personas juzgadas de ser monótonas en su conversación tendrán pequeñas desviaciones estándar y pequeños rangos de frecuencia fundamental durante la misma.

RANGO FRECUENCIAL

Otro parámetro útil referente a las características de la frecuencia de la voz en los pacientes disfó-



FIG. 4.—Afinador musical.

nicos es el rango. La mayor y la menor frecuencia vocal que un paciente puede producir son los límites absolutos de frecuencia que es capaz de emitir sin considerar la intensidad ni la calidad de la voz. Suelen ser de duración breve, aproximadamente de un segundo. El rango fonatorio refleja los límites fisiológicos de la voz del paciente. Se expresa tanto en herts como en semitonos y puede registrarse con cualquier instrumento de los citados en las sección precedente. Además, este rango fonatorio puede realizarse de una manera más exhaustiva y completa mediante la composición del fonetograma. Como ya se ha visto en capítulos anteriores, el fonetograma puede ser realizado con programas diseñados especialmente para este fin, así como con aparatos más sencillos como un afinador electrónico o digital, de instrumentos musicales. El empleo de este último aparato requiere cierto entrenamiento (fig. 4).

Los límites absolutos de la frecuencia se obtienen instruyendo al paciente para que emita el mayor y el menor tono posible o siguiendo una escala musical hacia arriba y hacia abajo. KENT y ROSEMBECK (1987), observaron que las variaciones intra y entre sujetos en este tipo de exploración se deben a la práctica, a la motivación o a las instrucciones recibidas por el paciente.

INTENSIDAD

La medida de la intensidad vocal es útil en la valoración de la dinámica de la voz. La intensidad media se correlaciona con la percepción en la fuerza de la voz y la variabilidad en la intensidad probablemente se correlaciona con las variaciones en la fuerza vocal del paciente.

Clínicamente la intensidad media de la voz de un paciente nos proporciona una información más valiosa que los límites absolutos de la intensidad. De todas formas el rango de intensidad, frecuentemente denominado rango dinámico, puede ser importante tanto para el diagnóstico como para la valo-

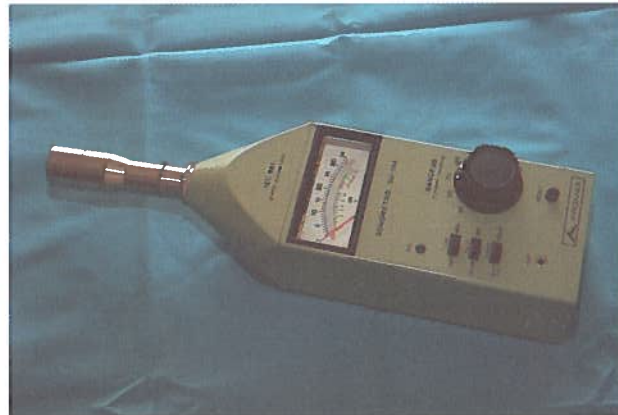


FIG. 5.—Sonómetro.

ración de los cambios producidos a lo largo de un tratamiento o de una enfermedad. Pacientes con una intensidad media inferior a la esperada para su edad, con un rango de intensidad vocal marcadamente reducido, deben ser examinados de forma completa, incluyendo una valoración audiológica.

El procedimiento para determinar este rango requiere que la persona emita el sonido /a/ lo más suave posible y en el otro extremo la /a/ más fuerte. Los pacientes deben emitir estos sonidos en la frecuencia que les sea más cómoda, ya que el nivel de frecuencia influye en el nivel de intensidad (COLEMAN, MABIS, HINSON, 1937; COLTON, 1973). La intensidad puede ser medida a partir de sonidos vocálicos sostenidos o a partir de una conversación. La mayoría de las grabadoras disponen de un mecanismo de medida de la intensidad (por ejemplo, la VU, Volume Unit Meter). Sin embargo, estos aparatos no suelen estar calibrados en las unidades de intensidad tradicionales (dB SPL) y ofrecen unas mediciones bastante groseras. Puede adquirirse por un precio razonable un medidor de nivel de sonido calibrado (Radio Shack) o un sonómetro (fig. 5). Existen versiones digitales algo más caras. Al paciente se le debe indicar que mantenga un sonido vocálico con un nivel de fuerza normal con el micrófono medidor del nivel de sonido a una distancia establecida de la boca. La intensidad de la fonación aparecerá en la escala medidora en decibelios. Este instrumento no es tan práctico para medir la intensidad vocal a lo largo de una conversación.

El Visi-Pitch puede usarse para medir y visualizar en la pantalla la intensidad vocal durante una conversación. Los programas CSL y CSpeech muestra la intensidad producida en una conversación a lo largo del tiempo. También es posible obtener con ellos varios estadísticos, como el promedio del nivel de intensidad y la desviación estándar. Es importante que el micrófono empleado responda a todas las frecuencias presentes en la muestra cuya

intensidad se va a medir. Otra consideración al medir la intensidad vocal es la distancia entre labios del sujeto y el micrófono. Conviene recordar que la intensidad del sonido se reduce en función del cuadrado de la distancia. Esto significa que el doble de distancia producirá una diferencia de intensidad de 6 dB. El nivel de ruido de la habitación donde se registra la fonación también debe tenerse en cuenta. Lo ideal sería disponer de una habitación insonorizada, pero no es necesario. La mayor parte de las habitaciones tienen un ruido ambiental inferior a 60 dB. Además, debido a que la mayoría de las conversaciones presentan frecuencias por encima de 100 Hz., el empleo de un filtro de banda ancha atenuaría la energía inferior a 100 Hz. y las mediciones pueden considerarse válidas. Muchos medidores de nivel de sonido disponen de una función de ponderación que realiza este proceso de filtración. La presencia de cortinas gruesas y moquetas reduce el ruido.

Una vez más hay que tener en cuenta que la variabilidad en el registro de las mediciones obliga a ser cautos en la interpretación de los resultados obtenidos.

PERTURBACION

La perturbación se refiere a cambios pequeños y rápidos observados ciclo a ciclo en el período y amplitud durante la fonación. Estos cambios reflejan pequeñas diferencias en la masa, tensión y características biomecánicas de las cuerdas vocales, así como pequeñas variaciones de su control neural (BAER, 1979). La perturbación se correlaciona con la percepción de dureza y ronquera en la voz (WENDAHL, 1963-1966) de manera que estos pacientes probablemente presentarán perturbaciones en la frecuencia y en la amplitud.

La perturbación puede medirse a partir de la fonación de una vocal sostenida.

El empleo de una conversación puede confundir las mediciones porque las variaciones lingüísticas producidas en la frecuencia no pueden separarse de las producidas por las características biomecánicas de las cuerdas vocales.

La perturbación de la frecuencia o *jitter* se obtiene midiendo el período de cada ciclo de vibración restando el período previo o del sucesivo, prorrateando las diferencias y dividiéndolo por el período promedio. Si el resultado se multiplica por 100, el *jitter* se puede expresar como el porcentaje de la variación del período relativo al valor medio. Esta medida se conoce como el *jitter factor*. Existen varias formulaciones para el cómputo de la perturbación de la frecuencia, que pueden hacer difícil la comparación de los distintos datos obtenidos por diferentes equipos (CASPER, 1985).

La perturbación de la frecuencia puede medirse con el Visi-Pitch, que la presenta a modo de cociente. Estas mediciones pueden ser útiles para comparar datos intra o intersujetos cuando se utiliza la misma medida a la hora de establecer comparaciones. Los distintos programas anteriormente mencionados de forma numérica y gráfica calculan la perturbación frecuencial y presentan los resultados.

La perturbación en la amplitud o *shimmer* se refiere a los pequeños cambios ciclo a ciclo de la amplitud de la señal vocal. Como en el caso de la medición de la perturbación de la frecuencia, la amplitud de cada ciclo vocal se mide y es restada del ciclo previo o del ciclo siguiente y promediada con respecto a todas las diferencias del segmento fonatorio analizado. El *shimmer* es a menudo expresado como cambio medio medido en decibelios, aunque también se puede presentar como porcentaje o como cociente (TITZE, 1995).

La perturbación en la amplitud se puede obtener directamente de los diferentes programas. La medición de la perturbación de la amplitud de la señal fonatoria no viene determinada únicamente por las cuerdas vocales, sino también por las características resonantes del tracto vocal. Por tanto, la medición de la perturbación de la amplitud probablemente refleja el efecto vocal en la fonación, así como el efecto de las cuerdas vocales.

SISTEMAS DE GRABACION

La valoración acústica puede ser realizada con el paciente presente y de manera directa con los diferentes aparatos de medición o puede ser realizada de manera diferida con muestras de voz grabada. El soporte puede ser una cinta magnética convencional, un disquete de ordenador, magnetóptico, un disco magnetóptico o un disco óptico. El modo de grabación, por tanto, puede ser analógico o digital (fig. 6). En la medida de lo posible es preferible la grabación digital. Muchos de los sistemas informá-



FIG. 6.—Grabador reproductor analógico.

ticos que se han aludido en este capítulo y en capítulos anteriores permiten la grabación fiel y correcta de la voz a estudiar. No obstante, recordamos que para recoger las características acústicas de la voz el sistema de grabación debe tener unos requerimientos mínimos imprescindibles que son: un rango frecuencial de 10 kHz., un rango dinámico de 60 dB, un tiempo de resolución de 10 milisegundos y una sensibilidad de 1 dB.

En cuanto a los programas de análisis para ese acústico de la voz recordamos, como ya se ha comentado en capítulos anteriores, que todos ellos poseen un convertidor analógico digital y que, dependiendo de las características del convertidor analógico digital, serán capaces de recoger fielmente la señal acústica que se desea analizar. De la fidelidad de la recogida de esta señal dependerá la certeza y la precisión de los resultados obtenidos.

Para esto debemos de tener en cuenta a la hora de elegir un equipo tres características fundamentales en el proceso de digitalización de la señal de cada sistema concreto. Estos elementos son el filtrado, la velocidad de muestreo y la cuantización.

FILTRADO

En cuanto al proceso de filtrado hemos de tener en cuenta el denominado filtro preénfasis con el que los componentes frecuenciales altos de la señal se equiparan en amplitud a los componentes frecuenciales más bajos. Además debemos prestar atención a los filtros premuestreo, ya que esto nos permite seleccionar el filtro para evitar la energía por encima de la frecuencia de Nyquist o frecuencias más altas de interés.

VELOCIDAD DE MUESTREO

La velocidad de muestreo, como es conocido, debe ser al menos el doble de la frecuencia más alta que podamos detectar en la muestra a estudiar, es decir, si pensamos registrar frecuencias hasta valores de 10 kHz., la velocidad de muestreo debe ser por lo menos de 20 kHz. No hacerlo de esta manera implicaría caer en el error denominado aliasing. El filtrado premuestreo con frecuencia se denomina filtro antialiasing. Los sistemas actuales permiten todos ellos unos registros de 44,1 kHz.

CUANTIZACION

Se dice que una señal es cuantizada cuando a cada muestra de la señal obtenida le es asignada una amplitud. No queremos detenernos en consideraciones técnicas, sino considerar que, como mínimo,

para análisis acústico de la voz ésta debe ser cuantizada como mínimo mediante una conversión de 12 bits, lo cual proporciona 4.096 niveles de cuantización, si bien la mayor parte de los sistemas informáticos comercializados hoy día disponen de sistemas de conversión de 16 bits.

Recomendaciones para adquisición de señales vocales

Micrófono. Es recomendable la utilización de un micrófono profesional (omnidireccional o cardiode) con una sensibilidad mínima de 60 dB. Para el registro de las vocales sostenidas la distancia entre el micrófono y la boca debe ser constante y menor de 10 cm. para prevenir artefactos y mantener una relación señal-ruido alta. Algunos autores también recomiendan el empleo de los micrófonos miniatura fijados en un armazón que se coloca en la cabeza. Estas recomendaciones no son necesarias para el análisis conversacional, en donde los ruidos respiratorios pueden alterar la señal en distancias cortas.

Cuando se coloca el micrófono próximo a la boca es conveniente que esté orientado en un ángulo comprendido entre 45 a 90° del eje de la boca para reducir el ruido producido por el componente aerodinámico de la voz.

Es aconsejable controlar el ruido y la proximidad de superficies reflectantes de la habitación donde se realiza la grabación. Como ya hemos anticipado es recomendable el empleo de un convertidor analógico digital de 16 bits o un grabador DAT que se acompañe de los correspondientes accesorios electrónicos (amplificadores, filtros, etc.) y que posean una relación señal-ruido comprendida entre 85 y 90 dB (DOHERTY y SHIPP, 1988) (fig. 7). La frecuencia de muestreo que debe ser usada debe comprenderse entre 20 y 100 kHz., dependiendo del grado de interpelación que proporciona el software con el que se realice el análisis.



FIG. 7.—Grabador reproductor digital DAT.

PROTOCOLO PARA LA VALORACION ACUSTICA DE LA VOZ

Todos los grupos que trabajan en temas relacionados con el análisis acústico de la voz tienen entre sus metas más inmediatas el conseguir un protocolo adecuado para la valoración acústica de la voz, en las que se incluyan la fonación sostenida de vocales, de sílabas o de palabras, o incluso frases y párrafos enteros. Se pretende conseguir que este tipo de protocolos muestren aspectos de la calidad vocal, del control de la frecuencia y de la intensidad, además de que permitieran valorar la interacción entre la respiración, la fonación y la articulación.

Las distintas pruebas deben ser adecuadas al rango de voz de cada individuo, por eso es por lo que últimamente se propugna la obtención previa del perfil de voz de cada individuo antes de realizar los distintos registros. Es preciso determinar la frecuencia mínima, la media y la máxima para poder posteriormente, en forma de porcentaje, valorar los distintos fonemas vocálicos y consonánticos según los distintos rangos de frecuencia (10%, grave; 50%, media, y 80%, aguda). Del mismo modo se procederá para definir lo que es para cada individuo intensidad baja (10%), media (50%) y alta (80%) referido al nivel máximo de intensidad. Una vez obtenidos estos valores se valorará la fonación sostenida de vocales, siendo éstas emitidas de diferentes intensidades y frecuencias. Después de la valoración vocálica se valoran los fonemas /s/ y /z/ para determinar la competencia respiratoria.

Además se valorará también la voz conversacional, hablada y cantada empleando ejemplos de mayor complejidad fonética, emocional y artística que comprenden desde contar hasta 100, recitar una poesía, declamar, cantar, etc., muestras representativas desde el punto de vista acústico.

BIBLIOGRAFIA

- BAER, T.: «Vocal jitter: A neuromuscular explanation». En: Lawrence, V., editor. *Transcripts of the 8th symposium: Care of professional voice*. New York: Voice Foundation, 1979; 19-22.
- CASPER, J. K.; COLTON, R. H., y BREWER, D. W.: «Selected therapy techniques and laryngeal physiological changes in patients with vocal fold immobility». En: Lawrence, V., editor. *Transcripts of the 14 symposium: Care of the professional voice*. New York: Voice Foundation, 1985; 318-323.
- COLEMAN, R. F.; MABIS, J. H., y HINSON, J. K.: «Fundamental frequency-sound pressure level profiles of adult male and female voices». *Journal of Speech and Hearing Research*, 1977; 20: 197-204.
- HIRANO, M.: *Clinical examination of voice*. Vienna: Springer-Verlag, 1981b.
- KENT, R. D.; JENT, J., y ROSENBEEK, J.: «Maximum performance tests of speech production». *Journal of Speech and Hearing Research*, 1987; 52: 367-387.
- MURRY, T.: «Speaking fundamental frequency characteristics associated with voice pathologies». *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 1978; 43: 374-379.
- TITZE, I. R.: *Workshop on acoustic voice analysis-summary statement*. Iowa City: National Center for Voice and Speech, 1995.
- WENDAHL, R. W.: «Laryngeal analog synthesis of harsh voice quality». *Folia Phoniatica*, 1963; 15: 241-250.
- WENDAHL, R.: «Some parameters of auditory roughness». *Folia Phoniatica*, 1966; 18: 26-32.

Radiología laríngea

J. M. ESPINOSA SANCHEZ

INTRODUCCION

La exploración endoscópica del paciente con patología laríngea únicamente permite valorar de forma directa la mucosa, pero no la afectación en profundidad o la presencia de una lesión submucosa. Regiones como la subglotis o espacios como los ventrículos resultan difíciles de explorar en la consulta. Tampoco los espacios paraglótico y preepiglótico pueden ser valorados de modo adecuado durante una laringoscopia. En el caso de un tumor su correcto estadiaje requiere valorar la extensión de la enfermedad y la posible afectación del cartílago tiroides y de partes blandas extralaríngeas. Las técnicas de imagen pretenden resolver estos problemas, estableciendo un diagnóstico más preciso y aportando información útil a la hora de planificar una intervención quirúrgica.

La indicación principal de los estudios de imagen en laringología es la patología tumoral; sin embargo, al no constituir estos procesos el objeto de esta ponencia no discutiremos sus hallazgos radiológicos. Sí lo haremos en lo referente a las parálisis laríngeas por sus implicaciones en el diagnóstico de las alteraciones de la voz.

MODALIDADES DE DIAGNOSTICO POR LA IMAGEN EN LARINGE

En estos cien años que han transcurrido desde el descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895, la laringe ha sido estudiada mediante diversas tecnologías, desde la radiología convencional hasta las imágenes por resonancia magnética. Estimamos oportuno revisar brevemente algunas de las diferentes modalidades de diagnóstico por la imagen, señalando sus indicaciones actuales en laringología.

Radiografía lateral simple

Durante el período en que estuvo disponible la xerografía, esta forma se destacó como procedimiento electivo de valoración radiológica de la laringe. En las figuras 1 y 2 se representa la anatomo-

mía radiográfica de la laringe y la definición que se obtenía de la patología intra y extracavitaria. En el momento actual la radiografía simple, aunque limitado, conserva su valor pues permite visualizar el hueso hioides, la epiglotis, los repliegues aritenopiglóticos y sobre todo el ventrículo, que al ser la rama más radiolúcida se destaca informándonos indirectamente sobre la situación de la vertiente inferior de la cuerda vocal y sus dimensiones. Los cartílagos tiroides y cricoides se aprecian en función del grado de calcificación. La



FIG. 1.—Xerorradiografía normal. Se aprecia el hueso hioides, los cartílagos tiroides, cricoides y aritenoides parcialmente osificados, así como los anillos traqueales.

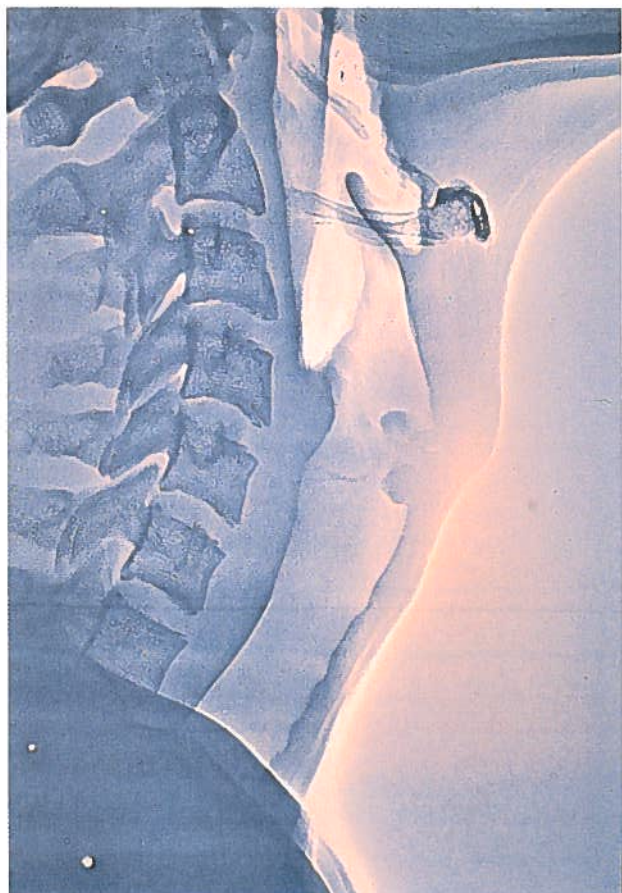


FIG. 2.—Xerorradiografía. Se observa una tumoración a nivel de comisura anterior.

figura 3 corresponde a una radiografía lateral de laringe realizada mediante bajo kilovoltaje. Aunque de forma menos definida que en la xerografía, se observa la configuración de la luz laríngea y la morfología y dimensión del ventrículo y la longitud de la porción membranosa de la cuerda vocal. La obtención de placas durante la emisión de frecuencias diferentes puede demostrar variaciones significativas en relación al comportamiento laríngeo.

En la clínica habitual su utilización es frecuente para la valoración de la epiglotis en los casos de laringitis disneizante. Cuando se realiza con kilovoltaje alto la radiografía lateral simple es útil en la identificación de cuerpos extraños y abscesos retrofaríngeos.

Tránsito faríngeo baritado

El tránsito faringoesofágico permite evaluar la hipofaringe y el esófago superior bajo control fluoroscópico tras la deglución de contraste baritado. Durante esta exploración se perfilan las va-



FIG. 3.—Radiografía lateral simple de cuello. Se aprecia el hueso hioides con su cuerpo y astas mayores y el perfil de la epiglotis. Los ventrículos laríngeos aparecen como un más área radiolúcida. Los cartílagos laríngeos apenas están calcificados, por lo que no resultan fácilmente identificables; sin embargo, se aprecia un cartílago triticeo que a veces se confunde con un cuerpo extraño.

lléculas y la epiglotis. En la visión anteroposterior, la laringe aparece como un defecto de repleción entre los senos piriformes. La exploración puede ser registrada en vídeo para ser visionada después con una velocidad de reproducción lenta. De este modo se puede estudiar el complejo mecanismo de la deglución y los movimientos laríngeos asociados (fig. 4). Está indicado en la valoración de las parálisis laríngeas y los trastornos neurológicos de origen central de la función laríngea. Su valor radica sobre la detección de asimetrías de volumen de los senos piriformes, aspiración y limitación en el ascenso y desplazamiento anterior de la laringe. Mediante su registro en vídeo y visualización a velocidad lenta o imagen por imagen informa sobre el comportamiento dinámico durante la deglución y los movimientos laríngeos asociados.

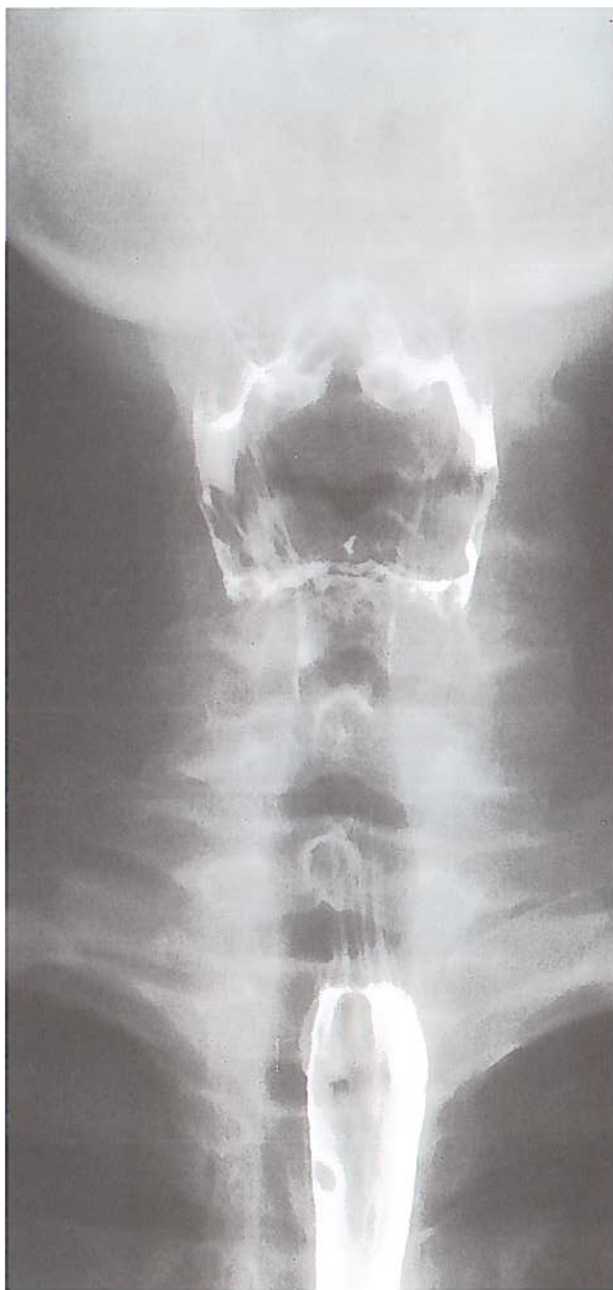


FIG. 4.—Tránsito faringoesofágico normal. Visión anteroposterior. Se observa el contraste perfilando las valléculas.

Tomografía lineal

La tomografía lineal posibilita la obtención de secciones coronales seriadas de la laringe sin la imagen superpuesta de la columna vertebral. Se aprecian las bandas ventriculares, los ventrículos, las cuerdas vocales, subglotis y tráquea. Las proyecciones parasagittales conseguidas mediante tomografía lineal no ofrecen ninguna ventaja sobre la radiografía lateral simple.

A pesar del pobre detalle anatómico que ofrece la



FIG. 5.—Tomografía laringea normal en fonación. Se aprecian los senos piriformes, las bandas ventriculares, los ventrículos, las cuerdas vocales. Los ventrículos están semicolapsados. Adviértase el ángulo subglótico normal de 110° .

tomografía lineal fue durante cincuenta años la técnica radiológica de elección para evaluar tumores laringeos. También se empleaba para valorar estenosis laringotraqueales y para estudiar la situación de las cuerdas vocales y su movilidad. El advenimiento de la tomografía computarizada no logró desbancar totalmente a la tomografía lineal, ya que a nivel laríngeo sólo se podían conseguir secciones axiales y las reconstrucciones coronales eran de mala calidad. Sin embargo, la llegada de la TC espiral y, sobre todo, de la resonancia magnética ha permitido la obtención de imágenes en el plano coronal relegando el interés de la tomografía lineal. Además, la RM evita el riesgo de la radiación, que es elevado con la tomografía lineal (figs. 5 y 6).

Tomografía computadorizada (TC)

En la década de los ochenta la TC se convirtió en el procedimiento de elección en diagnóstico por la imagen de laringe. Con la TC se realizan cortes



FIG. 6.—Tomografía laríngea. Paciente con parálisis recurrente de cuerda vocal izquierda tras traumatismo cervical. Se observa cómo la cuerda vocal izquierda está adelgazada, el ventrículo izquierdo distendido y cómo el ángulo subglótico se ha hecho más obtuso hasta casi borrarse.

axiales, a modo de «rodajas», de la laringe. Esto conlleva una enorme ventaja sobre la radiología convencional, ya que elimina la superposición de imágenes y muestra todas las estructuras laríngeas contenidas en cada plano. La TC es 100 veces más sensible que la radiología convencional a la hora detectar diferencias en la intensidad de radiación recibida. Aplicando un ordenador al sistema se puede conocer la densidad (coeficiente de atenuación) de una estructura o de parte de ella, con lo que se consigue más información de cara a emitir un juicio diagnóstico. Otra ventaja de la TC es la posibilidad de modificar las densidades radiológicas de los tejidos administrando contraste intravenoso. El comportamiento de una lesión tras la administración de contraste tiene valor semiológico.

La TC y la laringoscopia son exploraciones que se complementan mutuamente. La laringoscopia permite valorar la mucosa laríngea; la TC muestra una posible afectación en profundidad y el estado

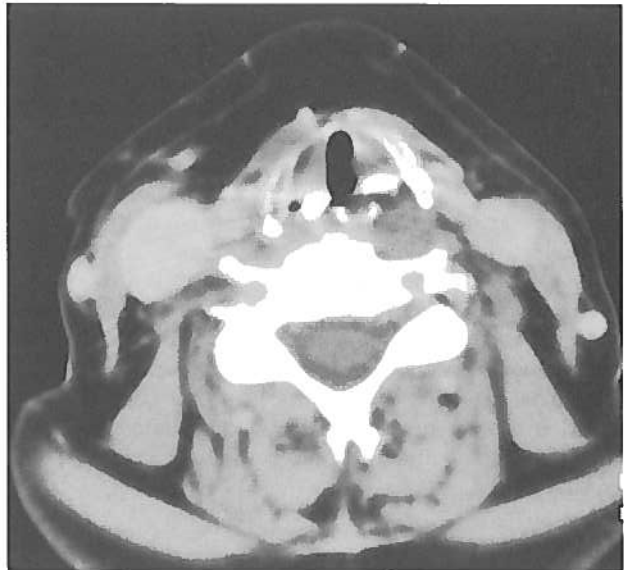


FIG. 7.—TAC laríngeo. Luxación aritenoides. Se observa una malposición del aritenoides izquierdo.

del marco laríngeo, delimitando la extensión de la lesión. La TC está indicada fundamentalmente ante traumatismos laríngeos, en el caso de laringoceles, cuando se sospecha un tumor cartilaginoso y en el estadiaje del cáncer de laringe (figs. 7 y 8).

TC espiral

Uno de los inconvenientes de la TC y, sobre todo, de la RM es que la calidad de las imágenes se encuentra influida negativamente por los artefactos generados por los movimientos del paciente. La TC espiral permite realizar un examen en menos de



FIG. 8.—TAC laríngeo. Fractura laríngea múltiple (el paciente porta sonda nasogástrica).

diez segundos de toda la laringe; mientras, el sujeto contiene la respiración y evita la deglución, eliminando así artefactos. Otra ventaja de la TC espiral sobre la TC convencional es la posibilidad de ofrecer reconstrucciones en diferentes planos del espacio e incluso imágenes tridimensionales de la laringe que se pueden rotar 360°. Estas representaciones tridimensionales pueden corresponder al esqueleto laríngeo o a la endolaringe, recordando en este caso las imágenes que se obtenían mediante laringografía. Las reconstrucciones tridimensionales parecen ser útiles para evaluar traumatismos laríngeos y precisar la extensión y localización de tumores. Todo esto se consigue con una calidad igual o mayor que la de la TC convencional, evitando además una radiación adicional para el paciente.

Resonancia magnética (RM)

Tanto en radiología convencional como en TC la imagen radiográfica se obtiene según las diferentes densidades que muestran los tejidos en función de la radiación absorbida, pudiendo modificarse con la administración de material de contraste. Las imágenes por resonancia magnética se consiguen gracias a la energía liberada por los núcleos de hidrógeno, durante un proceso de relajación, al ser estimulados mediante pulsos de radiofrecuencia cuando se encuentran sometidos a un campo magnético. Las imágenes de RM dependen de tres parámetros bioquímicos específicos de los tejidos: densidad protónica, tiempo de relajación longitudinal (T1) y tiempo de relajación trasversal (T2). Utilizando las secuencias de pulsos adecuadas las imágenes de RM pueden presentarse potenciadas (ponderadas) en uno de estos parámetros. Las secuencias spin-eco son las más utilizadas en la actualidad. El tiempo entre pulsos de excitación se denomina tiempo de repetición (TR) y el tiempo entre el primer pulso de excitación y la señal recibida se denomina tiempo de eco (TE). Variando en TR y el TE se consigue contrastar los tejidos.

En estudios de cabeza y cuello las imágenes obtenidas mediante secuencias spin-eco ponderadas en T1 poseen un tiempo de repetición entre 300-500 ms. y un tiempo de eco entre 15-30 ms. Las imágenes en densidad protónica se realizan con un TR largo de unos 2.000 ms., mientras que el TE sigue siendo corto. En imágenes ponderadas en T2 el TE se sitúa entre 2.000-4.000 ms., con un TE largo entre 70-90 ms. En la actualidad se están desarrollando nuevas secuencias con tiempos de adquisición de imágenes mucho más cortos que los de los sistemas convencionales, con los que se solucionan muchos artefactos ocasionados por movimientos del paciente.

En imágenes ponderadas en T1 la grasa muestra una señal hiperintensa debido a que tiene un T1 corto, por ello se visualiza como blanco brillante. El aire, el hueso cortical, el LCR y la orina aparecen en negro. La grasa también muestra una señal alta en imágenes ponderadas en densidad protónica. En imágenes ponderadas en T2 los líquidos orgánicos aparecen hiperintensos (blancos), el aire y el hueso cortical continúan apareciendo en negro por su baja densidad en núcleos de hidrógeno. En general las imágenes en T1 son las que ofrecen más información anatómica, mientras que las imágenes en T2 son más sensibles a los cambios patológicos.

La ventajas que la RM aporta sobre la TC son varias. En primer lugar su capacidad multiplanar permite obtener imágenes en diferentes planos del espacio que son de calidad muy superior a las reconstrucciones realizadas a partir de cortes axiales de TC. Las secciones coronales son útiles para valorar una posible afectación tumoral del ventrículo laríngeo, conocer la extensión de un tumor o determinar el calibre y longitud de una estenosis. Las imágenes sagitales resultan adecuadas para evaluar la comisura anterior. Por otra parte, la RM consigue una mejor definición de partes blandas, diferenciando bien tumor de músculo. También la RM resulta superior a la TC a la hora de detectar invasión tumoral del cartílago o extensión extralaringea. Finalmente, otra ventaja de la RM es que el paciente no se somete a los riesgos de la radiación.

PROTOCOLO DE EXPLORACION EN TC Y RM

Tomografía computadorizada

En primer lugar es necesario determinar la extensión del estudio que se va a realizar y determinar la orientación de los cortes axiales. Para ello se obtiene una imagen denominada topograma, que equivale a una radiografía lateral de cuello digitalizada. En el topograma se pueden trazar una serie de líneas para establecer la extensión de los cortes y su orientación. Los cortes habituales para estudio de la laringe se extienden desde el hueso hioides (o la punta de epiglotis) hasta los primeros anillos traqueales. No obstante, ante patología tumoral el estudio puede extenderse craneal o caudalmente para identificar adenopatías o delimitar mejor el tumor. La orientación ideal de los cortes es paralela a la superficie superior de las cuerdas vocales, atravesando el ventrículo laríngeo. Si es difícil visualizar el ventrículo en el topograma es preciso girar el gantry hasta conseguir un plano que pase por el disco intervertebral correspondiente o un plano perpendicular al eje de la columna vertebral a nivel de la laringe. Es importante seguir estas orientaciones

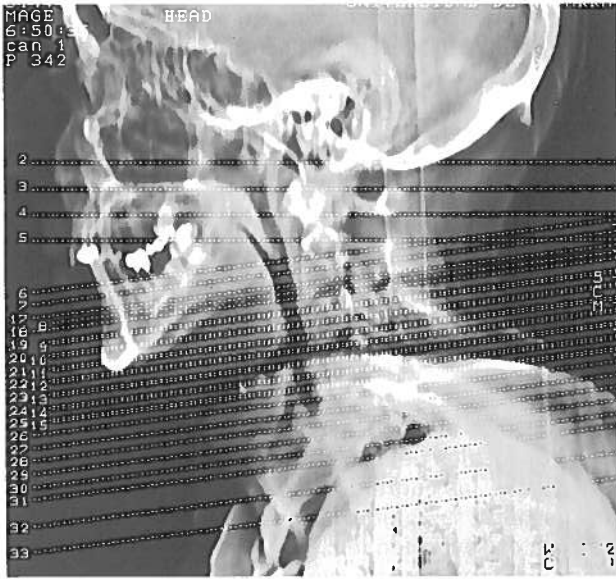


FIG. 9.—Topograma.

de los cortes para poder valorar de modo adecuado las cuerdas vocales en toda su longitud (fig. 9).

El espesor del corte tomográfico axial y la distancia entre cortes son dos parámetros que hay que fijar antes de comenzar cada serie. En general, para valoración de patología laríngea se emplean cortes contiguos de 3 ó 5 mm. de espesor. Sin embargo, cuando interesa estudiar de forma más precisa alguna región se emplean cortes contiguos de 1,5 ó 2 mm. de espesor, pudiendo conseguir una colimación de 1 mm. con los scanners de última genera-



FIG. 10.—TAC laríngeo (ventana habitual para partes blandas). Laringocele externo protruyendo a través de la membrana tirohioidea.

ción. Estas características varían en función del equipo disponible y de las preferencias del radiólogo.

Cuando se sospecha patología tumoral el estudio tomográfico suele realizarse con contraste yodado intravenoso. En general, los tumores se realzan con contraste. También el contraste contribuye a diferenciar los vasos sanguíneos de los ganglios linfáticos.

En TC de laringe se requiere una ventana apropiada tanto para partes blandas como para cartilago calcificado. Ello se consigue centrando la ventana en 40-80 UH y estableciendo una amplitud de 350-500 UH. Las imágenes grabadas y almacenadas en soporte informático pueden ser visualizadas en pantalla en cualquier momento, con la posibilidad de modificar los parámetros de ventana (*center* y *wide*) (figs. 10 y 11).

La exploración se realiza con el paciente en decúbito supino, respirando suavemente o bien conteniendo la respiración al realizar cada corte. Se han descrito diversas maniobras respiratorias que el paciente puede llevar a cabo durante el estudio. La mayoría de estas maniobras eran empleadas con anterioridad en tomografía lineal y laringografía, pero también pueden utilizarse en TC y RM. Así se puede solicitar al paciente que detenga su respiración durante el tiempo de adquisición del corte. Durante esta pausa de apnea las cuerdas vocales se aproximan a la línea media, permitiendo una mejor visualización del espacio paraglótico. Otro procedimiento consiste en pedir al paciente que respi-

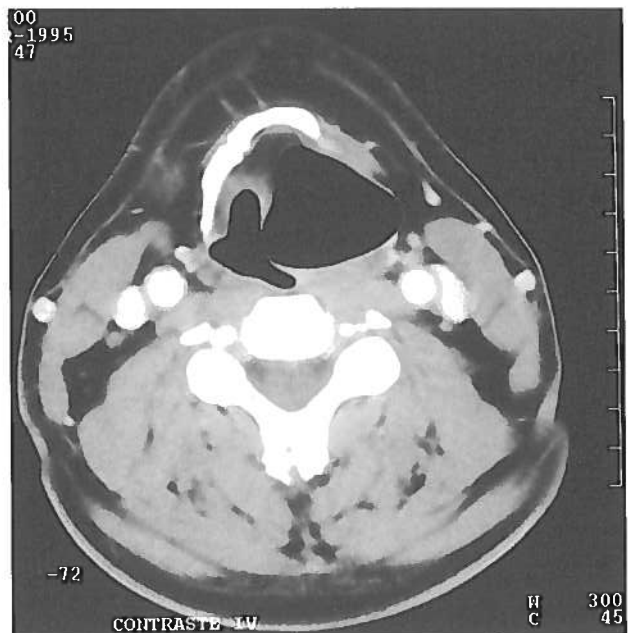
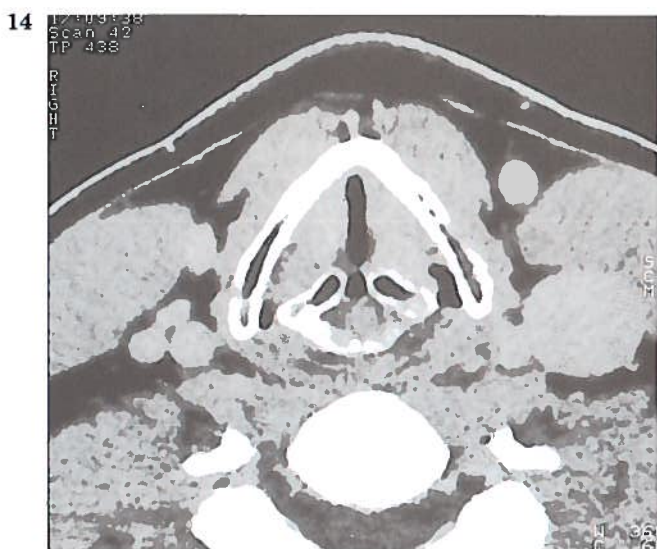


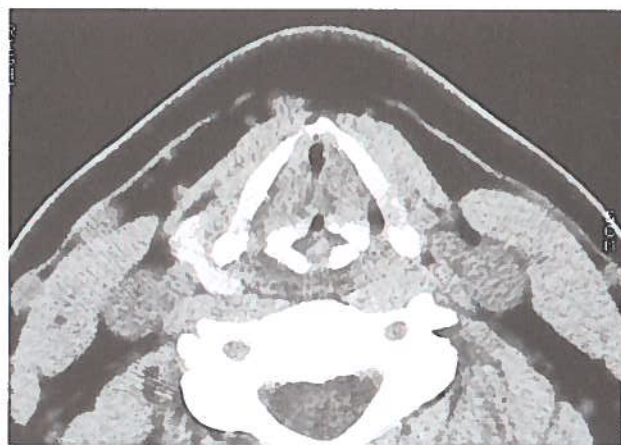
FIG. 11.—TAC laríngeo. Corresponde a la misma imagen de la figura anterior. Se han modificado los parámetros de ventana, incrementando la amplitud de la ventana (W) y descendiendo en centro (C) para visualizar mejor la cavidad aérea.



FIG. 12.—Sección a nivel supraglótico. Maniobra de Valsalva modificada. Se observa la distensión de los senos piriformes, lo que permite definir claramente los repliegues aritenopiglóticos.



re de modo tranquilo, con una respiración preferentemente abdominal, para disminuir los movimientos cervicales y mejorar la calidad de la imagen. Durante la respiración suave las cuerdas vocales se encuentran en abducción y los ventrículos pueden contener aire o estar colapsados. También las cuerdas vocales y las bandas ventriculares se abducen si se le pide al paciente que inspire lentamente durante la adquisición de cada imagen tomográfica. Tanto la comisura anterior como la posterior se valoran mejor con las cuerdas vocales en abducción. Sin embargo, durante la respiración suave se colapsan los senos piriformes y no se pueden valorar correctamente los repliegues aritenopiglóticos. Durante la fonación sostenida de la vocal /i/ las apófisis vocales de los aritenoides rotan hacia la línea media, las cuerdas vocales se adducen dejando una mínima luz glótica; los ventrículos y los senos piriformes se distienden. Las imágenes de TC obtenidas en fonación no permiten valorar correctamente las comisuras ni el borde libre de las cuerdas vocales; sin embargo, los repliegues aritenopiglóticos y el espacio paraglótico se visualizan. En el caso de realizar una fonación inversa los ventrículos se dilatarían de forma ostensible. Cuando el paciente realiza una maniobra de Valsalva (fig. 12) se aducen las cuerdas vocales y a veces también las bandas ventriculares. Si se realiza una maniobra de Valsalva modificada (hinchando los carrillos y soplando lentamente) se consigue dilatar los ventrículos laríngeos y expandir al máximo los senos piriformes. Como resumen podemos concluir que la exploración básica se realiza durante respiración suave, recurriendo a la fonación y/o la maniobra de Valsalva para valorar supraglotis, repliegues aritenopiglóticos, senos piriformes y espacio paraglótico (figs. 13, 14 y 15).



FIGS. 13, 14 y 15.—Distintas secciones a nivel glótico de un voluntario sano durante distintos momentos de la fonación. Se observa cómo las cuerdas vocales se sitúan en aducción y contactan en la línea media; las apófisis vocales de los aritenoides están rotadas medialmente.

Resonancia magnética

Para estudios de laringe mediante resonancia magnética es preferible emplear antenas receptoras de superficie para región anterior del cuello. Con antenas de superficie se consigue una relación señal-ruido mejor que con las antenas habituales. Se suelen realizar cortes axiales ponderados en T1, en densidad protónica y ponderados en T2. Además se realizan cortes sagitales y coronales en T1. Las secciones suelen ser de 3-5 mm. de espesor con un intervalo entre cortes de 0,5-1 mm. Los cortes axiales de RM se establecen paralelos a las cuerdas vocales como en la TC. La prueba se desarrolla mientras el paciente respira de forma tranquila. Para obtener imágenes durante fonación o apnea se precisan tiempos de adquisición de segundos en lugar de los minutos que requieren las secuencias spin-eco habituales. En los últimos años se trabaja para realizar estudios funcionales con imágenes dinámicas de RM mediante secuencias rápidas. La administración de contraste paramagnético (Gd-DTPA) puede resultar útil para estudiar la interfase tumor-músculo en secuencias spin-eco ponderadas en T1.

Anatomía radiológica

La correcta interpretación de una TC o RM de laringe requiere un profundo conocimiento anatómico. En otro capítulo de esta ponencia se aborda de modo exhaustivo la anatomía de la laringe; sin embargo, conviene realizar algunas consideraciones desde una perspectiva radiológica.

La apariencia radiológica de los cartílagos laríngeos es muy variable, dependiendo de la edad de cada paciente y siendo incluso asimétrica en un mismo sujeto. Con la edad la epiglotis, los vértices de los aritenoides y los cartílagos corniculados y cuneiformes experimentan una transformación de cartílagos hialinos a cartílagos elásticos. Sin embargo, el cartílago tiroides, cricoides, los tritíceos y la mayor parte de los aritenoides permanecen como cartílagos hialinos. También con la edad los cartílagos laríngeos se van osificando gradualmente. Los cartílagos elásticos muestran poca tendencia a calcificarse y casi nunca se osifican. Por el contrario, los cartílagos hialinos suelen osificarse con el tiempo. Es conveniente tener en cuenta que la calcificación no precede siempre a la osificación y no parece que estos dos procesos estén relacionados en los cartílagos hialinos de la laringe. La osificación suele comenzar hacia los dieciocho-veinte años en el cartílago tiroides, siguiendo después el cricoides y los aritenoides. El grado y la frecuencia de osificación de los cartílagos tiroides y cricoides es mayor en los hombres que en las mujeres; sin embargo, el grado y frecuencia de calcificación es mayor en las mujeres. En ambos sexos el proceso de osificación avanza con la edad.

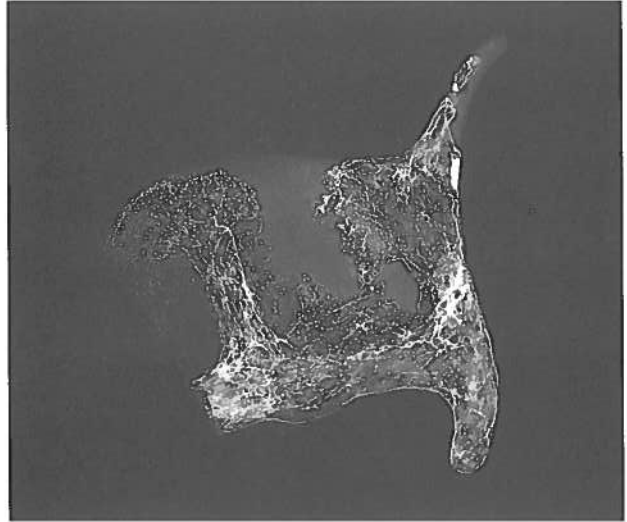


FIG. 16.—Ala tiroidea de cadáver parcialmente osificada y calcificada.

En lo que respecta a la calcificación ésta aumenta sólo ligeramente con la edad en la mujer, mientras que en el hombre disminuye, probablemente porque parte del cartílago calcificado se va osificando. Al osificarse los cartílagos laríngeos muestran, como los huesos, una cavidad medular delimitada por una cortical externa y otra interna. Al igual que el cartílago es reemplazado por hueso; también la médula ósea hematopoyética va siendo progresivamente sustituida por tejido graso (fig. 16).

En la TC el cartílago calcificado y osificado tienen densidad hueso, comparable a la de los cuerpos vertebrales apreciables en el mismo corte, mientras que la grasa medular aparece muy hipodensa. Con frecuencia coexisten estas dos densidades debido a lo irregular del proceso de osificación. En la RM el cartílago no osificado muestra una señal intermedia similar a la de las partes blandas, tanto en secuencias ponderadas en T1 como en T2. Conforme el cartílago se osifica y aparece grasa en la cavidad medular se van apreciando focos de señal hiperintensa en secuencias ponderadas en T1. Esto proporciona un aspecto heterogéneo a los cartílagos laríngeos. Cuando toda la medular es ocupada por grasa la señal hiperintensa en imágenes ponderadas en T1 es más evidente, apreciándose una ausencia de señal en la cortical y en áreas bien calcificadas.

En cortes axiales el borde libre de la epiglotis aparece como un arco de convexidad anterior suspendido entre las valléculas y el vestíbulo laríngeo por los repliegues glosopiglotícos medio y laterales. El cartílago epiglótico no suele calcificarse. En imágenes de RM la epiglotis muestra una señal intermedia en secuencias ponderadas en T1.

Los cartílagos aritenoides son los cartílagos laríngeos más calcificados, sobre todo en la mujer,

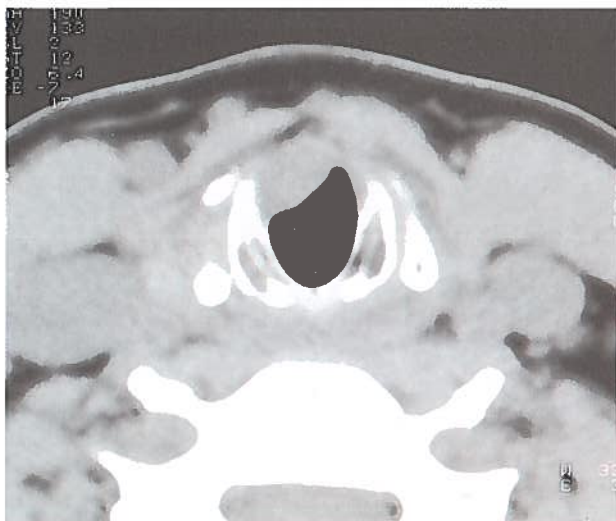


FIG. 17.—TAC laríngeo. Paraganglioma subglótico. Se observa una ocupación parcial de la luz cricoidea.

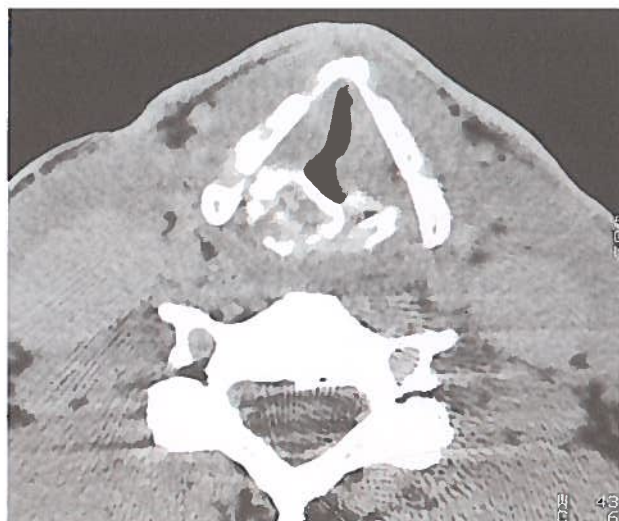


FIG. 18.—TAC laríngeo. Condrosarcoma laríngeo. A nivel de la articulación cricoaritenoides derecha se observa una desestructuración con un patrón de calcificaciones grumosas propio de los tumores cartilaginosos.

apareciendo en TC muy hiperdensos. El proceso de osificación de los aritenoides suele comenzar en sus bases, siguiendo después un patrón variable, ya que en unos casos conduce a una osificación homogénea, mientras que en otros la apariencia es más heterogénea, coexistiendo áreas de hueso con otras de cartilago hialino tanto calcificado como sin calcificar. En la RM los aritenoides muestran una señal hiperintensa por la grasa de la cavidad medular. Tanto en TC como en RM es difícil delimitar los cartílagos corniculados; los cartílagos cuneiformes no suelen visualizarse.

En general, el cartilago tiroideo se osifica a partir de la segunda o tercera década de la vida. Su grado de osificación es muy variable de unos sujetos a otros, aun siendo de la misma edad. La TC suele mostrar una mayor osificación en el tercio posterior de las alas del tiroideo, cerca de la escotadura y en los cuernos inferiores. La dificultad para valorar en la TC la infiltración o destrucción tumoral del cartilago radica tanto en lo irregular del proceso de osificación como en artefactos generados por efecto de volumen parcial. Las alas tiroideas se reconocen en la RM por la señal hiperintensa que ofrece la grasa de la cavidad medular en secuencias ponderadas en T1. Cuando el pericondrio se calcifica formándose hueso cortical, la señal cambia de intensidad intermedia a baja o ausente. La musculatura prelaríngea se sitúa sobre la cara externa de las alas tiroideas. Las membranas tirohioidea y cricotiroidea no suelen delimitarse con claridad ni en TC ni en RM.

El cartilago cricoideo comienza a osificarse en la adolescencia, avanzando el proceso desde la lámina hacia el arco. En la TC se observa bien la calcificación de la cortical del cricoideo, rodeando una

medular hipodensa. Cuando la grasa ocupa esta cavidad medular las imágenes de RM ponderadas en T1 muestran una señal hiperintensa. La mucosa subglótica está firmemente adherida al pericondrio interno del cartilago cricoideo, por lo que no deben visualizarse partes blandas en la luz del cricoideo; cualquier hallazgo a este nivel es patológico. En los cortes axiales la tráquea se reconoce por la forma de «U» invertida de sus anillos, con una pequeña indentación posterior (figs. 17 y 18).

El espacio preepiglótico se identifica fácilmente por su abundancia en tejido graso, que le confiere una densidad baja en TC. Suele apreciarse como el repliegue glosopiglótico y el ligamento hioepiglótico atraviesan la grasa. En RM el espacio preepiglótico muestra una señal hiperintensa en secuencias ponderadas en T1. En contigüidad con el espacio preepiglótico se halla el espacio paraglótico, igualmente rico en grasa y también hipodenso en TC e hiperintenso en imágenes de RM ponderadas en T1. En secciones axiales el espacio paraglótico aparece como una fina banda entre el cartilago tiroideo y el músculo vocal. Con frecuencia a nivel de las cuerdas vocales es difícil apreciar la grasa paraglótica, teniendo que recurrir a la maniobra de Valsalva o a la fonación. En cortes más craneales el espacio paraglótico se ensancha y se aprecia mucho mejor.

Las bandas ventriculares están constituidas principalmente por tejido graso, mientras que las cuerdas vocales se forman a expensas del músculo tiroaritenoides. Esta diferente composición histológica hace que estas estructuras sean fácilmente reconocibles en la TC y la RM. Las bandas ventriculares muestran en la TC una densidad grasa y en la RM una señal hiperintensa en T1; las cuerdas

vocales tienen densidad músculo en TC. Entre las bandas ventriculares y las cuerdas vocales se sitúan los ventrículos laríngeos, que suelen encontrarse parcialmente colapsados. Los ventrículos no se identifican fácilmente en los cortes axiales; su localización en TC y RM corresponde a la transición entre la grasa de las bandas y el músculo de las cuerdas. Los ventrículos se visualizan mejor en los cortes coronales de RM.

Las cuerdas vocales se identifican en TC y RM por la presencia al mismo nivel de las apófisis vocales de los aritenoides. Cuando es difícil delimitar las apófisis vocales, las cuerdas vocales se reconocen porque a ese nivel los aritenoides y la lámina posterior del cricoides se sitúan en el mismo corte axial. Si sólo se visualizan los aritenoides el plano axial corresponde a las bandas ventriculares.

Los repliegues aritenoepiglóticos separan el vestíbulo laríngeo de los senos piriformes. Durante la respiración tranquila los senos piriformes suelen estar colapsados, por lo que es difícil evaluar los repliegues aritenoepiglóticos. Sin embargo, si el paciente realiza la maniobra de Valsalva los repliegues aritenoepiglóticos se desplazan medialmente obliterando el vestíbulo laríngeo, al tiempo que se expanden los senos piriformes. De este modo es posible valorar estas estructuras de modo adecuado. Los repliegues aritenoepiglóticos muestran valores de atenuación intermedios en TC y una señal de intensidad intermedia en RM.

La faringe, con su luz colapsada, se encuentra posterior a la lámina cricoidea. A este nivel la faringe está constituida principalmente por el músculo constrictor inferior, que se inserta en los cartílagos tiroides y cricoides. A partir del borde inferior del cricoides se aprecia cómo la faringe cambia su apariencia aplanada por otra redondeada. Esta zona de transición corresponde al esfínter cricofaríngeo que da paso al esófago.

Las imágenes sagitales de RM revelan claramente el perfil de la epiglotis, las valléculas, la base de la lengua y la comisura anterior. El espacio preepiglótico aparece bien delimitado en cortes sagitales, destacando en secuencias ponderadas en T1 por su alto contenido en tejido graso. También los aritenoides y las articulaciones cricoaritenoides se evalúan de modo satisfactorio mediante cortes parasagitales.

Las secciones coronales resultan adecuadas para evaluar las relaciones entre bandas ventriculares, ventrículos y cuerdas vocales, así como el espacio paraglótico. En imágenes coronales ponderadas en T1 se aprecia una señal de intensidad alta a nivel de las bandas ventriculares, que se correlaciona con su contenido en tejido graso. A nivel de las cuerdas vocales se observa una señal de intensidad baja-intermedia que corresponde a los músculos ti-

roaritenoides internos. Entre ambas estructuras se distinguen los ventrículos. Estas secciones coronales muestran bien el espacio paraglótico en continuidad con el preepiglótico.

APLICACIONES CLÍNICAS EN PATOLOGÍA VOCAL

Parálisis larígeas

En pacientes con parálisis recurrente los estudios de tomografía lineal, TC y RM suelen mostrar una cuerda vocal inmóvil, que permanece en posición paramediana tanto en inspiración como en fonación. La apófisis vocal de la cuerda paralizada se dispone de modo asimétrico respecto a del lado indemne, y no se desplaza medialmente en movimientos de adducción o lateralmente durante la abducción. La cuerda vocal aparece adelgazada, incurvada en cortes axiales y afilada en proyecciones coronales, como manifestación del proceso de atrofia muscular. También en secciones coronales se observa una rectificación del ángulo subglótico normal de 110° , que aparece borrado. En la TC la atrofia se refleja en la disminución de los valores de atenuación del músculo vocal afecto comparados con los del lado sano. La RM puede mostrar en estos casos un reemplazamiento de fibras musculares por tejido graso. El ventrículo laríngeo aparece dilatado, al igual que el seno piriforme y la vallécula ipsilateral (fig. 19).

Es obvio que no es preciso recurrir a la radiología para hacer un diagnóstico de parálisis larígeas,



FIG. 19.—TAC laríngeo. Paciente afecto de parálisis de cuerda vocal izquierda. Se aprecia el defecto de cierre glótico durante la fonación.

ya que la exploración mediante laringoscopia indirecta suele mostrar de forma clara los signos de parálisis laríngea. No obstante, pensamos que las técnicas de diagnóstico por la imagen pueden tener tres indicaciones en este tipo de trastornos.

En primer lugar, la radiología es útil para evaluar las parálisis idiopáticas tratando de establecer un diagnóstico etiológico. Así, cuando nos enfrentamos ante una parálisis recurrente de causa desconocida de menos de un año de evolución, y después de haber completado una exploración cuidadosa sin evidenciar otros hallazgos más que una cuerda inmóvil, es necesario estudiar el trayecto del nervio vago. En las parálisis periféricas es oportuno realizar una TC o una RM desde base de cráneo hasta mediastino. Se debe prestar especial atención al agujero yugular, el espacio parafaríngeo, el esófago y surcos traqueoesofágicos, la glándula tiroides y el mediastino en la búsqueda de masas que puedan comprimir el nervio vago o el nervio recurrente. También se aconseja realizar una radiografía simple de tórax, un tránsito faringo-esofágico y una gammagrafía tiroidea para evaluar el mediastino, el esófago y la glándula tiroides, respectivamente. Sin embargo, pensamos que con una TC o una RM evaluamos no sólo todas estas estructuras, sino también la base del cráneo y el espacio parafaríngeo. Cada vez con más frecuencia se encuentran procesos neoplásicos que involucran al nervio recurrente en el mediastino, sobre todo en el lado izquierdo al ser mayor su trayecto en este lado. Cuando los síntomas recogidos en la anamnesis o los hallazgos apreciados en la exploración física hagan sospechar una parálisis central, los estudios de imagen habrán de extenderse hasta incluir estructuras intracraneales.

La segunda indicación de los estudios de imagen en parálisis laríngeas es contribuir al diagnóstico diferencial de cuerda inmóvil entre parálisis y fijación. La parálisis obedece siempre a un trastorno neurológico, mientras que la fijación de la articulación cricoaritenoides es ocasionada por otras causas. En principio para diferenciar entre parálisis y fijación hay que recurrir a la palpación del aritenoides bajo anestesia general, tratando de desplazarlo lateralmente con la punta del aspirador. No obstante, la radiología puede resultar muy valiosa a la hora de resolver este dilema. Así, la TC puede mostrar signos de artropatía cricoaritenoides en

pacientes con artritis reumatoide o gota. En estos casos se puede observar a nivel de la articulación cricoaritenoides un aumento de densidad, una erosión del cartílago, una subluxación, un aumento de partes blandas o una asimetría de la glotis por anquilosis del aritenoides.

Por último queremos reseñar una indicación reciente de la RM en pacientes con parálisis laríngea sometidos a cirugía de medialización. En aquellos pacientes en los que los resultados de estas técnicas de fonocirugía no han sido satisfactorios la RM permite apreciar el material inyectado en la cuerda o la prótesis de tiroplastia y evaluar su efecto. Estas imágenes son útiles para planificar una nueva intervención, ya que aportan datos para el diseño de la prótesis más adecuada o la localización de la ventana en el cartílago tiroideos.

LECTURAS RECOMENDADAS

- CURTIN, H. D.: «Imaging of the larynx: Current concepts». *AJR*, 1989; 173: 1-11.
- CURTIN, H. D.: «Larynx». En: Som, P. M., y Curtin, H. D., editores. *Head and neck imaging*. San Luis: Mosby-Year Book, 1996; 612-707.
- FORD, C. N.; UNGER, J. M.; ZUNDEL, R. S., y BLESS, D. M.: «Magnetic resonance imaging assessment of vocal fold medialization surgery». *Laryngoscope*, 1995; 105: 498-504.
- GAMSU, G.: «The larynx and piriform sinuses». En: Moss, A. A.; Gamsu, A., y Genant, H. K., editores. *Computer tomography of the body with magnetic resonance imaging*. Filadelfia: WB Saunders, 1992; 343-394.
- GAREL, C.; HASSAN, M.; LEGRAND, I.; ELMALLEHL I., y NARCY, Ph.: «Laryngeal ultrasonography in infants and children». *Pediatr. Radiol.*, 1991; 21: 164-167.
- HANAFEE, W. N.: «Hypopharynx and larynx». En: Valvassori, G. E., et al. *Head and neck imaging*. Nueva York: Thieme Medical Publishers, 1988; 311-338.
- JURIK, A. G.: «Ossification and calcification of the laryngeal skeleton». *Acta Radiol. Diagn.*, 1984; 25: 17-22.
- NOYEK, A. M.; FLISS, D. M., y SHULMAN, H. S.: «Diagnostic imaging of the larynx». En: Tucker, H. M., editor. *The larynx*. Nueva York: Thieme Medical Publishers, 1993; 81-134.
- SILVERMAN, P. M.; ZEIBERG, A. S.; SESSIONS, R. B.; TROOST, T. R., y ZEMAN, R. K.: «Three-dimensional imaging of the hypopharynx and larynx by means of helical (spiral) computed tomography». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104: 425-431.
- SUOJANEN, J. N.; MUKHERJI, S. K., y WIPPOLD, F. J.: «Spiral CT of the larynx». *Am. J. Neuroradiol.*, 1994; 15: 1579-1582.

PATOLOGIA DE LA VOZ

Aspectos generales de la voz

C. A. JACKSON-MENALDI

CONCEPTO DE VOZ NORMAL

La voz es la carta de identidad de una persona, por ello se la considera un rasgo sexual secundario. La connotación sexual de la voz es importante, pues explica la atracción o rechazo de una persona. La voz es una expresión de las emociones. La voz es producida por un mecanismo complejo y varía de acuerdo a cada individuo. No pensamos mucho en nuestra voz hasta que un problema la ataca. La voz es un elemento básico de comunicación y característico de la personalidad. No hay dos voces idénticas. Cuando la voz se deteriora la personalidad sufre.

«No existen enfermedades, sino enfermos», palabras muy respetadas en círculos médicos que reflejan la necesidad de observar a la persona además de su patología. Pacientes con problemas vocales, sean orgánicos o funcionales, tienden a desarrollar desequilibrios emocionales como consecuencia del problema vocal. Con frecuencia observamos que se presentan pacientes con problemas disfónicos que pueden estar relacionados con problemas de estrés.

El estrés es un conjunto de perturbaciones fisiológicas y metabólicas producidas en el organismo como consecuencia de distintos o variados agentes agresores en un cierto período de tiempo. El estrés ocurre cuando el organismo falla en su mecanismo de adaptación a estímulos de origen interno o externo. En sí mismo el estrés no es una enfermedad, pero perturba los mecanismos de defensas psicológicos, responsable de ciertas enfermedades como hipertensión, úlceras, etc. (GUEVARA y JACKSON-MENALDI, 1992).

Los casos más comunes que se encuentran en la práctica de foniatría son aquellos relacionados con la angustia, depresión, fobia y manifestaciones psicósomáticas. La ansiedad o miedos sin bases en la realidad, ya sea de carácter agudo o crónico, de intensidad moderada a extremos de ataques catastróficos pueden llevar al individuo a la reclusión total, a depresiones severas y hasta el suicidio. La depresión es uno de los problemas emocionales más comunes, cualquier persona puede ser afectada independientemente de la edad, sexo, nivel social o económico.

Se diagnostica la depresión cuando los síntomas son de tal intensidad que interfieren con la vida

normal. A veces se presenta con período de extrema euforia o depresión; estos cuadros se conocen como un estado maniaco-depresivo. Estados depresivos se encuentran con mucha frecuencia en pacientes con problemas vocales.

Existe también una completa ruptura con la realidad y se la describe como un cuadro psicótico (esquizofrenias, manías, profundas depresiones, paranoias, delirios, etc.). Los pacientes psicóticos no son tratados por fonoaudiólogos/logopedas u otorrinolaringólogos.

En resumen, es indispensable que el otorrinolaringólogo y el logopeda conozcan los principios de psicología básica para el diagnóstico y la terapia de los problemas vocales. Con gran frecuencia los pacientes con problemas de voz se presentan con un gran desequilibrio emocional. Está en la habilidad del fonoaudiólogo/logopeda detectar y reconocer estos problemas emocionales y recomendar la debida atención profesional para el tratamiento de ellos.

EVOLUCION DE LA VOZ NORMAL

La laringe es un órgano cuyas características varían con el sexo y su maduración es paralela a la del diencefalo. La estructura laríngea y las características de la voz son un fiel reflejo de la edad del individuo, del sexo y del estado de salud. Esta maduración se prolonga a lo largo de los distintos períodos vitales, determinando así modificaciones estructurales y fónicas notables.

Períodos de evolución y características fónicas de cada período

De acuerdo a la clasificación hecha por SCHRAGER (1966) las características fónicas se dividen en:

1. *Neonatal* (nacimiento hasta los treinta-cuarenta días de vida). Las modificaciones fónicas (llanto y grito) se caracterizan por altas frecuencias. El ataque del sonido es brusco; de fuerte intensidad y modulación muy reducida: 784 Hz. SOL₄ (G₄); el grito puede llegar hasta el 1.318 Hz. MI₅ (E₅).

2. *Primera infancia* (primer mes de vida hasta los seis años). Alrededor del primer mes de vida comienza a modificarse la voz. El ataque se hace menos brusco, coincidiendo con la instalación paulatina de la capacidad funcional hormonal propia del niño. A los dieciocho meses aparece la modulación vocal 523-784 Hz. DO₄-SOL₄ (C₄-G₄).

3. *Segunda infancia* (seis años hasta la iniciación de la pubertad). En esta etapa predomina la acción de la somatotrofina y de la tiroxina, las variaciones vocales llegan hasta una octava y media de extensión.

4. *Pubertad*. En este período se establecen las características de diferenciación sexual secundaria, siendo más notable en el varón que en la niña. Esta etapa se caracteriza por la acción de la estimulación hormonal hipofisaria que determina una intensa activación de las gónadas. Estas comienzan a elaborar los esteroides sexuales que condicionan las características morfológicas secundarias propias de cada sexo y sus capacidades funcionales definitivas.

La mutación vocal se produce en el varón entre los trece y catorce años, y en la mujer entre los catorce y quince años en los climas cálidos. Al cumplirse el descenso laríngeo se hace notable la disminución de las frecuencias de los sonidos producidos. La pérdida de los armónicos de las resonancias de cabeza y faciales decrecen y pasan a predominar la resonancia pectoral.

La muda fisiológica de la voz se caracteriza por signos evidentes, cuyas dualidades fónicas dominan el cuadro. Es una voz que pasa del grave al agudo, produciendo los llamados «gallos»; hay disminución de la intensidad de la voz y a veces se instalan disfonías francas y/o fonastenias. Estos cambios se llaman puberfonías y ocurren entre los once y dieciséis años normalmente.

En la mujer la laringe se desarrolla en altura sin alargamiento transversal y sagital, desarrollo tan importante en el hombre. En las observaciones laríngeas puede encontrarse hiperemia o congestión de las cuerdas vocales. La glotis asume una típica forma oval durante la fonación y en algunos casos la mitad posterior de la glotis puede cerrarse en forma incompleta. La voz del varón en esta etapa se distingue por ser diplofónica, áspera y soplada.

5. *Estabilización* (joven-adulto). En esta etapa la voz es estable y tiene las características propias de cada sexo (tabla I).

6. *Senectud* (menopausia-vejez). La sensibilidad vocal es más precoz en la mujer que en el hombre y se presenta más marcado en la voz cantada que en la hablada (sesenta-setenta años). Se produce una pérdida de los agudos, disminución de la extensión, pérdida de potencia y disminución de los

TABLA I: CLASIFICACION DE VOCES

Hombres

- *Bajo*: Fo = 98-110 Hz.
 - Extensión: C1-F3 (Do1-Fa3) (65-349 Hz.).
 - Tesitura: A1-G2 (La1-Sol2) (110-196 Hz.).
- *Barítono*: Fo = 117-133 Hz.
 - Extensión: E1-A3 (Mi1-La3) (83-440 Hz.).
 - Tesitura: D2-C3 (Re2-Do3) (147-262 Hz.).
- *Tenor*: Fo = 147-165 Hz.
 - Extensión: G1-C4 (Sol1-Do4) (98-523 Hz.).
 - Tesitura: F2-E3 (Fa2-Mi3) (174-330 Hz.).

Mujeres

- *Contralto*: Fo = 196-220 Hz.
 - Extensión: C2-G4 (Do2-Sol4) (131-784 Hz.).
 - Tesitura: C3-B3 (Do3-Si3) (262-494 Hz.).
- *Mezzo*: Fo = 210-226 Hz.
 - Extensión: E2-A4 (Mi2-La4) (165-880 Hz.).
 - Tesitura: D3-C4 (Mi3-Do4) (294-523 Hz.).
- *Soprano*: Fo = 244-262 Hz.
 - Extensión: G2-E5 (Sol2-Mi5) (196-1.175 Hz.).
 - Tesitura: G3-F4 (Sol3-Fa4) (392-698 Hz.).

armónicos. Este proceso se traduce al nivel laríngeo como pérdida de la tonicidad cordal. En la mujer, durante la menopausia, la disminución de los estrógenos y el aumento de los andrógenos determinan una agravación del tono de la voz. Estos trastornos son llamados gerifonías para evitar una pérdida auditiva (PAUL, 1996).

CLASIFICACION DE LAS VOCES

La clasificación vocal tiene como objetivo orientar al cantante y guiarlo en la elección del repertorio de acuerdo a sus posibilidades anatomofisiológicas. Además, la clasificación de voz ayuda al logopeda a encontrar el rango de posibilidades de encontrar la frecuencia fundamental de la voz hablada que le corresponde a cada individuo ya sea hombre o mujer. Actualmente no existe un método científico riguroso que permita realizar una clasificación definitiva. Por ello el logopeda especializado en voz dispone de una cantidad de criterios que no deben ser utilizados en forma aislada. Lo ideal es tener un equipo interdisciplinario formado por un otorrinolaringólogo, un logopeda y un profesor de canto.

Existe una fuerte relación entre la frecuencia fundamental de la voz hablada y la clasificación vo-

cal musical (JACKSON-MENALDI, 1995). Durante el habla la frecuencia fundamental de la voz está en constante variación. La Fo de la voz es el nivel óptimo en el cual la voz produce una frecuencia confortable sin la menor tensión laríngea y sin esfuerzo. Es importante recordar las diferencias que existen en cada una de las terminologías usadas en nuestro medio. El registro es una conducta vocal que va desde el falsete al *glotal fry* (tono agudo al grave). JACKSON, ARAUZ y NAIDICH (1986) concluyeron que existen dos registros: registro grave o modal, que coinciden con HIRANO (1983) y HOLLIEN (1974), y registro agudo o falsetto. El llamado registro medio no depende de un cuadro en el comportamiento de las cuerdas vocales, sino de una modificación o acomodación de la cavidad bucofaríngea. El corte de un registro a otro se llama pasaje.

En un plano más subjetivo se puede asociar la frecuencia fundamental de la voz con el nivel óptimo de la altura (NOA) *optimum pitch level*. El NOA es el nivel en el cual la voz opera en forma eficiente sin esfuerzo (RUBIN, 1989). Generalmente, el NOA debe ser el mismo de la altura habitual. La altura habitual es la frecuencia usada en el acto del habla espontánea.

Extensión de la voz hablada

HIRANO (1981) hace la distinción entre la extensión de la voz desde el punto de vista fisiológico y musical. La extensión musical es más importante para el análisis de la voz cantante.

Actualmente hay una cantidad de aparatos que pueden dar el análisis de las frecuencias, ya sea de voz hablada como cantada. Los valores normales dependen de las cualidades del individuo, pero sí se puede afirmar que tanto en el hombre como en la mujer pueden variar de dos a tres octavas. BÖHME y HECKER (1970) los dividen en tres fases: a) cambios de la extensión hasta el cambio de la voz en adolescencia; b) estables desde la adolescencia hasta los sesenta años, y c) progresivo declive después de los sesenta años. En diversos trabajos se observa una disminución de la extensión vocal en diversas patologías vocales.

La extensión de la voz es el ámbito que la voz puede cubrir desde la nota más grave a la más aguda. Esta extensión es de aproximadamente dos octavas y en casos excepcionales puede darse de cuatro octavas con el cambio de registros (tabla I).

Las voces se clasifican en soprano, mezzo, contralto, tenor, barítono y bajo. La voz de mezzo-soprano es la más común entre las personas del sexo femenino; en los hombres la de barítono es la más usual, es decir, que la voz de altura media es la más frecuente en uno y otro sexo. Durante el último cuarto del siglo XIX y en los primeros años de

este siglo se observa una disminución marcada en el número de voces de bajo y de contralto propiamente dicha. Asimismo, la voz de tenor es escasa. Debe tenerse presente que la clasificación de las voces no se funda solamente en su extensión, pues también el timbre es un factor determinante.

Tesitura

La tesitura es el conjunto de notas que una persona puede emitir en forma confortable. Al principio en los estudios de canto, la tesitura puede ser relativamente corta, pues la extensión de la misma va a depender de la calidad del mecanismo vocal utilizado y puede evolucionar en forma considerable. La clasificación de las voces necesita ser reconsiderada a través de los años (JACKSON, 1981). Hay periodos importantes de cambios vocales en la infancia, pubertad y madurez.

TITZE (1993) afirma que el cambio vocal está dado por los cambios de la morfología de los tejidos, incrementación del tamaño de las cuerdas vocales, ligamentos y músculos. KENT (1976) e HIRANO (1981) demuestran que la frecuencia fundamental media de la voz es una función de cambio de la membrana de la laringe. El cambio vocal obvio ocurre en la adolescencia, en la pubertad (JACKSON, 1976, 1982). En condiciones normales la voz es estable desde los veinte y los sesenta años (BROWN, 1991). El cambio de edad afecta los tejidos por atrofia, distrofia y edema (SEGRE, 1971).

Es importante recordar que la Fo de la voz hablada está en constante variación (JACKSON, 1995). El fonoaudiólogo/logopeda y otorrinolaringólogo deben estar familiarizados con la diferente terminología, entrenamiento auditivo y conocimiento de la clasificación vocal. La extensión fisiológica (HIRANO, 1982) está reflejada en los extremos bajos de la extensión vocal. Voces sin entrenamiento reflejan disminución de la extensión vocal y por ello no quiere decir que tengan una patología vocal. Sin embargo, una voz patológica puede tener una disminución de la extensión en el grave o el agudo. Por ello es importante hacer una clasificación vocal teniendo en cuenta los resultados de diferentes aspectos de la voz (videolaringoscopia con luz estroboscópica, análisis acústicos, análisis perceptual, historia clínica, análisis musical, personalidad, diferencias fisiológicas, sociales y role profesional).

FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE LA VOZ HABLADA. VALORES NORMALES

Como se puede observar la frecuencia fundamental de la voz en el ser humano va descendiendo con

la edad. Es interesante puntualizar que la frecuencia fundamental en el adulto, hombre o mujer, desciende a través de los años, aunque en el hombre asciende en su última etapa, contrariamente con lo que ocurre en la mujer.

HOLLIEN y SHIPP (1972) demuestran que este cambio de la F_0 asciende en las mujeres (veintecincuenta años), desciende en las mujeres (más de cincuenta años), desciende en los hombres (veintecincuenta años), asciende en los hombres (más de cincuenta años).

La frecuencia fundamental (F_0) de un sonido vocálico es el resultado de la vibración de las cuerdas vocales. La F_0 se modifica con las vocales porque sufre variaciones según la posición de los sonidos con respecto al acento y dentro del contorno de la entonación. Cada individuo presenta un F_0 propio, por la cual las vocales en iguales condiciones deberían presentar un F_0 semejante. Sin embargo, se ha observado (PETERSON, 1961; LEHISTE y PETERSON, 1961; LEHISTE, 1970; BLACK, 1949; MOHR, 1971) que las cuerdas tienden a tener frecuencias fundamentales que son en promedio características e intrínsecas a la vocal misma. Las vocales de tipo i-u tienen una F_0 mayor que los de tipo æ, a. La diferencia va desde 4 a 25 Hz. Todo esto es motivo de discusión y estudio. La F_0 varía continuamente según los patrones de entonación y acento. Los rangos de variación son de una a dos octavas. Los valores más frecuentes son de 125 Hz. para una voz masculina, 250 para una voz femenina y de 350 en los niños.

La frecuencia fundamental de la voz hablada en la conversación espontánea oscila alrededor de una frecuencia fundamental media. En otros tipos de actividad vocal de la voz hablada (lectura, voz proyectada, grito, etc.) la frecuencia fundamental media es diferente y generalmente es más elevada (tabla I).

La frecuencia del sonido laríngeo varía continuamente en el transcurso de la voz hablada. Estos cambios son conocidos como la melodía o la entonación de la voz hablada. Ejemplos clásicos de estos cambios los podemos encontrar en muchas lenguas, como las de Oriente o Africa. Asimismo es importante destacar que esta modificación de la frecuencia depende de los estados psicoafectivos del individuo.

CUALIDADES DE LA VOZ

Para describir las características de una voz se utilizan parámetros físicos del sonido, tales como frecuencia, presión, intensidad, composición espectral. Desde el punto de vista psicológico se lo llama altura tonal *pitch*, sonoridad *loudness* y timbre *quality*. Es necesario tener presente que la intensidad del estímulo físico no guarda una relación lineal con la intensidad de la sensación correlativa, o sea,

una doble frecuencia no origina una doble altura tonal.

La calidad de la voz está relacionada con la distribución acústica de energía en el espectro. La calidad de la voz es uno de los parámetros más difíciles de analizar probablemente debido al vocabulario tan diverso en el campo foniatrico y las variaciones de calidad vocal. CORNUT (1981) dice que el timbre de la voz que se analiza a la salida de la boca es el resultante de la transformación del sonido laríngeo por las cavidades de resonancia.

El timbre vocálico varía para cada vocal teniendo zonas características de formantes. La parte aguda del espectro, sobre los 2.800 Hz., no es importante para el reconocimiento de las vocales, por el contrario tiene su importancia en el análisis del color de la voz, que es lo que determina el llamado «formante del cantante».

Si esta zona es débil en energía, la voz, desde el punto de vista subjetivo, es tierna, sorda, velada. Sin embargo, si esta zona es marcada en energía, la voz es rica, coloreada, brillante y a veces estridente.

ELEMENTOS DE PSICOACUSTICA

La psicoacústica tiene por objeto el estudio de los modos de comunicación donde el hombre es el receptor de la información transportada por un mensaje sonoro a través de un canal de transmisión natural o artificial (SAPALY, 1992).

El mensaje, fonético o musical, de naturaleza esencialmente temporal está constituido por un conjunto de elementos sonoros tomados de un repertorio conocido y organizado según las reglas establecidas. El canal de transmisión puede ser espacial (lugar de emisión, línea telefónica) o temporal (disco o cinta magnética); posee ciertas características físicas que definen su capacidad, es decir, la cantidad máxima de información que se puede transmitir. Pero se debe igualmente tener en cuenta la capacidad perceptiva del receptor humano ubicado al final de la cadena de comunicación. Si se desea enlazar los juicios subjetivos de un suceso sonoro por sujetos entrenados en la audición con las indicaciones que dan los aparatos de medición clásica utilizados se debe, evidentemente, hacer intervenir las propiedades perceptivas del receptor humano (SAPALY, 1992).

El componente de este receptor es siempre complejo porque de él dependen numerosos modos de reacción, que es generalmente adaptable porque tiene en cuenta experiencias adquiridas. Los umbrales de percepción que resultan de experiencias de laboratorio donde los individuos son ubicados en condiciones psicoacústicas óptimas son siempre inferiores a los que se pueden observar dentro de condiciones habituales de percepción.

Los parámetros acústicos perceptibles por el receptor humano son la intensidad, la altura y la duración que en física corresponden a la amplitud, a la frecuencia y al tiempo. Todo fenómeno sonoro puede ser considerado como una entidad física que evoluciona en el espacio en tres dimensiones; se puede representar por la proyección sobre uno de los siguientes tres planos: el plano amplitud-tiempo o plano dinámico, el plano frecuencia-tiempo o plano melódico y el plano amplitud-frecuencia o plano espectral. Estas representaciones son dadas, respectivamente, por tres tipos de aparatos de medida: los registradores de intensidad, los espectógrafos y los analizadores de espectro.

El sonido se define como vibración o movimiento recurrente de una masa en un medio elástico dentro de un rango de 20 a 20.000 recurrencias o ciclos por segundo (frecuencia) y con una energía o intensidad igual o superior al umbral de percepción de cada frecuencia de vibración. La naturaleza subjetiva del sonido ha sido reconocida desde hace mucho tiempo por psicólogos, tales como LAHR (1892), quien expresó: «Si no hubiera un oído que oye u ojo que ve todo sería un eterno silencio en la oscuridad.» La vibración más simple que existe es el llamado movimiento armónico simple, el cual es percibido como un tono puro. En la naturaleza existen muy pocos sonidos simples, pero tal movimiento armónico simple constituye la base o elemento generador de todo otro sonido, incluyendo los sonidos del habla, de acuerdo al teorema de FOURIER (TOSI, 1978). Vibraciones no simples se denominan complejas, clasificándose en periódicas, quasi periódicas y aperiódicas. Las vibraciones complejas periódicas son aquellas en las cuales cada concurrencia o ciclo se completa durante un tiempo constante, denominado período t . Matemáticamente el período t es la inversa de la frecuencia f , o sea: $t = 1/f$ y viceversa, $f = 1/t$. Las vibraciones o sonidos quasi periódicos poseen períodos aproximadamente iguales: las vocales son de naturaleza quasiperiódica. El grado de diferencia de los diferentes períodos de cada ciclo se denomina *jitter* y constituye un elemento útil para el diagnóstico y evaluación de la voz patológica.

FRECUENCIA FUNDAMENTAL DE LA VOZ HABLADA

Cuando deseamos emitir una vocal imponemos al aparato vocal a una cierta conformación que lo transforma en un resonador complejo a través del cual se propaga el sonido laríngeo. La frecuencia fundamental del sonido laríngeo se llama «fundamental de la voz»; sus variaciones rápidas se manifiestan por el fenómeno del vibrato; sus variaciones lentas dibujan la línea melódica de la frase. Para un locutor dados la forma de onda y el espectro del sonido laríngeo varía con la altura y la intensidad de ese

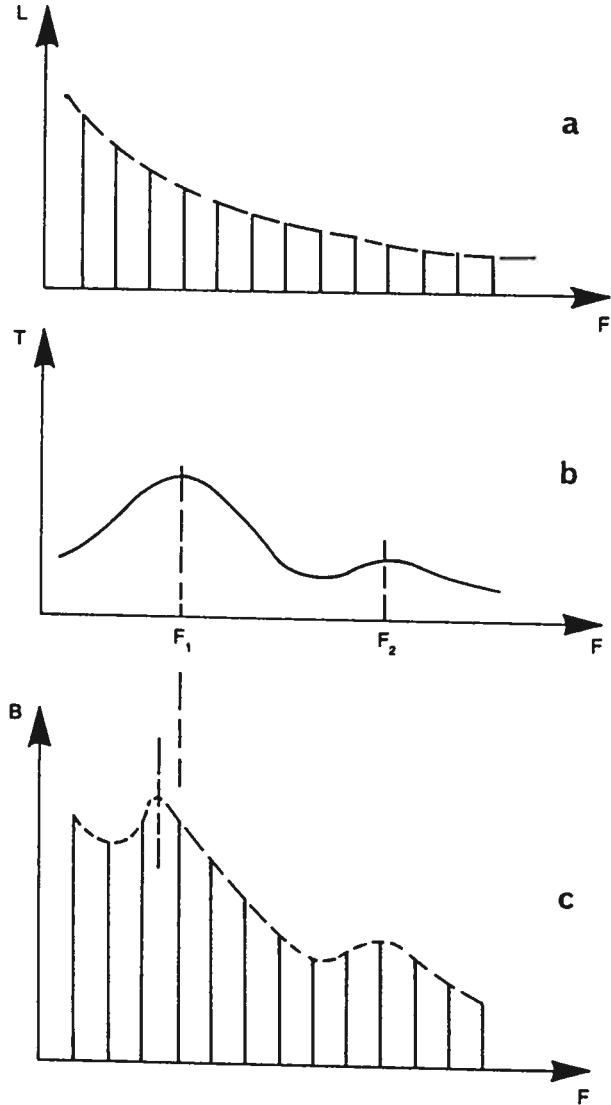


FIG. 1.

sonido. La fundamental de la voz (F_0) varía durante una conversación ordinaria en torno de 125 Hz. para una voz masculina, de 250 para una voz femenina y de 350 para una voz infantil. Las variaciones se sitúan entre 0,7 y 2 F_0 (F_0 designa la frecuencia media fundamental, pero la extensión melódica depende del locutor).

Si suponemos que en primera aproximación el funcionamiento de la fuente laríngea es independiente del conducto vocal que ella excita, se puede presentar la siguiente explicación del proceso de generación de una vocal. Sea $L(F)$ el espectro del sonido laríngeo que suponemos conocido y cuya amplitud de líneas decrece alrededor de 12 dB por octava (fig. 1 A). Sea $T(F)$ la función de transferencia del conducto vocal, es decir, la curva de respuesta en frecuencia correspondiente a la vocal emitida (fig. 1 B), cuyos picos sucesivos F_1 , F_2 y F_3

son los formantes relativos a esta vocal. El espectro B(F) del sonido emitido por la boca es la resultante entonces del espectro del sonido laríngeo, cuya amplitud L de cada nivel se multiplicó por el valor T correspondiente de la función de transferencia del conducto vocal (fig. 1 C), constatamos que los picos del espectro de la vocal emitida no coinciden exactamente con los formantes correspondientes. La misma explicación es válida para la emisión de vocales en voz susurrada, fricativa, sibilantes o murmurada. El conducto vocal en ese caso está excitado por el ruido de banda ancha que produce el pasaje de cierre a través de la glotis. Si este pasaje es acompañado por un sonido laríngeo se obtienen las fricativas sonoras (SAPALY, 1992).

La excitación del conducto vocal por una variación de presión debida a la creación y luego a la supresión de una oclusión de este conducto permite la generación de las plosivas (sonorizadas o insonorizadas) según que las cuerdas vocales vibren al mismo tiempo o no vibren.

Para un locutor dado las frecuencias formánticas relativas a una vocal dada pueden variar de una elocución a otra; estas variaciones se deben a movimientos articulatorios bien controlados y al estado psicofisiológico del locutor. Las frecuencias de los dos primeros formantes determinan la identidad de la mayor parte de las vocales a condición de distinguir las voces de hombres, de mujeres y de niños. La frecuencia de los formantes que le siguen, como también la Fo, son más bien características del locutor.

Las investigaciones de análisis y síntesis de la palabra mostraron que la inteligibilidad no se altera mientras la frecuencia formántica no se aparte más del 10% de los valores correctos, mientras que una desviación del 5% afecta seriamente el carácter personal de la voz. La influencia del ancho de los formantes parece mucho menos importante para la individualidad de la palabra. A esta explicación de la producción de sonidos elementales de la palabra hay que agregar el hecho de que la palabra resulta de un encadenamiento continuo de estos sonidos. El movimiento del aparato fonador es continuo y no se puede descomponer en una sucesión de configuraciones estables. Para verificar esta afirmación bastará leer las grabaciones pegadas por la plosiva /p/ y por la vocal /a/ y se constatará que no se escucha la sílaba /pa/. Esta experiencia muestra que los fonemas lingüísticos no tienen realidad física: sólo existen los difonemas, tales como /pa/, /ar/, /ri/, que traducen movimientos fonatorios encadenables y cuya sucesión resulta, por ejemplo, en la palabra Paris (pronunciada en francés). La separación de un mensaje en difonemas sucesivos es la base de un método de síntesis automático de la palabra (SAPALY, 1992).

Observamos que las frecuencias formánticas permiten identificar las vocales emitidas por un locutor

dado, pero que por el contrario puede haber ambigüedades cuando el número de locutores es elevado. Nos podemos ahora preguntar cuáles son los parámetros que permiten la identificación de un locutor.

Necesitamos menos de dos segundos para identificar una persona conocida que nos habla por teléfono. Esto significa que existen características que se resisten al filtraje propio de este medio de comunicación y que se perciben casi instantáneamente. Además de los parámetros acústicos que acaban de mencionar (forma de las señales laríngea, frecuencia y anchos de los formantes, entonación) es evidente que utilizamos todo lo que conocemos de nuestros interlocutores: su acento, vocabulario y la sintaxis que utiliza, etc.

Es interesante notar que los imitadores profesionales reproducen más las entonaciones y el ritmo que la fundamental de la voz y los formantes de los personajes que imitan.

Se puede analizar la frecuencia fundamental a través de diferentes aparatologías, como el espectógrafo, el analizador de frecuencia, Visi-Pitch, los microcomputadores con software adecuada para estos análisis. Estos aparatos comerciales permiten extraer la frecuencia fundamental mientras el paciente habla enfrente de un micrófono que está conectado a uno de los instrumentos. Estos analizadores de frecuencia no sólo permiten analizar la Fo, sino también toda la extensión de la voz y sus fluctuaciones (*jitter*). La evaluación de las fluctuaciones de la Fo puede dar datos importantes, ya que las fluctuaciones marcadas del Fo pueden ser indicativos de la patología vocal.

Perturbación de la frecuencia. Valores normales y patológicos

El análisis de la perturbación de la amplitud (*schimmer*) y el de la perturbación de la frecuencia (*jitter*) son muy importantes para la percepción de la ronquera (WENDAHL, 1966; TAKAHASHI y KOIKE, 1975). La perturbación de la amplitud es una medida basada en el grado de amplitud de cada ciclo fonatorio (tabla II) (Parrot Software, Beaumont Hospital, 1995).

Perturbación de la frecuencia (*jitter*)

Las medidas de la frecuencia fundamental hablada (Fo) provee información relativa a la manera en que la persona usa su voz. Sin embargo, las mediciones del *jitter* son variaciones relativas en pequeños tiempos. Vale decir que el *jitter* se mide en cuanto difiere a un período dado de su consecutivo período y no cuanto difiere un período fundamental de otro posterior cualquiera. Por tanto, el *jitter* es

TABLA II: UMBRALES CON EL CSL 4600, BEAUMONT OUTCOME SOFTWARE SYSTEM, 1995

Severidad	HRN	Jitter (RAP)	Shimmer (APQ)
Normal	12	0,25	0,35
Mínimo	10	0,40	0,45
Suave	8	0,50	0,60
Moderado	5	0,70	0,70
Significativo	3	1,0	0,90
Severo	1,0	1,5	1,0
Profundo	-2,0	3,0	3,0

una medida de la variabilidad de la frecuencia sin tener en cuenta los cambios voluntarios de la frecuencia fundamental. Si el sistema fonador fuese ideal y el mecanismo perfectamente estable entonces no habría ninguna diferencia en el período fundamental, excepto cuando la persona intencionalmente cambia su tono, en este caso la perturbación de la frecuencia sería cero. Por supuesto, en la práctica esto no es ideal ni perfecto. Los valores pequeños del *jitter* son considerados normales, mientras que relativamente grandes son patológicos.

Perturbación de la amplitud (*shimmer*)

Las medidas de la perturbación de la amplitud son generalmente llamadas *shimmer* y son análogas a las perturbaciones de la frecuencia fundamental *jitter*. Las mediciones del *shimmer* sirven para cuantificar pequeños lapsos de inestabilidad de la señal vocal. Es de creer que el *shimmer* es tan importante como lo es el *jitter*; sin embargo, el *shimmer* no ha sido estudiado tan detalladamente como el *jitter*.

Métodos de medida

La perturbación de la frecuencia puede medirse con vocales sostenidas. En un texto, cuando se habla, los cambios sistemáticos del *Fo* debidos al acento o entonación pueden ser confundidos con la variación que interesa medir por eso es preferible utilizar vocales sostenidas. Existen varias formas de crear un índice para medir la perturbación de la frecuencia, cada una con sus ventajas y desventajas. Todas son complicadas y cansadoras. El uso de computadoras o calculadoras programables simplifica enormemente las mediciones; lógicamente son los instrumentos comerciales para este uso que existen en el mercado. El fonoaudiólogo/logopeda u otorrinolaringólogo determinará el método más adecuado para utilizar con su paciente de acuerdo

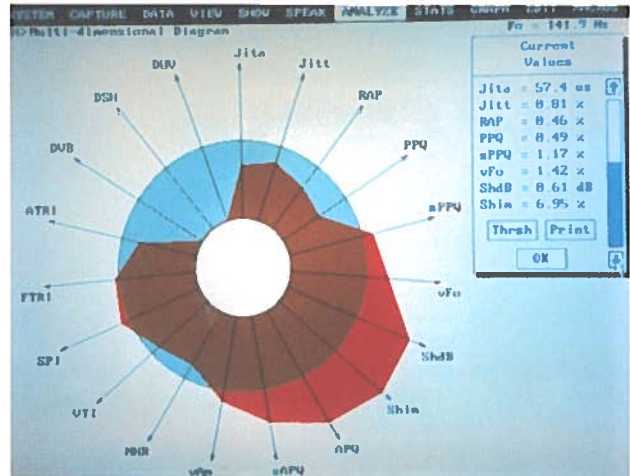


FIG. 2.

con los recursos que se cuentan. Un computador con un digitalizador de sonido AD-DA y el software adecuado resolvería todo el problema.

Se debe tener en cuenta que la muestra de grabación necesaria para el análisis del *shimmer* requiere muchos cuidados; es crucial mantener fija la distancia de la boca al micrófono de 20 cm. y hacer la grabación manualmente, pues de otra forma la amplitud de la onda que está directamente relacionada al SPL puede ser variada involuntariamente. Generalmente se utiliza un micrófono de alta calidad.

Las perturbaciones de la amplitud es medida en base a los grados de la amplitud en cada ciclo fonador. Esto es muy diferente del valor promedio de la amplitud que es usado como base del SPL que no debe ser confundido con los grados de amplitud que desean medirse. El promedio de los grados de amplitud que se obtienen para ciertas medidas del *shimmer* no es el promedio que resulta de la integración de la onda que sería el SPL. Actualmente se utiliza un computador con digitalizador de sonido AD-DA y el software adecuado (fig. 2).

PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA ANALIZAR LA VOZ

Para llegar a tener una apreciación más objetiva del timbre de la voz es necesario realizar grabaciones con mucho cuidado. El fonoaudiólogo/logopeda puede hacer sus primeros juicios a medida que va grabando la voz. Es en este momento en que se debe saber claramente qué tipo de problema tiene el paciente, si es a nivel laríngeo o a nivel de resonadores. Generalmente en hospitales o clínicas se encuentran laboratorios de voz equipados para realizar análisis acústicos. La aplicación del computador en nuestro campo se va conociendo cada vez

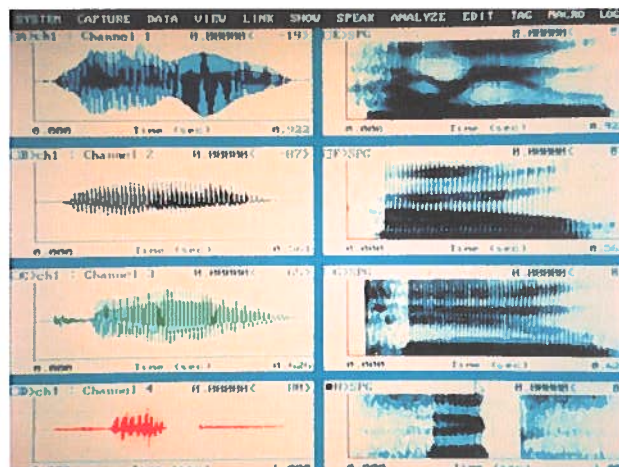


FIG. 3.

más y se comienza a implementar en forma vertiginosa. Para fonoaudiólogos especializados en la parte clínica, como un instrumento de diagnóstico, y para los especializados en la parte científica, como un instrumento de investigación (fig. 3).

En los últimos años, a raíz de un trabajo de investigación de la voz profesional, hemos desarrollado un programa computarizado de fácil uso en la clínica diaria sobre el análisis de la frecuencia fundamental de la voz y del análisis del *jitter* y *shimmer* basado en diferentes medidas. El programa tiene la capacidad de objetivizar con un gráfico los resultados obtenidos y comparar si se desea una voz antes y después del tratamiento (fig. 4).

EVALUACION DE LA INTENSIDAD

Es importante que para el análisis de la voz se utilice equipos de alta calidad manteniendo los estándares de grabación. El margen de intensidad varía con la frecuencia fundamental (DAMSTE, 1970; KOMIYAMA, 1972; COLEMAN y cols., 1977). La intensidad es muy alta en las frecuencias medias y disminuye en las frecuencias graves y agudas.

Es importante señalar que el mínimo y el máximo de intensidad de una vocal sostenida nos da elementos de valor diagnóstico de la patología vocal (MICHEL y WENDAHL, 1971). Esta forma de analizar la voz se llama fonetograma. STONE y KRAUSE (1980) confirmaron que el efecto mínimo de SPL y el incremento del mismo en forma lineal con la F_0 y observaron un 7,5 a 12 dB por octava. Asimismo, BLACK (1961) afirma que los locutores aumentan la F_0 a medida que el esfuerzo va aumentando.

Una forma subjetiva de análisis de la intensidad o potencia de la voz es saber si el paciente tiene o

no control de su voz. Si bien hay estudios realizados, en este problema no hay patrones prefijados por el SPL (nivel de presión sonora) en diferentes situaciones, pero lo importante es analizar las posibilidades de que la voz del paciente sea escuchada en un ambiente normal o con ruido de fondo y no demasiado fuerte que moleste a la persona que escucha.

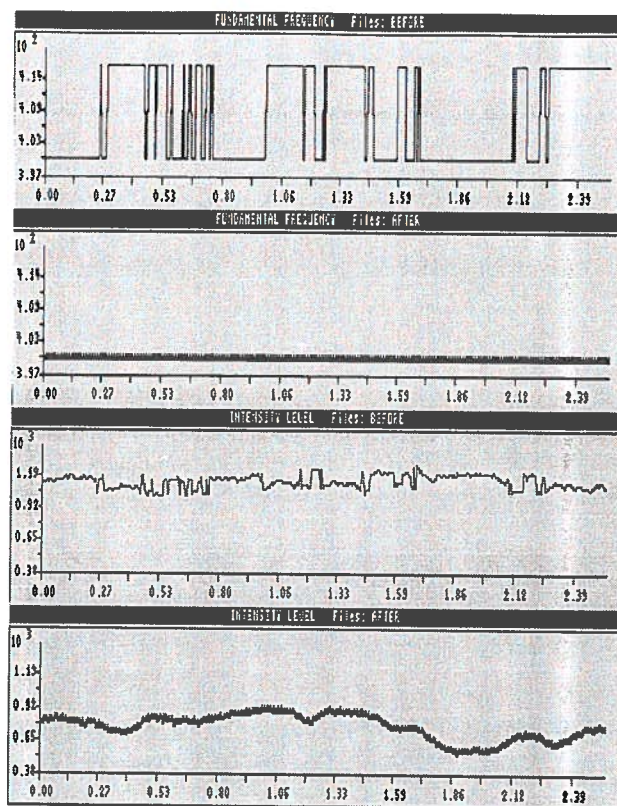


FIG. 4.

COMPONENTE AEREO. SU SIGNIFICADO CLÍNICO, SU VALOR COMO SIGNO EN RELACION AL DIAGNOSTICO

El aparato respiratorio tiene una importancia fundamental en la producción de la voz. Sin la corriente aérea no se pueden producir los sonidos. Muchos de los problemas de voz son debidos a hábitos respiratorios incorrectos y a problemas anatómicos y funcionales en distintas alturas del aparato respiratorio desde los centros de control en el sistema nervioso central, los pulmones, la caja torácica hasta la cavidad abdominal (BENVENUTO y JACKSON-MENALDI, 1992).

La respiración con el propósito del habla requiere una serie de movimientos altamente coordinados para regular el pasaje del aire a través de la glotis. Los terapeutas de la voz tienen que estar familiarizados con las anomalías más comunes de la anatomía y funcionamiento del sistema respiratorio. Estudios simples o más refinados serán necesarios, y en ciertos casos el paciente deberá ser evaluado en centros especializados.

Función

La función principal del aparato respiratorio consiste en proveer suficiente oxígeno para abastecer las demandas de todos los tejidos de acuerdo a las necesidades de cada uno de ellos y además remover el anhídrido carbónico que resulta de los numerosos procesos metabólicos.

Ventilación

El trabajo muscular, necesario para el movimiento del aire en ambas fases del ciclo respiratorio y la formación de la presión transpulmonar, depende de las fuerzas que se oponen al flujo del aire e incluyen la distensión del tejido elástico pulmonar y la resistencia en los tubos bronquiales.

Otros factores se encuentran en la pared torácica y abdominal, que cuentan con fuerzas elásticas que incrementan el trabajo muscular. En condiciones patológicas estas fuerzas pueden estar exageradas en medida variable y frecuentemente originan la aparición de síntomas.

Volúmenes pulmonares

Es de interés conocer los volúmenes y capacidades pulmonares, ya que en condiciones patológicas se presentan cambios que definen ciertos diagnósticos. Estas anomalías pueden ser medidas en el laboratorio con equipos más o menos sofisticados, pero aún equipos más simples de uso en consulto-

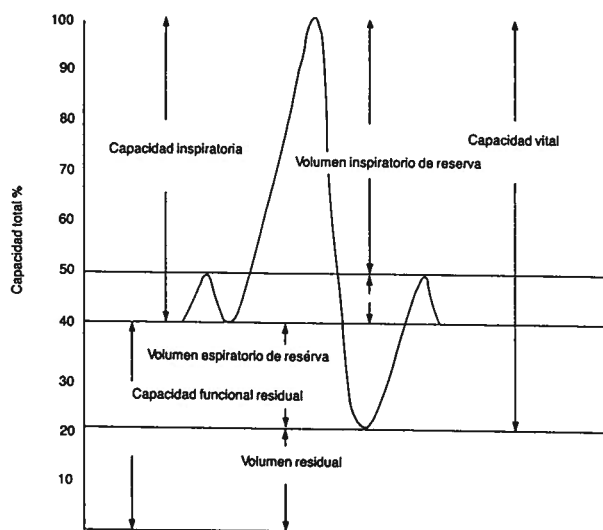


FIG. 5.

rios pueden dar buena idea de alteraciones de cierta magnitud. La figura 5 representa esquemáticamente los volúmenes y las capacidades pulmonares.

Valores normales estimados

Los resultados obtenidos tendrían poco valor si no se los comparara con ciertos puntos de referencia ya establecidos y derivados de poblaciones normales estudiadas con este propósito.

Estos valores son promedios que en casos particulares tendrán un valor aproximado. Cifras que se encuentren entre el 80 y el 120% del valor hallado serán consideradas normales. Por debajo del 80% el grado de anomalía puede definirse como leve (61 al 80%), moderado (50 al 60%) o severo (menos del 50%). La relación entre VEF₁ del paciente y su propia CVF es normalmente del 70-75%. Los mismos porcentajes arriba indicados se usan para describir anomalías de grado leve, moderado y severo.

En esta forma se pueden determinar niveles de alteración de la función ventilatoria cuando el paciente es evaluado por primera vez y para seguir la evolución de la enfermedad a través del tiempo. Asimismo para verificar los resultados de ciertas modalidades terapéuticas, como sería el caso del uso de broncodilatadores. Esto requiere determinaciones sucesivas en corto tiempo (minutos después) o a largo plazo (varias semanas o aún meses).

Espirómetro

Es la forma más simple de evaluar la función ventilatoria pulmonar. Es un procedimiento no in-

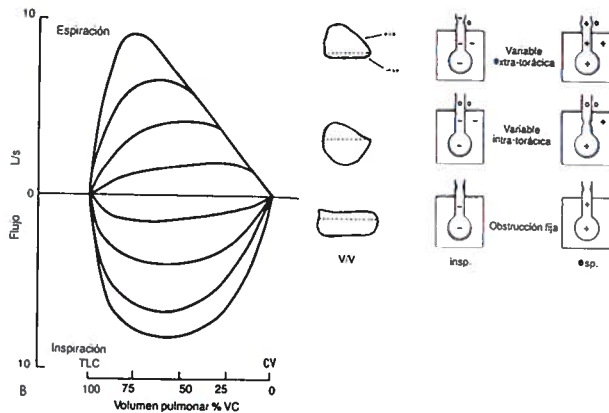


FIG. 6.

vasivo que se puede realizar con equipos relativamente simples y de bajo coste. Sin embargo, el profesional a cargo del estudio debe ser entrenado y supervisado de modo que los resultados sean fidedignos y se puedan reproducir con pequeñas variaciones solamente.

Es importante que el esfuerzo máximo se obtenga de parte del paciente para que las mediciones sean comparables con determinaciones previas y usadas como referencias en el futuro. Tradicionalmente, la espirometría ha relacionado volúmenes gaseosos con el tiempo necesario para exhalarlos. Los valores más comúnmente usados son la capacidad vital, los volúmenes espiratorios en uno, dos y tres segundos y la relación de éstos con la primera. Estas curvas también permiten calcular flujos promedios entre el 25 y el 75% de la capacidad vital.

Curvas de volumen y tiempo se presentan como ejemplo (tiempo en la abscisa y volumen en la ordenada). En un laboratorio de voz es posible tener también aparatos sofisticados como Aerophone II para obtener valores más importantes en la evaluación de la respiración en relación al uso de la voz.

Las curvas de flujo/volumen representadas en la figura 6 indican variaciones en el esfuerzo del individuo en estudio, arrojando resultados totalmente dispares. Enfermedades que afectan comúnmente los bronquios mayores con limitación de los flujos aéreos presentan reducción de los mismos al principio de la curva, es decir, a volúmenes pulmonares altos (asma bronquial).

Inversamente, cuando la patología se limita a bronquios de tamaño pequeño la limitación de los flujos estará representada en la parte media de la capacidad vital (curva cóncava) y cerca del volumen residual (enfisema pulmonar). Esto tiene valor en el diagnóstico temprano de ciertos procesos pulmonares, como puede verse en fumadores que empiezan a tener síntomas (BENVENU-TO, 1992).

Uso del tiempo máximo de fonación y la eficiencia del cierre glótico

El tiempo máximo de fonación se emplea para estudiar la eficiencia del cierre glótico y del sistema respiratorio en general. Este estudio se mide en segundos. Se puede estimar el tiempo máximo de fonación usando la capacidad vital (CV) (YANAGIHARA y VON LEDEN, 1967): $MF = CV/110 \times 0,67$ (hombres); $TMF = VC/100 \times 0,59$ (mujeres).

Generalmente, los adultos normales pueden sostener una vocal por quince a veinte segundos. La duración mínima normal aceptada es de 15,0 segundos para los hombres y 14,3 para las mujeres. Los niños generalmente pueden sostener una vocal diez segundos (WILSON, 1979).

La relación entre la duración máxima de la vocal sostenida dividida por el valor esperado por debajo de 0,70 puede indicar una o más de las siguientes anomalías: insuficiencia del control glótico, insuficiencia respiratoria, problemas neurológicos y patrones erróneos del uso de la voz hablada.

El flujo de aire

Usando la vocal sostenida se puede obtener la medida del flujo del aire utilizado para la fonación. El flujo de un fluido representa el volumen del mismo que se desplaza en la unidad del tiempo. En este caso se obtiene dividiendo el volumen total de aire usado durante la fonación dividido por la duración de la fonación en segundos: $MFR = PV/MPT$ (MFR: flujo máximo; PV: volumen de fonación; MPT: tiempo máximo de fonación).

Se le pide al paciente fonar en una máscara bien colocada sobre la boca o en una pieza bucal con la nariz cerrada. Mediante la conexión con el espirómetro o pneumotacógrafo se obtiene la medición. Los valores aceptados como normales para el flujo aéreo medio MFR (*mean flow rate*), en los adultos varía de 89 a 141 ml/sec. Según HIRANO (1981), el rango para una población normal es de 40 a 200 ml/sec.

Los instrumentos requeridos para este estudio es un pneumotacógrafo, micrófono, un oscilógrafo y un medidor de sonido. Es conveniente repetir cada vocal tres veces usando una frecuencia con la que el sujeto se sienta cómodo, a la misma intensidad, y elegir la vocal de más larga duración. Luego comparar con las normas estándar de 115 ml/sec. para el hombre y de 100 ml/sec. para las mujeres (YANAGIHARA, KOIKE y VON LEDEN, 1966).

Cociente fonador

Este examen es simular al flujo medio del aire (MPR), pero no requiere el uso del pneumotacogra-

fo. El PQ (cociente fonador) es una medida fácil de calcular: $PQ = VC/MPT$ (PQ: cociente fonador; VC: capacidad vital; MPT: tiempo máximo de fonación).

Los instrumentos requeridos son un espirómetro y un cronómetro. La capacidad vital se obtiene en la forma usual, comenzando con una inspiración lenta y lo más profunda posible, seguida de una exhalación mantenida por el tiempo más largo posible en el espirómetro a través de la pieza bucal. Esta maniobra se repite tres veces y se usa el valor mayor.

El MPT se obtiene en la forma explicada anteriormente, y después de aplicar la fórmula correspondiente de los resultados se comparan con los valores estándar de 145 ml/s. para los hombres y de 137 para las mujeres. Medidas de un PQ por debajo de 69 ml/s. o por encima de 307 para los hombres y un PQ menor de 78 ml/s. o mayor de 241 para las mujeres debe ser considerado anormal.

Al realizar estos estudios es importante delucidar si hay ruidos respiratorios anormales que puedan indicar enfermedades del aparato respiratorio y requerir una evaluación médica. Los problemas más comunes encontrados serán enfisema, asma, obstrucciones nasales, tumores laríngeos, sinequias laríngeas, paresias de los abductores o parálisis de las cuerdas vocales.

Sostener la /s/, /z/ para medir la eficiencia fonatoria y respiración del paciente

Este estudio permite determinar el grado de disfonía relacionado con un inadecuado control respiratorio y laríngeo inadecuado y utiliza la relación entre el tiempo máximo por el cual el paciente puede sostener la /s/ y también la /z/.

Se le pide al paciente hacer una inspiración profunda y emitir la /s/ por la mayor cantidad de tiempo posible. Se mide ese tiempo en segundos. TAIT y cols. (1980) mencionan una media de diez segundos en niños y PTACEK y cols. (1963) de veinte a veinticinco segundos en adultos.

La /z/ se estudia en la misma forma que la /s/. Pacientes sin patología vocal y sin dificultades respiratorias deben ser capaces de mantener el mismo tiempo de prolongación de la /s/ y /z/ y obteniendo una relación 1,0.

RELACION NHR. SU SIGNIFICADO Y SU IMPORTANCIA EN LA VALORACION DE LA VOZ

Relación de ruido/armónicos. Ruido entre armónicos está asociado con el cierre incompleto de las cuerdas vocales y la variación de la frecuencia *jitter*

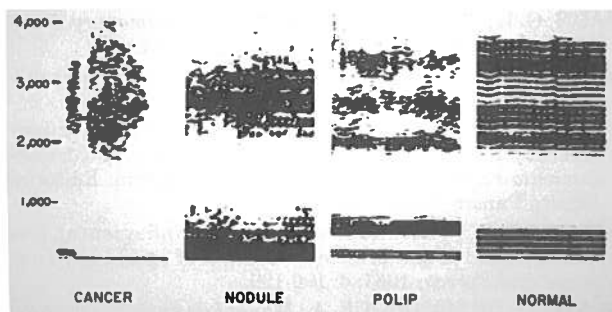


FIG. 7.

y la amplitud *shimmer*. Aumento de NHR se interpreta como incremento espectral de ruido que puede deberse a la variación de la amplitud de la frecuencia (*shimmer* y *jitter*), ruido turbulento, componentes subarmónicos y/o *voice breaks* (cortes de la voz). La data normativa es de 16,54 a 7,26 dB (SATALOFF, 1991) (fig. 7).

CONCLUSION

Dada la longitud del capítulo propuesto no se puede esperar un tratamiento sistemático de los temas abordados. La intención es simplemente de introducir al lector en el tema de la voz.

Es bien claro que el área de patología vocal ha crecido en forma considerable en los últimos años. Es de esperar que el especialista en voz: otorrinolaringólogo, foniatra y logopeda estén obligados a profundizar sus conocimientos más y más en el área de la voz.

BIBLIOGRAFIA

- AMADO, J. H.: «Modifications des caractéristiques phonatoires sous l'influence de divers états endocriniens». *Rev. Laryngol.*, 1954 (supl. 75): 235-250.
- AMETRANO-JACKSON, M. C.: «Etude de l'audition chez les petits chanteurs». *Rééducation Orthophonique*, 1981; 19: 21.
- AMETRANO-JACKSON, M. C.; ARAUZ, J. C., y NAIDICH, S.: *Analysis of vocal registers in singing voice*. XX Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics. Tokyo, Japan, 1986.
- AMETRANO-JACKSON, M. C.: «The high male range». *Folia Phoniatrica*, 1987; 39: 18-25.
- ARONSON, A. E.: *Clinical voice disorders: An interdisciplinary approach*. New York: Decker, 1980.
- ALKERS, L.; WHIPP, B., y ZIMET, I.: *A guide to the interpretation of pulmonary function tests*. New York, NY: Roegir, a Division of Pfizer Pharmaceuticals, 1978.
- BAKEN, R. J.: *Clinical measurement of speech and voice*. College Hill Press, 1987.
- BAKEN, R. J., y ORLIKOFF, R. F.: *Perturbation of vocal fundamental frequency during voiced fricatives*. Presentation at the International Conference on Voice. Kurume, Japón, 1986.

- BAUN, G. L., y WOLINSKY, E.: *Textbook of pulmonary diseases*. Boston: Little, Brown and Company, 1983.
- BELHAU, M., y PONTES, P.: *Avaliacao e tratamento das disfonias*. São Paulo, Brasil: Editora Lovise, 1995.
- BENVENUTO, M., y JACKSON-MENALDI, C.: *La voz normal. Capítulo IV. Examen funcional de la voz y del comportamiento respiratorio*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1993.
- BLACK, J. W.: «Relationships among fundamental frequency, vocal sound pressure, and rate of speaking». *Language and Speech*, 1961; 4: 196-199.
- BORZONE DE MANRIQUE, A.: *Manual de fonética acústica*. Librería Hachette, S. A., 1980.
- BUNCH, M.: *Dynamics of the singing voice*. Wien, New York: Springer-Verlag, 1982.
- COLEMAN, H.; MABIS, J. H., y HINSON J. K.: «Fundamental frequency sound pressure level profiles of adult male and female voices». *J. Sp. Hearing Res.*, 1977; 20: 197-204.
- CORNUT, G.: *La voix*. Presses Universitaires de France, 1983.
- DAMSTE, H.: «The phonetogram». *Pract. ORL*, 1970; 32: 185-187.
- GUEVARA, W., y JACKSON-MENALDI, C.: *La voz normal. Capítulo IV. Aspectos psicológicos*. Editorial Médica Panamericana, 1993.
- HIRANO, M.: *Clinical examination of voice*. Wien, New York: Springer-Verlag, 1981.
- HOLLIEN, H., y SCHIPP, T.: «Speaking fundamental frequency and chronologic age in males». *J. Speech Hear Res.*, 1972; 15: 155-159.
- HOLLIEN, H.: «On vocal registers». *J. Phonet.*, 1974; 2: 125-143.
- HOLLIEN, H.; DEW, D., y PHILIPS, P.: «Phonational frequency ranges of adults». *Journal of Speech and Hearing Research*, 1971; 14: 755-760.
- ISSHIKI, N.: «Regulatory mechanism of vocal intensity variation». *Journal of Speech and Hearing Research*, 1964; 7: 17-29.
- JACKSON-MENALDI, C.: *La voz normal*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1993.
- JACKSON-MENALDI, C.: *Fundamental frequency and voice classification*. 1st World Voice Congress. Oporto, Portugal, 1995.
- KENT, R., y READ, Ch.: *The acoustic analysis of speech*. San Diego, California: Singular Publishing Group Inc., 1992.
- KOMIYAMA, S.: «Phonogram. A new method evaluating voice characteristics». *Otologia* (Fukuoka), 1972; 18: 428-440.
- LE HOUCHE, F.: *La voix*. Paris, France: Masson, S. A., 1984.
- MERSON, R.; ROLNICK, M., y WEINER, F.: *Beaumont outcome software system. Reference manual pag. 17*. West Bloomfield Hill, Michigan: Parrot Software Inc., 1995.
- MICHEL, J. F., y WENDAHL, R.: «Correlates of voice production». En: Travis, L. E., editor. *Handbook of speech pathology and audiology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1971; 18: 464-480.
- MICHEL, J., y cols.: «Speaking fundamental frequency characteristics of 15, 16 and 17 year old girls». *Lang. Speech*, 1966; 9: 40.
- PAUL, R.: *Sound check*. St. Clair, Michigan: Lakeshore Professional Voice Center, 1995.
- PERELLO, J.; CABALLE, M., y GUITART, E.: *Canto dicción*. Edit. Científico Médica, 1975.
- PROCTOR, D. F.: *Breath, speech and song*. New York: Springer-Verlag, 1980.
- RUBIN, L.: *Two common voice problems of the professional stage actor*. Voice and Speech Trainers Association Inc., 1989; 2: 1.
- SAPALY, J.: «Psicoacústica» (cap. 3). *La voz normal*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1992.
- SATALOFF, R.: *Professional voice: The science and art of clinical care*. New York: Raven Press, 1991.
- SEGRE, R.; NAIDICH, S., y JACKSON, C.: *Principio de foniatria*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1981.
- SEGRE, R.: *La comunicación oral, normal y patológica*. Buenos Aires: Ed. Toray-Masson, 1971.
- SHRAGER, O.: *Reseña esquemática sobre las relaciones endocrinofoniatricas y su influencia en el desarrollo de la voz*. Apunte personal, 1966.
- STONE, R. E., y KRAUSE, P.: *Intra subject variability in minimum SPL of voice at selected fundamental frequencies*. Paper presented at the 1980 Convention of the ASHA, 1980.
- TAKAHASHI, H., y KOIKE, Y.: «Some perceptual dimensions and acoustical correlates of pathologic voices». *Acta Otolaryngologica*, 1975 (supl. 338): 1-24.
- TITZE, I.: *Principles of voice production*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993.
- TOSI, O.: *Voice identification. Theory and legal applications*. University Park Press, 1979.
- WEINBERGER, S. E.: *Pulmón*. Biblioteca Básica de Medicina. Editorial Médica Panamericana, 1988.
- WILSON, D. K.: *Voice problems of children*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1979.
- YANAGIHARA, N.; KOIKE, Y., y VON LEDEN, H.: «Phonation and respiration. Function study in normal subjects». *Folia Phoniatria*, 1966; 18: 323-340.

Clasificación de las disfonías

R. GARCIA-TAPIA e I. COBETA MARCO

La clasificación de las enfermedades, cualquiera que sea su naturaleza, siempre ha entrañado una gran dificultad porque en ella se plasman puntos de vista que trascienden la mera enunciación de una serie de patologías: quien clasifica, interpreta.

Dentro de los trastornos de la voz este problema está presente. En el pasado el término disfonía funcional se identificaba con idiopático, incluyéndose en este grupo numerosísimos casos de disfonía, de los cuales probablemente debido a las limitaciones de los procedimientos de exploración no se podía reconocer la existencia de una alteración de la forma ni del comportamiento laríngeo. Para complicar más la situación, y dependiendo de las distintas culturas e idiomas, los términos funcional y psicógeno también se identificaban, lo cual daba lugar a interpretaciones erróneas al no individualizar estas dos diferentes etiologías tan afines. La definición de disfonía funcional que hace BRODNITZ, quien considera que son funcionales todas las formas de trastorno vocal en los que la desviación del patrón normal de funcionamiento es el mayor factor casual, nos parece totalmente adecuado y coincide con el término disfuncional de la escuela francesa, que considera esta forma de disfonía como mantenida esencialmente por una perturbación del gesto vocal.

Sobre esta base conceptual, y contrastados nuestros puntos de vista con otras escuelas, precisamos que los trastornos de la voz los podamos dividir en funcionales, orgánicos y orgánico-funcionales o le-

siones asociadas de origen funcional que acaban siendo orgánicas o estructurales.

En la figura 1 se muestra la interrelación entre la causa y el efecto de los diferentes mecanismos.

La clasificación que ofrecemos bajo este concepto, aun sabiendo que no satisfará de forma general y que no incluye todas las posibilidades etiológicas, es la siguiente:

1. Disfonía de causa orgánica.
2. Disfonía de causa funcional:
 - a) Habitual.
 - b) Psicógena.
3. Disfonía por lesiones asociadas.
4. Disfonía de causa psiquiátrica.

Diferenciamos como de causa psicógena (2b) aquellos casos en los que no se reconocen síntomas ni hay historia detectable de alteración psiquiátrica, reservando el término de disfonía de causa psiquiátrica a los cuadros en los que dichos síntomas o signos son evidentes y constituyen un grupo bien diferenciado.

Interpretamos como disfonías por lesiones asociadas a aquellas en las que se reconocen tanto pequeñas lesiones orgánicas como alteraciones del comportamiento, en las cuales es posible que la causa sea inicialmente, bien la desviación funcional o la lesión orgánica, las lesiones orgánicas, pudiendo generar una alteración del comportamiento.

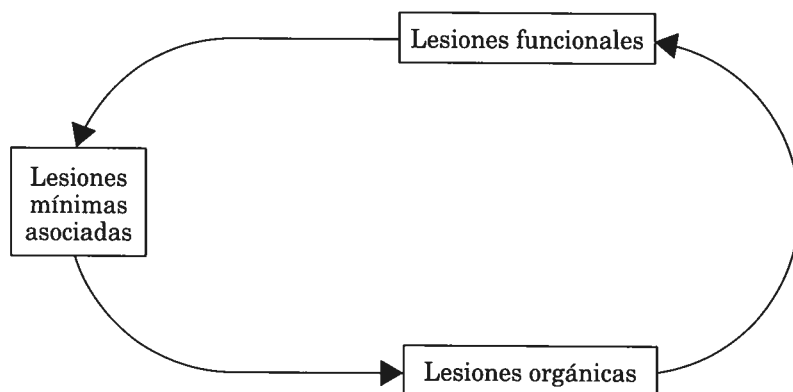


FIG. 1.

CLASIFICACION ETIOLOGICA DE LAS DISFONIAS

Orgánicas

- a) Congénitas.
- b) Adquiridas:
 - 1. Traumáticas.
 - 2. Inflammatorias.
 - 3. Neoplásicas:
 - Benignas.
 - Displasias epiteliales.
 - Malignas.
 - 4. Endocrinológicas.
 - 5. Neurológicas.
 - 6. Postcirugía laríngea.

Lesiones mínimas asociadas

- 1. Nódulos.
- 2. Pólipos.
- 3. Edema de Reinke.
- 4. Granuloma de contacto.

Psiquiátricas

- Esquizofrenia.
- Afectivas: Trastorno bipolar.
- Otras.

Funcionales

- a) Habitual.
 - 1. Hiperfuncional.
 - 2. Hipofuncional.
 - 3. Trastornos mutacionales.
 - 4. Disfonía ventricular.
- b) Psicógena.
 - 1. Neurosis.
 - 2. Síndrome de conversión.
 - 3. Conflicto psicosexual.
 - 4. Disfonía puberum.
 - 5. Trastornos ficticios.

Lesiones glóticas congénitas

I. COBETA MARCO, M.^a L. PEREZ ESTEBAN y J. MONTOJO WOODESON

QUISTES EPIDERMOIDES

Los quistes epidermoides los podemos dividir en quistes cerrados y en quistes abiertos, según la cubierta epitelial del quiste esté completamente aislada de la mucosa de la superficie de la cuerda o esté en continuidad. En caso de estar en continuidad podremos encontrar dos situaciones distintas: si está abierto en un punto tendremos el quiste epidermoide con apertura puntiforme y si está abierto en una superficie mayor tendremos el sulcus vocal. El sulcus vocal verdadero (tipo 3), como describiremos posteriormente, es una inflexión del epitelio en el espesor de la cuerda, formando un bolsillo epitelial o «medio quiste epidermoide» abierto por arriba (BOUCHAYER, 1985).

El quiste epidermoide cerrado o verdadero se sitúa en el corion (espacio de Reinke) de la cuerda (fig. 1); la pared está formada por el epitelio estratificado queratínico de un grosor variable, que crece hacia adentro rellenando su propia cavidad y que lateralmente está en contacto con el ligamento vocal de la cuerda, teniendo a veces fibras compartidas, lo que hace difícil la disección. Esta conexión con el ligamento vocal es especialmente notable en la zona anterior y posterior del quiste, cosa que debemos tener en cuenta a la hora de la extirpación.

La cavidad del quiste está rellena de material celular de descamación que se va acumulando porque

se desprende del epitelio que recubre al quiste por dentro; también encontramos cristales de colesterol. En el espacio submucoso, que habitualmente no tiene signos de inflamación, podemos encontrar, en este caso, linfocitos o células poliformonucleares (HIRANO, 1986).

Clínica

En el 75% de los casos el quiste glótico epidermoide es único y unilateral, mientras que en el otro 25% es bilateral. En un 15% de los casos se puede encontrar la asociación de quiste con sulcus, como si fuesen metas distintas de un mismo proceso patológico (MILUTINOVIC, 1992).

La clínica que presentan estos enfermos es de disfonía desde hace bastante tiempo, con mala resistencia a los esfuerzos vocales: presentan fatiga vocal. Hay bloqueo de la voz en las escalas ascendentes. Estos pacientes suelen contar que ya han hecho varias tandas de logoterapia con escasos resultados.

Exploración

Los quistes son redondeados, limitados por su propia pared epitelial y situados en el espesor de la cuerda, bajo la mucosa glótica. Según sea el contenido del quiste, mucoso o epitelial, la consistencia será más líquida o sólida. El aspecto de la cuerda variará según el quiste esté bien definido por ser grande, redondeado y blanquecino (fig. 2), o sea, más difícil de identificar por ser pequeño.

También hay que hacer notar que los quistes pueden tener una apertura puntiforme al borde libre de la cuerda vocal, de forma que si durante la cirugía lo palpamos con cierta fuerza saldrá parte de su contenido mucoso o epitelial; esto hay que saberlo porque al extirparlo quedará, en el mejor de los casos, un pequeño orificio en la mucosa vocal.

Los quistes grandes se ven bien con luz continua, pero si son más pequeños requieren de la exploración estroboscópica, en donde se aprecia una pequeña protrusión o engrosamiento de la cuerda con una cierta rigidez y limitación de la vibración en el patrón de movimiento de la cuerda.

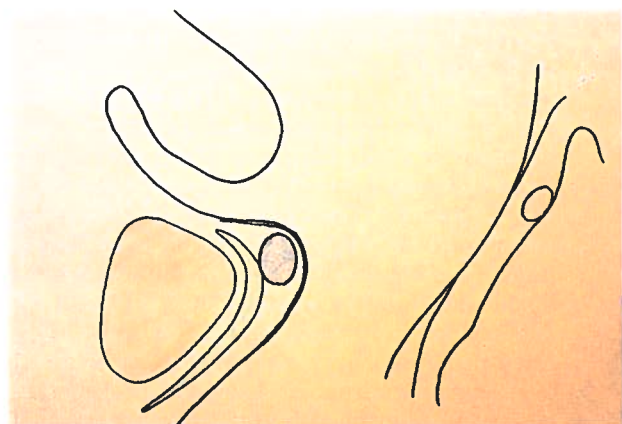


FIG. 1.—Representación esquemática en visión transversa y superior del quiste epidermoide vocal. El quiste es submucoso.



FIG. 2.—Gran quiste epidermoide en CV derecha.

Siempre que diagnostiquemos la existencia de un quiste epidermoide intracordal deberemos buscar lesiones asociadas como sulcus.

SULCUS VOCAL

Al sulcus vocal lo podemos considerar, a efectos didácticos, como un quiste epidermoide abierto por arriba. El sulcus vocalis o sulcus glottidis o sulcus glótico verdadero es como un «bolsillo» con una pared lateral y otra medial formando una pequeña cavidad virtual en el espesor de la cuerda que sólo se pondrá de manifiesto cuando despeguemos con unas micropinzas la pared medial. El diagnóstico de certeza del sulcus verdadero es quirúrgico. El sulcus, que se localiza en la capa superficial de la lámina propia, suele tener una longitud entre 2-4 mm., con las paredes cubiertas de epitelio escamoso poliestratificado de grosor variable, pero que tiende a engrosarse en la zona más profunda. Al desplegar el sulcus aparecen restos epidérmicos en el fondo. El espacio submucoso alrededor del sulcus suele estar edematoso, con signos de inflamación (LEE, 1990).

Clasificación

Los sulcus en su descripción y en su diagnóstico han tenido cierta confusión, pues han pasado de no reconocerse en absoluto a sobrediagnosticarse. En general se denomina sulcus a alguna forma de indentación que interrumpe en sentido longitudinal la forma cilíndrica de la cuerda, dotándola de una rigidez submucosa que se manifiesta en la vibración y, por tanto, especialmente con la estroboscopia. Con la luz continua se aprecia una línea o fisura blanquecina que corre paralela al borde libre de la cuerda vocal. La existencia de sulcus patológico implica rigidez fibrosa que se opone al natural desliza-

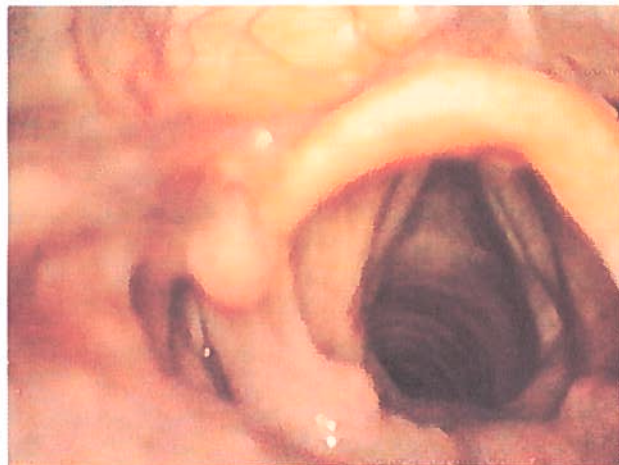


FIG. 3.—Visión superior de un sulcus fisiológico (tipo 1). Se nota la impronta de la apófisis vocal.

miento de la onda mucosa, la cual sufrirá pequeños saltos. Este es un hallazgo común de los sulcus.

Para aclarar la patología debemos decir que existen tres tipos de sulcus (FORD, 1996):

- *Sulcus tipo 1.* Llamado sulcus fisiológico. El sulcus tipo 1 no da clínica. En algunas personas se aprecia un surco no muy marcado, sobre todo en la parte posterior de ambas cuerdas. Si nos fijamos un poco veremos que está producido por la impronta que las apófisis vocales hacen al separar las cuerdas (fig. 3). Este sulcus es más evidente en la inspiración profunda, y más llamativo en personas que tienen una cierta atrofia vocal. En la laringoscopia directa, si el tubo anestésico roza los aritenoides, también puede verse; si palpamos las cuerdas con las micropinzas no tendremos la sensación de adherencia mucoligamentosa que se da en el sulcus tipo 2.
- *Sulcus tipo 2.* Es el llamado sulcus en estría (*vergeture* en la literatura francesa), que corresponde a una atrofia del espacio submucoso en una longitud variable en el borde libre de la cuerda, con el resultado de una adherencia entre la mucosa y el ligamento vocal (fig. 4). Visto desde arriba se aprecia un borde superior y otro inferior y entre medias una banda fibrosa con tensión. La mucosa suele estar atrófica. Al no haber espacio submucoso se produce un arqueamiento de la cuerda y hay una dificultad de la onda mucosa para desplazarse desde la estría hacia arriba. El aspecto con la luz continua es un surco blanquecino, como una especie de canal en el borde de la cuerda, en sentido anteroposterior, con un borde superior y otro inferior; el borde inferior es más rígido que el superior (fig. 5).

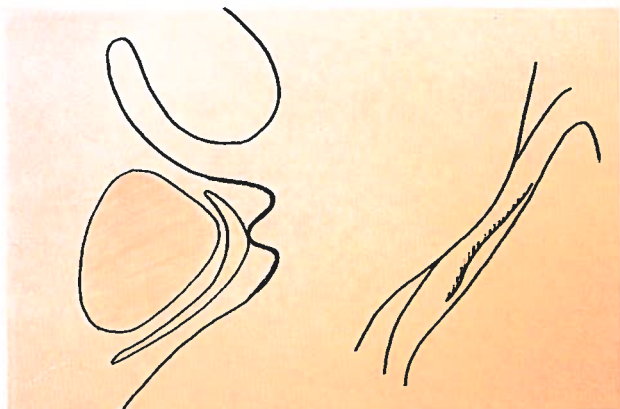


FIG. 4.—Representación esquemática en visión transversa y superior del sulcus en estría (tipo 2).

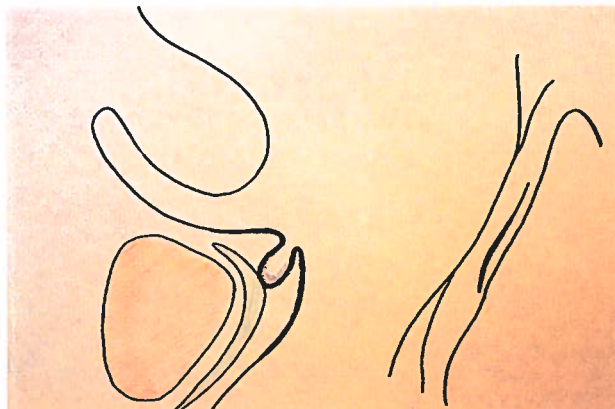


FIG. 6.—Representación esquemática en visión transversa y superior del sulcus en bolsillo (tipo 3). El sulcus en bolsillo podría ser un quiste epidérmico abierto por arriba.

- **Sulcus tipo 3.** Corresponde al sulcus verdadero que hemos descrito al principio, es decir, se trata de una invaginación del epitelio que se extiende a través de la lámina propia superficial para adherirse al ligamento vocal. Esto crea un surco longitudinal o «bolsillo», que es un saco ciego recubierto de epitelio estratificado; se trataría de un quiste epidérmico abierto por arriba (fig. 6). El aspecto, visto superiormente, corresponde a una línea blanquecina en la cara superior de la cuerda, por lo general más corto que la estría, pero con una clínica más llamativa. En ocasiones es difícil de reconocer incluso con estroboscopia (fig. 7).

Clínica

Los sulcus se asocian a otros tipos de lesión por dos razones: porque se manifiestan con otras malformaciones de las cuerdas y porque al variar el patrón de vibración de las cuerdas hay una altera-

ción de la dinámica que favorece la aparición de lesiones de choque, en especial nódulos.

El hallazgo clínico más persistente es la propia imagen de un surco junto con el arqueamiento de la cuerda, lo que produce un defecto de cierre asociado con rigidez del borde libre. La voz tiene un volumen alto con un timbre apagado. Los pacientes suelen presentar fatiga vocal persistente. La rehabilitación vocal no suele corregir completamente los defectos fonatorios.

PUENTES MUCOSOS

El puente mucoso consiste en una brida mucosa unida anterior y posteriormente a lo largo de un fragmento del borde libre de la cuerda vocal. Los puentes mucosos podrían considerarse como quistes epidérmicos abiertos por arriba y por abajo (fig. 8), de forma que podemos introducir un instrumento o una sonda y atravesar la cuerda. La mayoría de las veces los puentes mucosos son muy mediales, de forma que apenas está formado por una



FIG. 5.—Sulcus en estría (tipo 2) muy evidente por la posición en la CV izquierda. Las manchas blanquecinas son mucosidad.

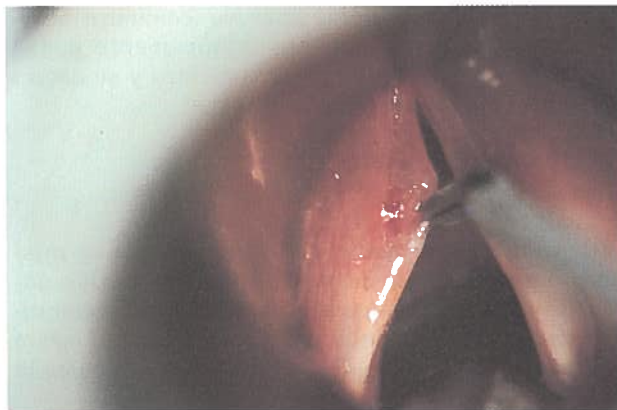


FIG. 7.—Sulcus en bolsillo en CV izquierda, desplegado con las micropinzas para hacerlo evidente (ver figura 9, CV izquierda).

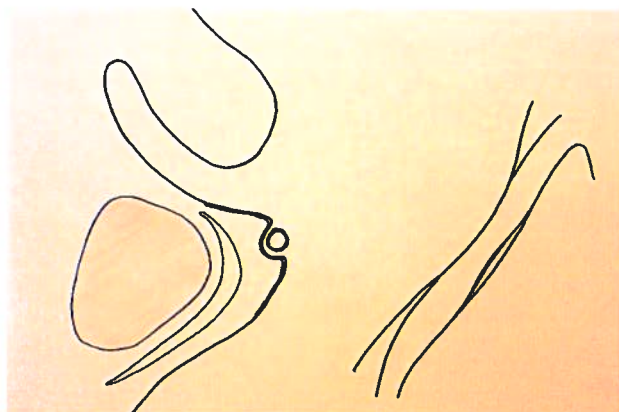


FIG. 8.—Representación esquemática en visión transversa y superior del puente mucoso. El puente mucoso podría ser un quiste epidermoide abierto por arriba y por abajo.

cubierta mucosa de epitelio estratificado (fig. 9). Los puentes mucosos suelen darse asociados y en la cuerda contraria donde se encuentra un quiste o un sulcus. Podría pensarse que los quistes, los sulcus verdaderos y los puentes son fases de un mismo proceso malformativo con diferentes grados de evolución (BOUCHAYER, 1990).

Clínica

Depende del grosor del puente mucoso. La mayoría de las veces es un hallazgo quirúrgico en el momento de explorar la cuerda para corregir un quiste epidermoide o un sulcus. Cuando el puente es ancho puede confundirse con un sulcus tipo 3 (bolsillo), tanto en la clínica como en la laringoscopia abierta.

MICROSINEQUIAS

La microsinequia es un hallazgo quirúrgico consistente en una mínima membrana (2-4 mm.) entre la porción anterior de las cuerdas (comisura anterior) que pueden sospecharse clínicamente por el aumento de capilaridad en la comisura y se asocia a lesiones nodulares de las cuerdas.

Clínica

Las microsinequias no dan clínica por sí mismas. La incidencia de microsinequias en los pacientes con nódulos que requieren tratamiento quirúrgico tras el fallo de la rehabilitación vocal oscila entre el 10-23%. Entre los cantantes con nódulos la

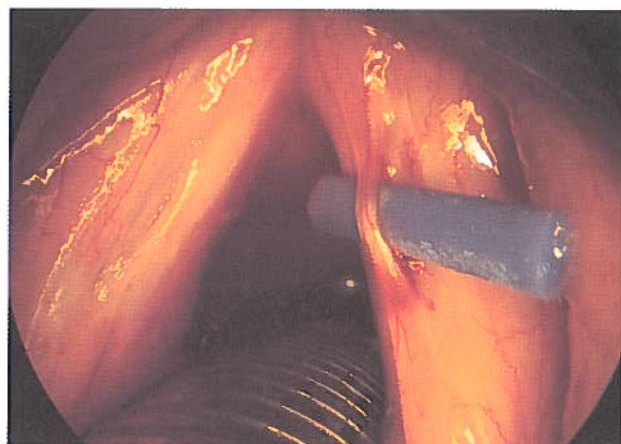


FIG. 9.—Puente mucoso en CV derecha al que se le ha pasado un trozo de vessel-loop. Este paciente presenta en la cara superior de la CV izquierda un sulcus en bolsillo (tipo 3); pequeña línea fibrosa y blanquecina. Este paciente es el mismo de la figura 24 del capítulo de «FonOMICROCIRUGÍA».

incidencia se acerca al 30%. La alta prevalencia de microsinequias en pacientes con nódulos se podría deber a que su presencia hace que la separación de las cuerdas en la vibración esté limitada y tengan un retorno más enérgico por existir cierta elasticidad que modifica la dinámica cordal.

Los niños con nódulos recidivantes presentan frecuentemente microsinequias. Como en el resto de las malformaciones congénitas de las cuerdas, los pacientes que las padecen tienen disfonía desde la infancia.

BIBLIOGRAFÍA

- BOUCHAYER, M.; CORNUT, G.; WITZING, E.; LOIRE, R.; ROCH, J. B., y BASTIAN, R. W.: «Epidermoid cysts, sulci and mucosal bridges of the true vocal cord: A report of 157 cases». *Laryngoscope*, 1985; 95: 1087-1094.
- BOUCHAYER, M.: *Congenital lesions of the vocal fold*. Presented at the First Scandinavian Seminar on Phonosurgery. Estocolmo, 1990.
- FORD, C. N.; INAGI, K.; BLESS, D. M.; KHIDR, A., y GILCHRIST, K. W.: «Sulcus vocalis: A rational analytical approach to diagnosis and management». *Ann. Otol. Laryngol.*, 1996; 105: 189-200.
- HIRANO, M., y KURITA, S.: «Histological structure of the vocal fold and its normal and pathological variations». En: Kirchner, J. A., editor. *Vocal fold histopathology*. San Diego: Colle-Hill Editor, 1986.
- LEE, S. T., y NIIMI, S.: «Vocal fold sulcus». *J. Laryngol. Otol.*, 1990; 104: 876-878.
- MILUTINOVIC, Z., y VASILJEVIC, J.: «Contribution to the understanding of the etiology of vocal fold cysts: A functional and histologic study». *Laryngoscope*, 1992; 102: 568-571.

Lesiones benignas de las cuerdas vocales

F. J. CERVERA PAZ, F. VEGA VAZQUEZ y R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

INTRODUCCION

Entre las alteraciones orgánicas de las cuerdas vocales se encuentra un conjunto de entidades clinicopatológicas de difícil clasificación: las lesiones benignas. En este capítulo nos ocuparemos de estudiar una serie heterogénea de lesiones pseudotumorales que incluye los quistes de la cuerda vocal, los nódulos vocales, los pólipos, el edema de Reinke, los granulomas, las úlceras de contacto, los papilomas y el hematoma de la cuerda vocal. Probablemente de entre los trabajos que se ocupan de definir y clasificar estas lesiones, los conceptos de KLEINSASSER (1986) y DIKKERS y SCHUTTE (1991) son los más aceptados, aunque no existe un criterio uniforme entre los clínicos como demuestra la experiencia. Los tumores primarios, «verdaderos», de la cuerda vocal sean benignos o malignos, tienen por el contrario una clasificación más fácil en función del tejido que les dio origen.

Para ilustrar este particular, en la literatura médica existen algunos trabajos como el de DIKKERS (1991) en que se comparan los diagnósticos ofrecidos ante diversas imágenes estáticas patológicas obtenidas por telelaringoscopia en fonación y durante la respiración. Los diagnósticos provienen de dos grupos: uno, holandés, y otro, alemán, formado por residentes y especialistas en otorrinolaringología y por logopedas. Del análisis de estos datos es llamativo que en ninguno de los casos presentados hubo unanimidad en el diagnóstico clínico ofrecido por residentes y especialistas en los grupos por separado ni en los resultados conjuntos de ambos grupos; el porcentaje máximo de concordancia diagnóstica era del 75%, representando éste cinco imágenes de las 45 presentadas en el estudio.

En los últimos años se han publicado numerosos trabajos sobre la patología orgánica de las cuerdas vocales usando distintas técnicas morfológicas, como microscopia electrónica o inmunohistoquímica (KOUTSIBELAS y cols., 1978; FRENZEL y cols., 1985; STEINBERG y cols., 1985; MOSSALLAM y cols., 1986; KOTBY y cols., 1988; GRAY, 1991; REMACLE y cols., 1992; DIKKERS y cols., 1993; CERVERA-PAZ y cols., 1994; DIKKERS y cols., 1995; GRAY y cols., 1995), con el fin de investigar la patogenia y conseguir una clasificación adecuada de las lesiones benignas.

Ello pone de manifiesto el interés creciente que existe en la patología de la voz.

La incidencia de lesiones benignas de las cuerdas vocales varía según la procedencia de las series analizadas. En la serie de PAINTER (1990) un tercio aproximadamente del total de los pacientes tratados en su laboratorio de voz presentaban lesiones benignas, de las que las más frecuentes eran los nódulos vocales (15%). En las series quirúrgicas (KLEINSASSER, 1968; PORTELA, 1974; LEHMANN y cols., 1981; SUZUKI y cols., 1990) las lesiones más frecuentes son los pólipos, aunque hay series en las que los nódulos representan casi el 25% de las lesiones (BOUCHAYER y cols., 1988).

QUISTES

Concepto y exploración laringoscópica

Existen distintos tipos de quiste, según su etiología e histología, pero realizaremos una descripción global esta patología. Son lesiones, generalmente unilaterales y de superficie lisa, descritas clásicamente como una sobrelevación con forma de tienda de campaña situada en el centro de la porción vibrátil de la cuerda vocal; en el resto de las ubicaciones se manifiestan como elevaciones esféricas, pudiendo encontrarse en cualquier localización (figs. 1 y 2). Los quistes suelen asentar en la vertiente superior o en la vertiente subglótica de las cuerdas vocales, ya que en el borde vibratorio en condiciones normales no existen glándulas (LEHMANN y cols., 1981); generalmente se describen como una masa de apariencia submucosa que protruye en el borde vibrátil de la cuerda. El tamaño de los quistes es variable en el momento del diagnóstico, desde 2 mm. y situación subepitelial hasta varios milímetros, provocando protrusión sobre el borde libre de la cuerda vocal.

La mucosa que recubre a los quistes está en ocasiones adelgazada, presentando cierto grado de transparencia y su contenido es, en muchas ocasiones, fluido y de color amarillento. Los quistes se suelen asociar con frecuencia a *sulcus vocalis* y a lesiones reactivas por contacto en la cuerda contralateral.

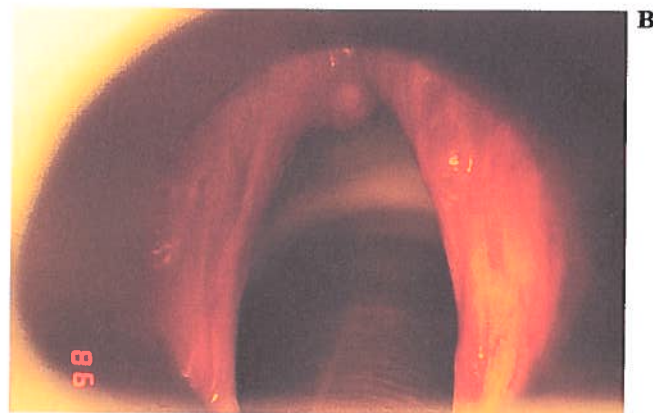
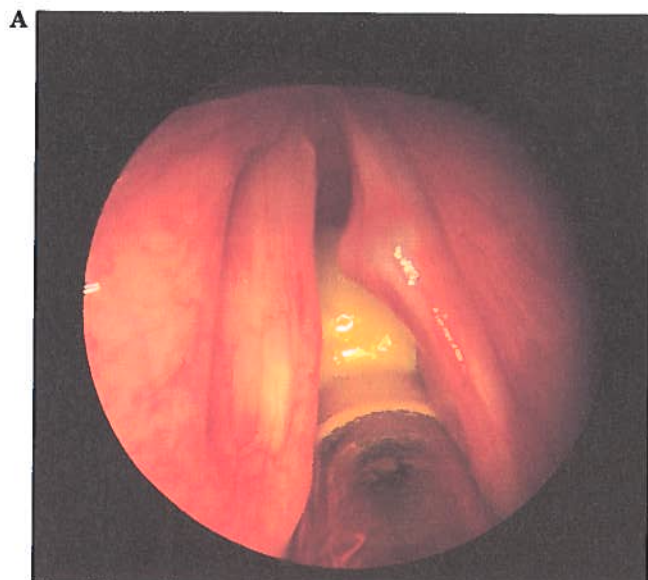


FIG. 1.—Laringoscopia directa; fotografía con óptica de 0°. A: Quiste de retención la cuerda vocal derecha con apariencia típica en tienda de campaña. B: Quiste de comisura anterior, de localización bastante inusual.

Durante la exploración estroboscópica se observa una vibración asimétrica en las cuerdas vocales, a veces aperiódica. La progresión de la onda mucosa se encuentra reducida en la cuerda afecta y no se observa en el lugar de asiento del quiste debido a que existe una fijación del plano de cobertura (HIRANO y BLESS, 1993).

En algunas ocasiones los quistes de cuerda vocal no se evidencian durante la exploración convencional, debiendo sospechar su presencia en pacientes con alto grado de disfonía sin alteraciones visibles y que han seguido un adecuado tratamiento ortofónico.

Epidemiología

Son lesiones que aparecen de ordinario en sujetos adultos, con igual frecuencia en varones y mujeres (LEHMAN y cols., 1981). Representan aproximadamente un 5% de los pacientes vistos en una consulta de voz (PAINTER, 1991) u operados (KLEIN-SASSER, 1968).

Etiología

Los quistes de las cuerdas vocales pueden ser congénitos o adquiridos. Los congénitos se suelen observar en ambas cuerdas vocales o bien asociados a un *sulcus vocalis* en la cuerda contralateral. La etiología de la mayoría de los quistes adquiridos sería la retención de secreción por el bloqueo de un conducto excretor de una glándula mucosa, denominándose quistes de retención. Este mecanismo sería atribuible al trauma fonatorio (SATALOFF, 1991). En algunas ocasiones los quistes aparecen

relacionados con cirugía previa sobre la cuerda vocal, representando en estos casos inclusiones epiteliales submucosas iatrógenas, denominándose entonces quistes de inclusión. En la anamnesis de los pacientes el dato más relevante, cuando aparece, es el abuso fonatorio (BASTIAN, 1991).

Clínica

La clínica predominante es la disfonía crónica.

Histopatología

Los quistes de cuerda vocal son lesiones subepiteliales que clásicamente se clasifican según el tipo de epitelio de revestimiento interno que presentan

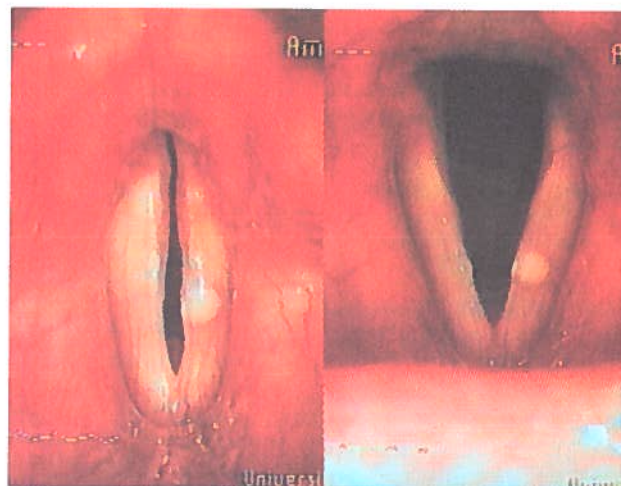


FIG. 2.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. Quiste de la vertiente superior de cuerda vocal izquierda. Durante la fonación se aprecia un defecto de cierre glótico.

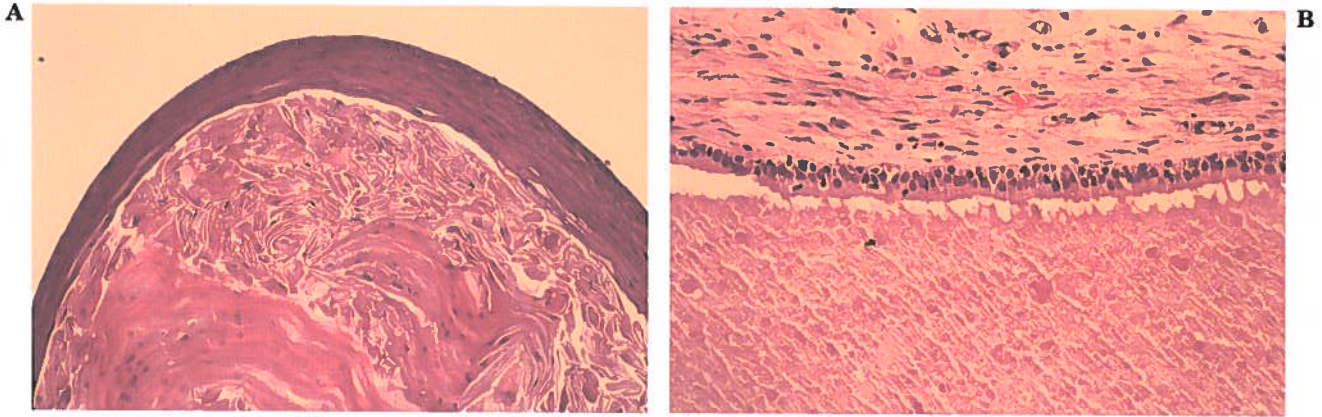


FIG. 3.—A: Quiste de inclusión epidérmico. Por debajo del epitelio de superficie se observa una cavidad quística revestida por epitelio plano estratificado; en el estroma se observan perlas córneas (H-E, $\times 40$). B: Quiste de retención mucoide. Por debajo del epitelio de superficie se observa una cavidad quística revestida por epitelio cilíndrico secretor (H-E, $\times 40$).

en quistes epidermoides, quistes de retención mucoide yquistadenomas. Se denominan quistes de inclusión epidérmicos a los que presentan un epitelio plano estratificado como epitelio de revestimiento (fig. 3 A); se denominan quistes de retención mucoide a los que presentan un epitelio columnar, similar al de los conductos de las glándulas mucoscretoras (figs. 3 B y 4); finalmente se denominan quistadenomas cuando están revestidos por células de aspecto oncócico, es decir, células de citoplasma eosinófilo finamente granular por su alto contenido en mitocondrias y que con frecuencia presentan estructuras papilares. Se denominan pseudoquistes a aquellas cavidades quísticas que no presentan un epitelio de revestimiento. Para HIRANO (1991) los quistes más frecuente son los epidermoides.

Para DESANTO y cols. (1969) el mismo mecanismo obstructivo puede originar quistes epidermoides si presentan una metaplasia escamosa marcada, o quistes de retención si la metaplasia escamosa es parcial o todavía no se ha producido. ROSAI (1996) y otros autores consideran a los quistadenomas como subtipos de los quistes ductales, en los que las células oncócicas representan un cambio metaplásico más que una verdadera neoplasia.

Tratamiento

Suelen ser lesiones que, dependiendo su tamaño, casi siempre requieren la cirugía para su resolución. El procedimiento consiste en una cordotomía, disección con microespátula y exéresis del quiste (fig. 5).

NODULOS VOCALES

Concepto y exploración laringoscópica

Son lesiones de pequeño tamaño, de coloración transparente, sonrosada o blanquecina, descritas

clásicamente como situadas en la unión del tercio medio con el tercio anterior de las cuerdas vocales (fig. 6); esta situación se corresponde con el centro

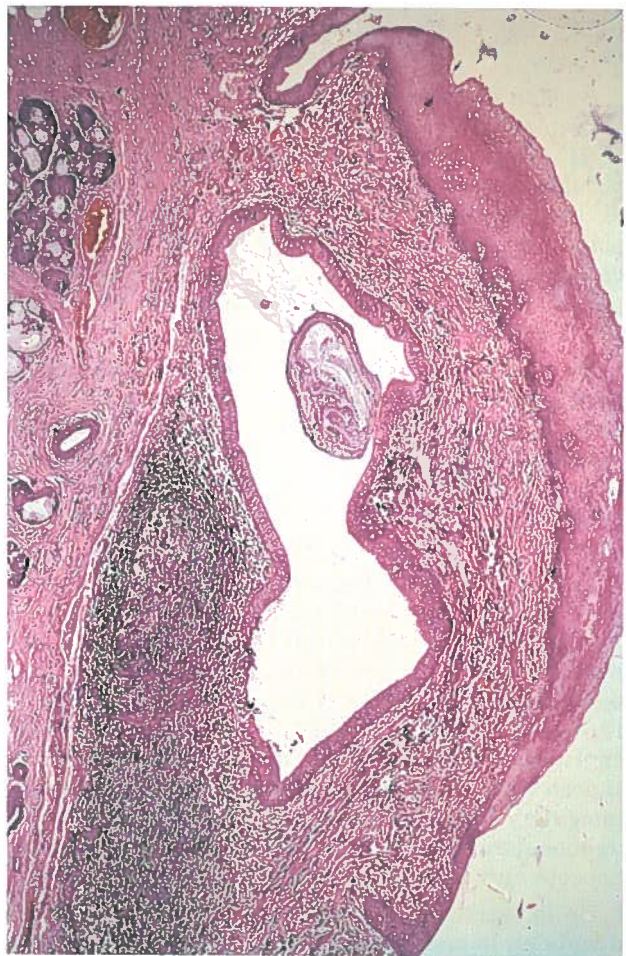


FIG. 4.—Quiste de retención de una pieza de autopsia. Se aprecia la existencia de una cavidad quística revestida por epitelio cilíndrico secretor (H-E, $\times 40$).

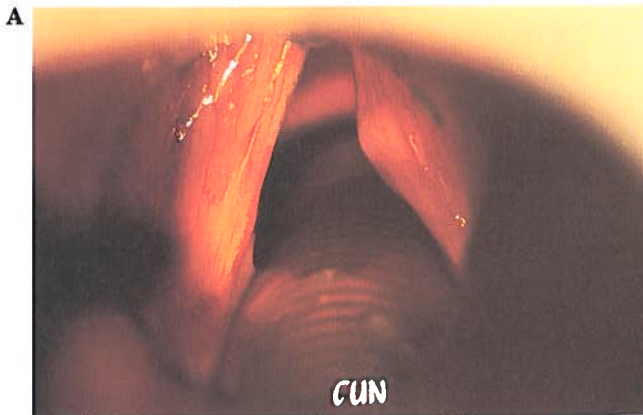


FIG. 5.—Laringoscopia directa. A: Quiste de retención la cuerda vocal derecha; se observa el efecto masa sobre la cuerda vocal. B: Disección del quiste previa a la extirpación.

de la porción vibrátil de las cuerdas, área de mayor impacto durante la fonación. Entre sus características se encuentran la de presentarse siempre en ambas cuerdas vocales en situación simétrica, uno frente al otro, de ahí las denominaciones en inglés de *kissing nodules* o de *nodules bis-a-bis* en francés.

Pueden distinguirse dos tipos de nódulos: los de presentación aguda y los crónicos (DIKKERS y cols., 1991). Como recoge BECKMANN (1970), los nódulos vocales fueron descritos por primera vez por HOFER en 1904 como «nódulos de los cantantes»; la opinión clásica de THOST (1928) afirma que «no serían nunca cantantes de primera línea». En el 95% de los pacientes afectados de nódulos aparece un defecto de cierre glótico (MORRISON, 1983).

En muchas ocasiones una lesión como un pólipo o un quiste puede generar una lesión reactiva de aspecto nodular por el contacto en la cuerda vocal opuesta. Estas lesiones nodulares de contacto son histológicamente iguales a los nódulos vocales, pero nosológicamente no serían englobables en este apartado.

Los nódulos de presentación aguda, «iniciales» para BECKMANN (1970), son lesiones bilaterales puntiformes, generalmente translúcidas y de aspecto edematoso que se pueden encontrar, por ejemplo, en niños tras el llanto intenso o en cantantes, aún en los más expertos, después de un concierto. Suelen regresar a los pocos días con el reposo vocal. Los nódulos crónicos, de aspecto blanquecino y fibrótico, son de mayor tamaño que los agudos, pudiendo presentar cuando inveterados un aspecto muy firme.

En la estroboscopia se observa una amplitud reducida en la ondulación de ambas cuerdas vocales, que se mantiene simétrica; los nódulos agudos acompañan a la onda mucosa en su progresión, mientras que esto no sucede en los nódulos cróni-



cos (HIRANO y BLESS, 1993). La configuración del área glótica es irregular por un defecto de cierre anterior y posterior, «en reloj de arena», generado por los nódulos (fig. 7).

El diagnóstico diferencial con quistes de pequeño tamaño que originen una lesión por contacto en la cuerda contralateral puede ser difícil durante la exploración.

Epidemiología

En las grandes series publicadas de patología benigna de laringe representan entre un 17 y 24% (HOLINGER y JOHNSTON, 1951; CORNUT y BOUCHAYER, 1988). Los nódulos vocales son lesiones que predominan en mujeres, con una mayor incidencia en la

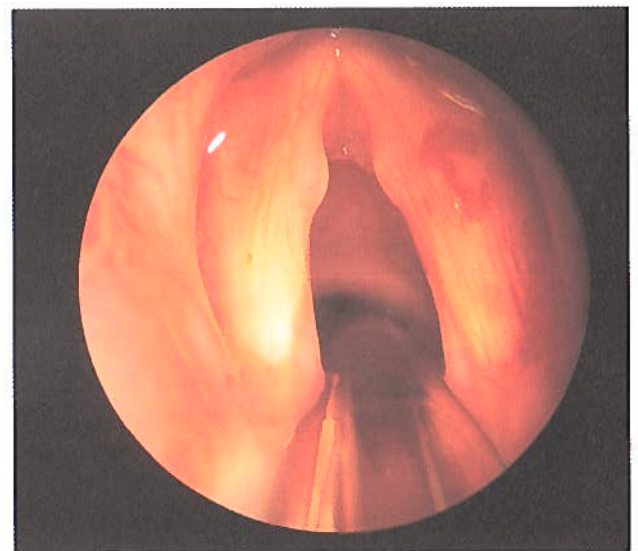


FIG. 6.—Laringoscopia directa; fotografía con óptica de 0°. Nódulos vocales. Se aprecia la simetría estricta de las lesiones.

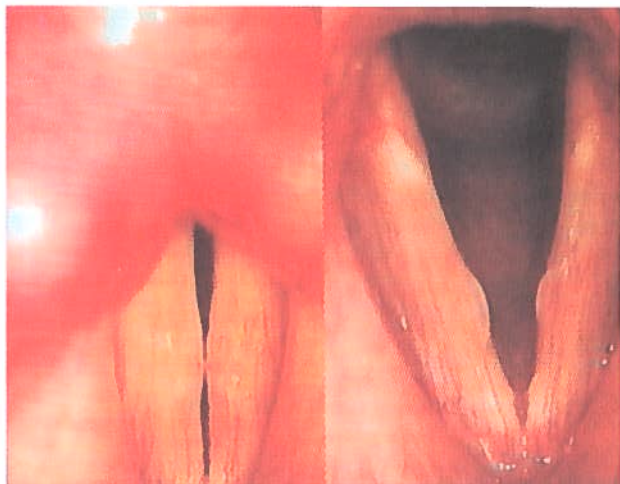


FIG. 7.—Laringoscopia indirecta con óptica de 90°. Nódulos vocales en fonación y respiración. Durante la fonación se aprecia un defecto de cierre glótico en «reloj de arena».

segunda década de la vida. Cuando aparecen en la infancia, prevalecen en pacientes varones. Son lesiones con mayor prevalencia entre los profesionales de la voz.

Etiología

Los nódulos son, probablemente, las lesiones cuya etiología traumática-fonatoria es más clara. Los nódulos agudos aparecen por un abuso vocal intenso en un corto período de tiempo; los nódulos crónicos aparecen como respuesta inflamatoria organizada ante la hiperfunción persistente. LEBOVICS (1991) señala también como factores desencadenantes a la sinusitis y otras infecciones de la vía respiratoria superior y a las afecciones alérgicas. En la anamnesis no se encuentran generalmente otros factores irritantes como la exposición al humo del tabaco.

Clínica

Aunque el síntoma principal es la disfonía, muchos pacientes con nódulos no presentan afectación mayor de la calidad vocal.

Histopatología

La apariencia microscópica de los nódulos varía según el tiempo de evolución. El diagnóstico histopatológico de nódulo se basa en la observación de cambios en el estroma (DIKKERS, 1995). En los estadios iniciales la lesión está constituida por un estroma edematoso con proliferación de fibroblastos activados. Posteriormente se caracteriza por la presencia de un estroma con colágeno hialinizado y rico en vasos dilatados (fig. 8 A). Inicialmente se pensó que los depósitos hialinos PAS positivos del estroma correspondían a depósitos de amiloide y por eso se denominaba a esta lesión «tumor amiloide» (fig. 8 B). El epitelio en los estadios iniciales no presenta cambios, mientras que en estadios más avanzados presenta hiperqueratosis y paraqueratosis. Al micros-

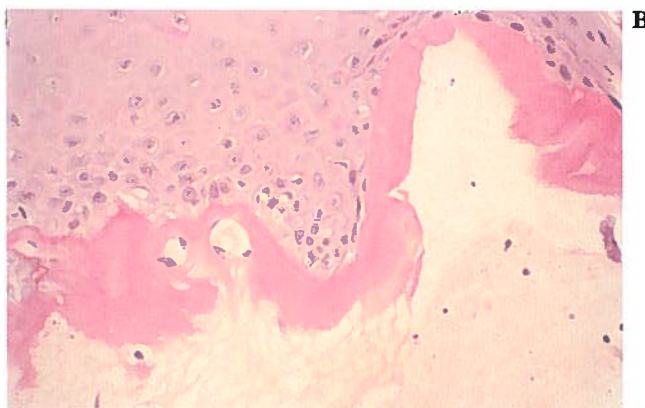
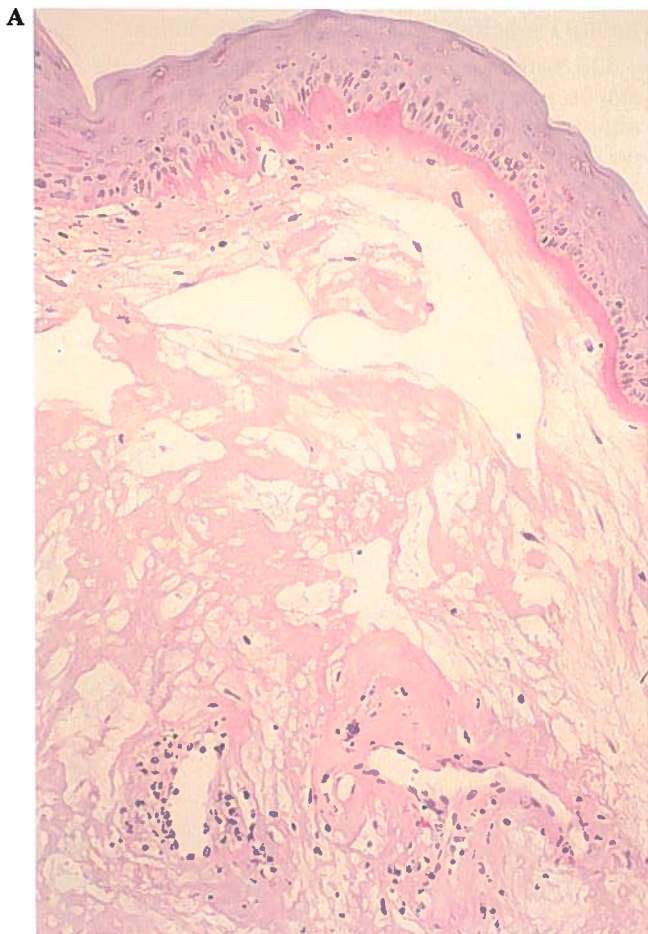


FIG. 8.—Nódulo vocal. A: Destaca la presencia de un estroma edematoso con colágeno hialinizado y un engrosamiento de la membrana basal por depósito de material PAS positivo (PAS, $\times 40$). B: Detalle del depósito del material PAS positivo de la membrana basal (PAS, $\times 100$).

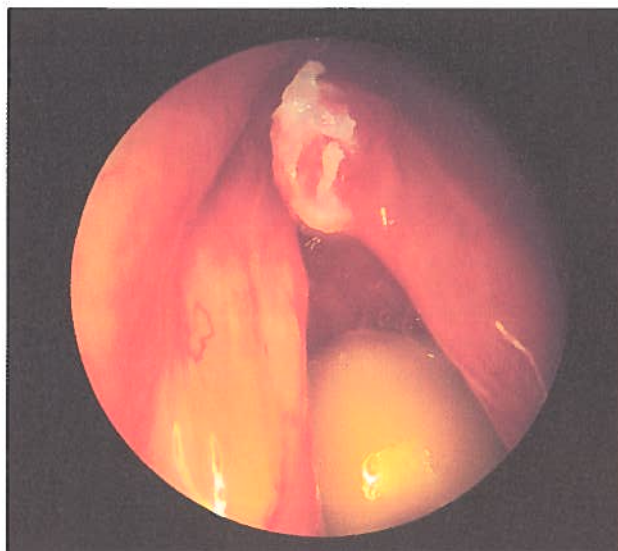


FIG. 9.—Laringoscopia directa; fotografía con óptica de 0°. Pólipo fibroso de tercio anterior con marcada queratosis.

copio electrónico la membrana basal suele estar engrosada por un depósito del colágeno tipo IV; inmunohistoquímicamente se demuestra un aumento de fibronectina en la lámina propia superficial, reflejo de la lesión en la membrana basal.

Tratamiento

El tratamiento de los nódulos agudo es el reposo vocal. En los nódulos crónicos, mientras que la disfonía no sea limitante, deberá evitarse la cirugía; el tratamiento inicial es logopédico. En los niños debe prevalecer un criterio conservador hasta la madurez de conducta del niño, momento en que normalmente los nódulos regresan espontáneamente; durante este período es obligado seguir un

programa de tratamiento logopédico. La cirugía en los niños debe, pues, evitarse, salvo que la disfonía sea acusada e interrumpa la locución de forma considerable o genere inquietud importante en los padres. Cuando se opta por la cirugía es igualmente aconsejado el tratamiento logopédico pre y postoperatorio, ya que debe conseguirse la modificación del hábito vocal para evitar la reaparición de las lesiones.

POLIPOS

Concepto y exploración laringoscópica

Son lesiones que aparecen, generalmente de modo unilateral, en el centro de la porción vibrátil de la cuerda vocal, aunque en ocasiones se localizan muy próximos a la comisura anterior (fig. 9). La mayor parte de los pólipos son de pequeño tamaño, aunque hay lesiones de dimensiones considerables (fig. 10). Su aspecto es muy variable, siendo su característica típica la apariencia angiomatosa. La implantación en la cuerda vocal pueden ser mediante una base amplia, denominándose entonces pólipos sésiles, o mediante un pedículo, denominándose entonces pólipos pediculados. Ocasionalmente los pólipos pueden ser polilobulados.

Los pólipos se suelen asociar con frecuencia a lesiones por contacto en la cuerda contralateral. En algunas ocasiones el diagnóstico diferencial con los quistes es difícil, aun durante la laringoscopia directa.

La exploración con luz estroboscópica permite observar una clara asimetría en la vibración de las cuerdas; generalmente la amplitud de la vibración está disminuida en ambas cuerdas, aunque este hecho es más marcado en la cuerda que presenta la lesión (HIRANO y BLESS, 1993).

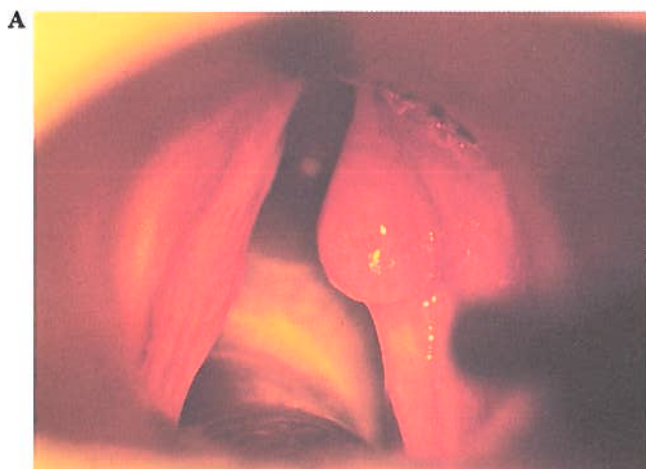


FIG. 10.—Laringoscopia directa. A: Pólipo gelatinoso pediculado de tercio anterior. B: Pólipo bilobulado gigante.

Epidemiología

Como se comentó en la introducción, son las lesiones más frecuentes en las series quirúrgicas. Predominan en varones, hasta casi un 80% de los pacientes, con una máxima incidencia entre los treinta y cincuenta años (DIKKERS, 1994).

Etiología

Son lesiones asociadas a la combinación de abuso vocal crónico y hábito tabáquico (KLEINSASSER, 1982), presente en casi el 80% de los pacientes. En algunos pacientes con pólipos existen antecedentes de hematoma de las cuerdas vocales, pudiendo considerarse entonces como una organización de los hematomas.

Clínica

La sintomatología más frecuente ocasionada por los pólipos es la disfonía crónica, presente en más del 80% de los pacientes; con mucha frecuencia generan carraspeo. Si el pólipo presenta un pedículo largo puede originar una disfonía intermitente, ya que el pólipo puede caer al espacio subglótico en la inspiración y las cuerdas contactar limpiamente durante la fonación (fig. 11). Si el pólipo es de gran tamaño puede ocasionar disnea o espasmos de glotis. Acústicamente se identifican laxitud del plano de cobertura y bitonalidad.

Histopatología

Microscópicamente no existen características histológicas claras que permitan diferenciar los pólipos

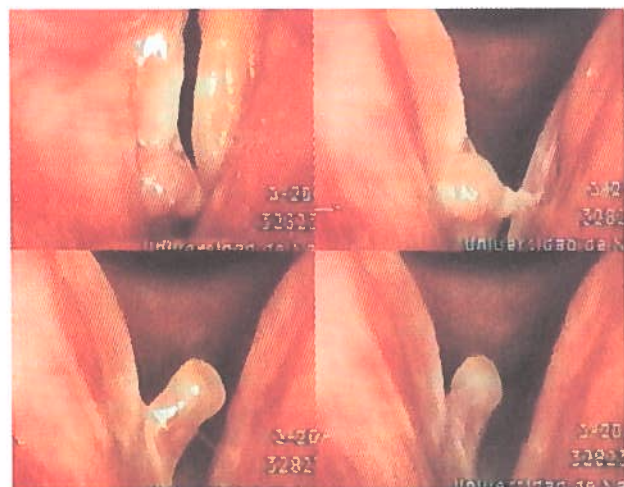


FIG. 11.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. Secuencia de imágenes en la que se muestra la propulsión a través de la glotis de un pólipo pediculado.

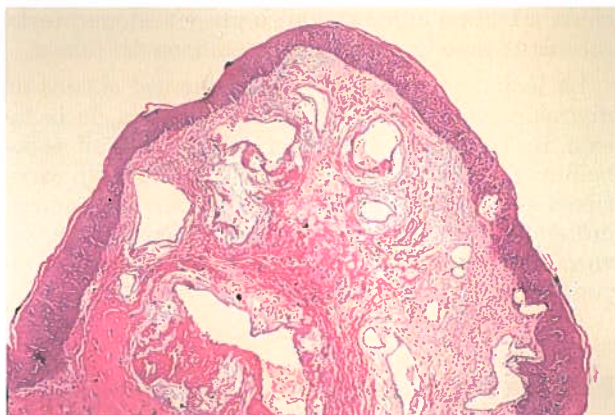


FIG. 12.—Microscopia óptica de un pólipo de tipo telangiectásico. El estroma presenta numerosas dilataciones vasculares y abundante colágeno hialinizado (H-E, $\times 40$).

de los nódulos, ni aún con microscopio electrónico (BARTUAL y cols., 1972). Al igual que en los nódulos, se observa un estroma edematoso con colágeno hialinizado, que presenta una cantidad variable de vasos sanguíneos (fig. 12), que en ocasiones son abundantes y están dilatados simulando un hemangioma. En el epitelio suele observarse una hiperqueratosis. Hay estudios que sugieren que el número de células de Langerhans presentes en el epitelio de los pólipos de laringe parece estar aumentado (THOMPSON y cols., 1996).

De entre las distintas clasificaciones histológicas seguiremos la de KLEINSASSER (1968), que es sencilla y está ampliamente aceptada. Distingue tres tipos:

- *Los pólipos gelatinosos*, formados por masas gelatinosas y mucosas situadas en el seno de un conjuntivo laxo, en los que predomina el componente edematoso.
- *Los pólipos fibrosos*, con un núcleo conjuntivo, rico en fibras y células.
- *Los pólipos telangiectásicos*, en los que predomina el componente vascular, mostrando espacios sanguíneos cavernosos de diferente tamaño, a veces trombosados o hialinizados.

Probablemente el pólipo fibroso representa un estadio envejecido y crónico del pólipo gelatinoso.

Tratamiento

En la mayoría de los pólipos suele ser necesaria la cirugía ya que no mejoran lo suficiente con el tratamiento logopédico; si se dejan evolucionar sin tratamiento de modo crónico se producen secundariamente lesiones contralaterales por contacto, que deterioran aún más la voz y hacen más necesaria la cirugía (CASIANO y cols., 1991). En caso de que la disfonía sea limitante debe indicarse la cirugía, aso-

ciada a tratamiento ortofónico pre y postoperatorio, recomendando igualmente el abandono del tabaco.

La lesión se reseca con instrumental clásico de microcirugía mediante tracción delicada de la lesión. En caso de que el pólipo sea de tipo sésil se debe limitar la resección del epitelio. En nuestra experiencia el empleo del láser de CO₂ con micromanipulador en los casos en que se observan ectasias vasculares a nivel del pedículo de implantación del pólipo mejora la técnica clásica de resección.

EDEMA DE REINKE

Concepto y exploración laringoscópica

Según las distintas escuelas recibe nombres como laringitis crónica hipertrófica edematosa o pseudomixomatosa, degeneración o corditis polipoidea, fibromixoma o poliposis bilateral difusa. DIKKERS y SCHUTTE (1991) lo definen como una tumefacción sésil de las cuerdas, de asiento uni o bilateral y llena de un fluido gelatinoso (fig. 13), conservándose una buena movilidad de las cuerdas en la fonación, pero que origina una disfonía intensa y conlleva una mala calidad vocal. El edema es bilateral en el 62,5 al 85% de los casos (HOLINGER y JOHNSTON, 1951) y más marcado en la porción posterior de las cuerdas. En ocasiones se pueden encontrar áreas esféricas pseudolobuladas sobre el edema global de la cuerda que recuerdan la imagen de un pólipo.

Durante la exploración estroboscópica se observa generalmente cierre completo de la glotis con un patrón asimétrico en el movimiento de ambas cuerdas vocales y una marcada onda mucosa; la rigidez de la cuerda está claramente disminuida (HIRANO y BLESS, 1993).

Epidemiología

La distribución por sexos del edema de Reinke varía ampliamente según las series, aunque para algunos autores es una lesión que predomina en las mujeres (VAUGHAN y cols., 1989). La edad de presentación oscila entre los catorce y setenta y ocho años, con una máxima incidencia entre los cuarenta y sesenta años (DIKKERS, 1994).

Etiología

Es bastante clara para la mayoría de los autores ya que es una lesión asociada casi siempre al abuso vocal y a un gran consumo de tabaco. MYERSON (1950) describe la lesión por primera vez en la literatura americana como «laringe de fumador». Se ha descrito la aparición de edema de Reinke como un signo precoz de hipotiroidismo, representando el edema una infiltración mixematosa de las cuerdas (SATALOFF, 1991); sin embargo, no se ha demostrado una mayor incidencia de edema de Reinke en los hipotiroideos que en la población general (WHITE y cols., 1991). Algunos autores (KLEINSSASSER, 1986) han descrito la asociación de edema de Reinke y patología de los senos paranasales, que estimamos como mera coincidencia.

TILLMANN y cols. (1995) han publicado recientemente un estudio sobre la patogenia de edema de Reinke basado en el análisis inmunohistoquímico y con microscopia electrónica de las muestras de 60 pacientes. Estos autores concluyen que el edema se desarrolla como una neobursa en la cuerda vocal, siendo atribuible su aparición a lesión mecánica de la misma.

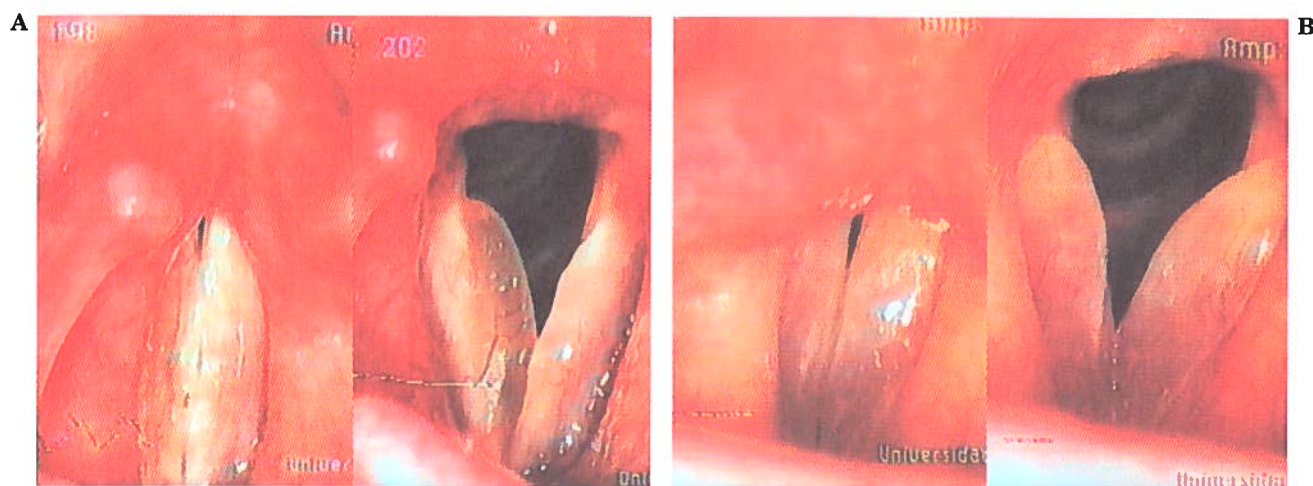


FIG. 13.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. A: Imágenes en fonación y durante la respiración de un edema de Reinke muy marcado en la cuerda vocal derecha. B: Imágenes en fonación y durante la respiración de un edema de Reinke bilateral.

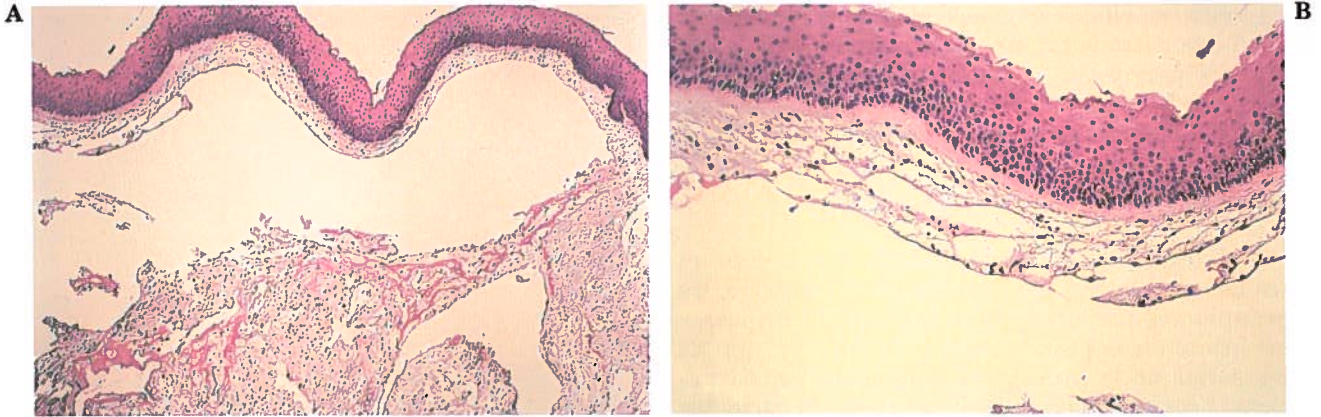


FIG. 14.—Microscopia óptica de un edema de Reinke. A: Espacios o hendiduras ópticamente vacíos por debajo del epitelio de superficie (H-E, $\times 40$). B: Detalle de la preparación en la que no se observa ningún tipo de revestimiento epitelial de las hendiduras (H-E, $\times 100$).

Clínica

La disfonía aparece como principal síntoma en el 97% de los casos (DIKKERS, 1994), seguida por carraspeo y tos frecuentes. Los varones presentan un tono menor de 80 Hz. (BAARSMA, 1977) y las mujeres menor de 108 Hz. (BENNET y cols., 1987). La frecuencia fundamental es menor de lo normal y el rango dinámico está significativamente disminuido (GREENE y cols., 1989). En casos donde el edema sea muy extenso puede aparecer cierto grado de disnea de origen laríngeo de instauración lenta, asociada a veces a estridor.

Acústicamente la voz impresiona como de una gran laxitud del plano de cobertura, con gran irregularidad en la emisión, bitonalidad y frecuencia fundamental baja.

Histopatología

Microscópicamente se caracteriza por la presencia de hendiduras o espacios claros subepiteliales en la capa superficial de la lámina propia (fig. 14 A). En la mayor parte de los casos son ópticamente vacías, pero en ocasiones se puede ver un material fibrilar de naturaleza proteica. Estas hendiduras no tienen revestimiento propio, sino que están limitadas por fibroblastos del tejido conectivo o la propia matriz extracelular (fig. 14 B). A diferencia del nódulo laríngeo en el que se observa un incremento de la cantidad de fibronectina en la capa superficial de la lámina propia, en el edema de Reinke la cantidad de fibronectina es menor incluso que en cuerdas vocales normales (GRAY y cols., 1995). La fibronectina es una glicoproteína de la matriz extracelular presente en moderada cantidad en la capa superficial, que se incrementa al igual que el colágeno tipo IV cuando existe daño de la membrana basal (ver nódulo laríngeo). El epitelio de la cuerda vocal no presenta alteraciones, aunque a veces se observa una ligera paraqueratosis.

El edema de Reinke se localiza característicamente en el estrato superficial de la lámina propia o espacio de Reinke de una o ambas cuerdas vocales. El edema afecta a toda o casi toda la extensión de la cuerda, quedando delimitado por las líneas arquatas superior e inferior y por las máculas flavas anterior y posterior; el edema de Reinke es una lesión que no adopta morfología pediculada. Estos dos últimos datos permiten su diagnóstico diferencial con los pólipos sésiles. Se ha descrito una clasificación del edema según los grados de lesión, desde el detectable sólo microscópicamente hasta el edema masivo (SAVIC, 1976).

Tratamiento

El edema de Reinke suele mejorar de forma espectacular si se evitan los factores irritantes y si se lleva a cabo un programa adecuado de rehabilitación logopédica; por tanto hay que insistir al paciente en que transforme sus hábitos de vida. Si a pesar de ello, la calidad de la voz es mala, la cirugía es el tratamiento adecuado. El criterio clásico de operar una sola cuerda vocal es en la actualidad puesto en entredicho por muchos autores (VAUGHAN y cols., 1989); debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la cirugía bilateral es la causa más frecuente de sinequias. En nuestra experiencia, si la extensión de la cirugía no supera la mácula flava anterior, manteniéndonos a unos 3 mm. del vértice anterior de la glotis, la cirugía simultánea de ambas cuerdas no debe generar sinequia.

La habitual asimetría en volumen del edema de las cuerdas puede aconsejar el tratamiento quirúrgico del lado más voluminoso. El resultado de esta actitud es muy bueno cuando el edema de la cuerda respetada es discreto y no se pretende un cambio profundo en la calidad de la voz.

La cirugía se realiza mediante una incisión de cordotomía en el borde superior y aspiración del fluido

contenido en ella, seccionando el epitelio redundante mediante microtijeras. En nuestra experiencia, el empleo del láser de CO₂ en pacientes con ectasias vasculares puede aportar un campo operatorio más adecuado por la ausencia de sangrado que limite la visión.

GRANULOMAS NO ESPECIFICOS

Incluimos en este apartado cuatro formas diferentes de granulomas: los granulomas de contacto, los granulomas por intubación, los postquirúrgicos y los granulomas postinyección de teflón. En una de las series de la literatura, compuesta por 61 pacientes con granulomas no específicos, 28 pacientes presentaban granulomas postraumáticos, 28 granulomas por contacto y cuatro granulomas idiopáticos (LEHMANN y cols., 1989).

Granulomas de contacto (úlcera de Jackson)

Concepto y exploración laringoscópica

Se trata de una lesión sobreelevada recubierta generalmente por una mucosa muy delgada o de aspecto superficial ulcerado que afecta a una o ambas cuerdas vocales y que asienta sobre las apófisis vocales de los aritenoides (fig. 15). La primera descripción de esta entidad patológica fue realizada por VIRCHOW (1887), quien la denominó «paquidermia laríngea». Recibe también los nombres de úlcera de Jackson o de Holinger y Johnston por ser estos autores los que más casos aportaron inicialmente y mejor describieron esta lesión (JACKSON, 1928; HOLINGER y cols., 1960).

El aspecto laringoscópico varía de unos casos a otros, siendo la presentación más común la de una masa esférica sobre las apófisis vocal de un aritenoides, en simetría con una lesión de menor volumen y a veces ulcerada sobre las apófisis vocal opuesta. Puede limitarse a una lesión ulcerada en un solo lado o reconocerse como tal sobre la cara interna de ambas apófisis vocales. Durante la exploración se observa generalmente un defecto de cierre glótico posterior. No es infrecuente observar la existencia de una bilobulación de la masa generada por una entayadura que la divide en dos en sentido craneocaudal; se debe este hecho a la impronta que genera la apófisis vocal opuesta durante la oclusión glótica. La variación en su presentación se atribuye a diferentes estadios de la lesión. La forma ulcerada uni o bilateral se corresponde a la primera etapa de la lesión o a la última de la fase de curación.

En ocasiones el aspecto de la lesión debe hacernos plantear el diagnóstico diferencial con la tuberculosis o carcinoma laríngeos.

Con luz estroboscópica no se aprecia alteración de la onda mucosa, ya que generalmente las cuer-

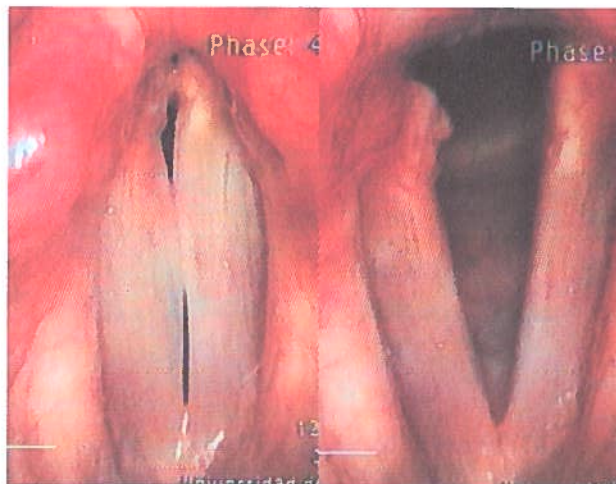


FIG. 15.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. Imágenes en fonación y durante la respiración de un granuloma de contacto sobre la apófisis vocal de la cuerda vocal derecha.

das vocales no se encuentran afectas (VAUGHAN y cols., 1989).

Epidemiología

Es una lesión propia del sexo masculino, con una incidencia máxima entre la tercera y sexta décadas de la vida (BECKMANN, 1970). En nuestra experiencia la relación es íntima con profesiones que demandan un uso excesivo de la voz. Para una descripción minuciosa de la epidemiología de la úlcera de contacto recomendamos revisar el trabajo de WATSON y cols. (1990).

Etiología

Tradicionalmente se ha considerado que el factor etiológico más importante es el abuso vocal sumado a una hiperfunción, caracterizada por el ataque duro o explosivo de la voz. JACKSON (1928) interpreta que el traumatismo generador de la lesión se debe a un mecanismo de tipo martillo-yunque entre ambas apófisis vocales; dicho mecanismo iniciaría un proceso consistente en necrosis epitelial, denudación y posterior necrosis cartilaginosa, ulceración y reparación. La reparación no se produciría hasta la total curación de la necrosis cartilaginosa.

En el momento actual se considera que existe un factor subyacente de máxima importancia como es el reflujo gastroesofágico (GOLDBERG, 1978), que facilitaría la ulceración epitelial y generación del granuloma en el área de mayor contacto mecánico. A nuestro entender este factor etiológico es indudable como demuestra el hecho de que el tratamiento médico y postural del reflujo, combinado con el reposo vocal y el tratamiento logopédico, lleva consigo generalmente la curación de la lesión.

Clínica

La clínica es variable tanto en los síntomas como en el grado de afectación. En relación a la voz, la característica es una frecuencia fundamental baja que se acompaña fatiga vocal y necesidad de aclarar la voz mediante tos o carraspeo frecuentes (BASTIAN, 1986; SATALOFF, 1991). La fonastenia que suele acompañar a la disfonía es más debida a la mala técnica fonatoria que a la propia lesión (VAUGHAN y cols., 1989). En ocasiones cursa con dolor a la fonación y sensación de cuerpo extraño faríngeo.

En muchos pacientes existe un perfil psicológico típico caracterizado por una gran tensión emocional, personalidad agresiva, introversión, tendencia a la depresión y cancerofobia (GOULD y cols., 1995).

Histopatología

Microscópicamente se suele observar como una masa de tejido de forma polipoide por la presencia un tejido de granulación exuberante (fig. 16). Este tejido de granulación está constituido por fibroblastos, vasos de tipo capilar y un infiltrado inflamatorio crónico constituido por linfocitos y células plasmáticas. Este tejido de granulación puede ser confundido con un granuloma piógeno, pero a diferencia de éste carece del patrón lobular típico. En ocasiones puede aparecer necrosis fibrinoide acompañada de células de estirpe inflamatoria (WENIG y cols., 1990). Aunque en las descripciones clásicas se señala que el epitelio que recubre la lesión no está ulcerado, y sería por tanto incorrecta la denominación de úlcera (KLEINSASSER, 1968), en ocasiones puede estar ulcerado o mostrar cambios hiperplásicos tan marcados que simulan un carcinoma (hiperplasia pseudoepiteliomatosa).

Tratamiento

El tratamiento del granuloma de contacto debe ser combinado: reposo vocal inicial, rehabilitación logopédica y tratamiento antirreflujo; se ha demostrado como un tratamiento muy eficaz el uso de fármacos antiácidos antisecretores, obteniéndose hasta un 80% de remisión de las lesiones si se asocia a tratamiento logopédico (MAIER y cols., 1994).

Debe optarse por la extirpación quirúrgica mediante láser de CO₂ en los casos en que se dude de la naturaleza histológica de la lesión, en los que exista una extensión de la lesión a la región posterior de la porción membranosa de las cuerdas vocales o a la cara interna del aritenoides. En los casos rebeldes al tratamiento conservador adecuado o que evolucionen hacia masas de gran volumen también está indicada la cirugía en un intento de curación o paliación.

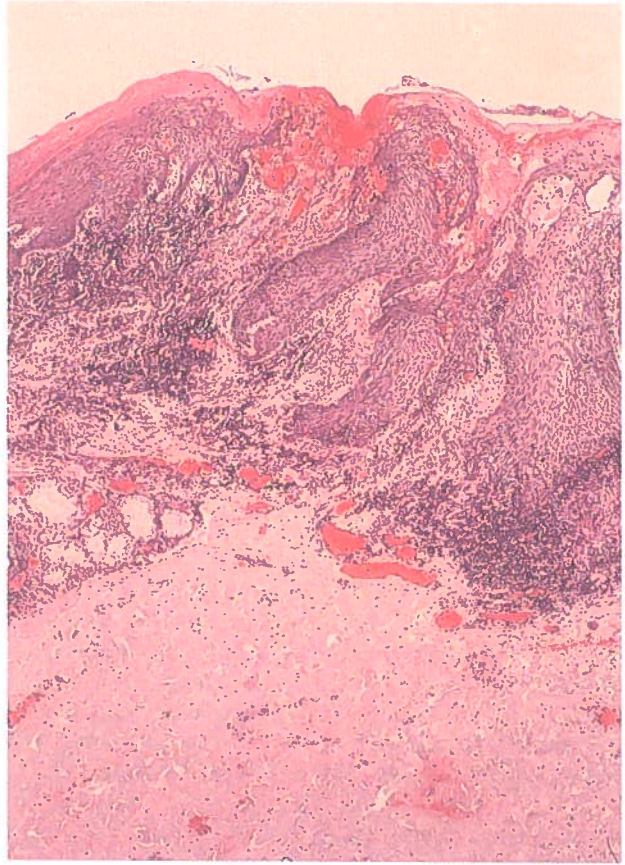


FIG. 16.—Microscopia óptica de un granuloma de contacto en el que se aprecia una solución de continuidad en el epitelio que aparece ocupada por tejido de granulación y focos de hemorragia; el epitelio adyacente presenta cierto grado de hiperplasia (H-E, $\times 40$).

Granulomas postintubación

Concepto y exploración laringoscópica

Al igual que los granulomas de contacto, son lesiones que asientan sobre la cara interna de las apófisis vocales de los aritenoides. Suelen ser lesiones bilaterales, de color blanquecino o sonrosado y de aspecto friable (fig. 17 A).

Epidemiología

Su incidencia varía entre el 3,2 y el 8,4% (KLEINSASSER, 1968; PAINTER, 1991), sin que aparezca una mayor incidencia por sexos. Entre el 0,005 y el 1% de las intubaciones provocan lesiones granulomatosas en la laringe (GOULD y cols., 1995).

Etiología

Los granulomas postintubación son producto de la necrosis e infección sobreañadida provocada por la

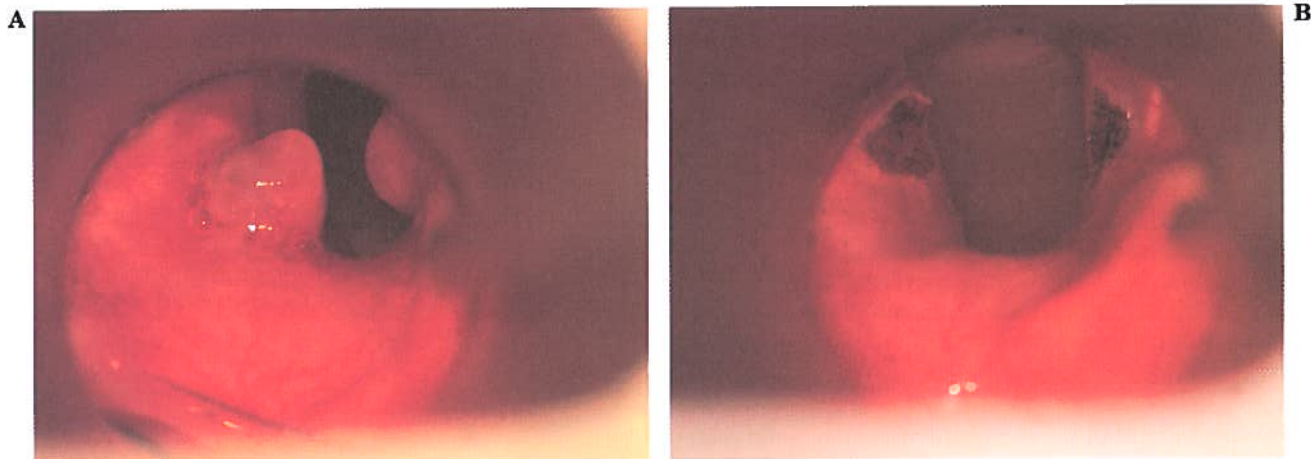


FIG. 17.—Laringoscopia directa. A: Granuloma postintubación prolongada. B: Imagen tras la resección con láser de CO₂.

presencia prolongada y decúbito de un tubo endotraqueal. Los principales factores desencadenantes son el uso de tubos endotraqueales de modo prolongado, el uso de tubos de tamaño mayor del adecuado para el paciente, así como el uso de tubos inadecuadamente fijados y con movilidad excesiva. Pueden considerarse factores sobreañadidos el mal estado general y la pobre oxigenación tisular de los pacientes.

Clínica

Cuando los granulomas son pequeños y laxos cursan exclusivamente con cierta incomodidad laríngea que obliga al carraspeo frecuente y ligero dolor a la fonación. Cuando afectan a la porción membranosa de la cuerda vocal, aunque sea en pequeña medida, se afecta la calidad vocal. Los granulomas de gran tamaño limitan la oclusión glótica, llevando consigo el defecto vocal propio de esta situación; pueden igualmente provocar disnea. En ocasiones estas lesiones granulomatosas cursan sin síntomas iniciales llamativos a pesar de existir una gran lesión tisular, generando poco después una fusión intercordal o una sinequia interaritenoides.

Histopatología

Los granulomas postintubación están constituidos por un tejido de granulación más o menos proliferativo y rico en vasos; en ocasiones puede observarse una necrosis parcial del cartílago aritenoides subyacente a la lesión (SHIN y cols., 1994).

Tratamiento

Cuando los granulomas postintubación son de pequeño tamaño, la mayoría de ellos responde a un tratamiento conservador basado en el reposo de voz

y el uso de antibióticos y antiinflamatorios. En aquellos de gran tamaño o que no responden al tratamiento médico está indicada la resección quirúrgica mediante láser de CO₂, obteniéndose buenos resultados (fig. 17 B).

Granulomas postquirúrgicos

Concepto y exploración laringoscópica

Son lesiones generalmente de aspecto esférico o mamelonado y coloración blanquecina a rojiza que pueden asientar en cualquier área de la laringe en la que se haya producido una lesión tisular quirúrgica importante (fig. 18).

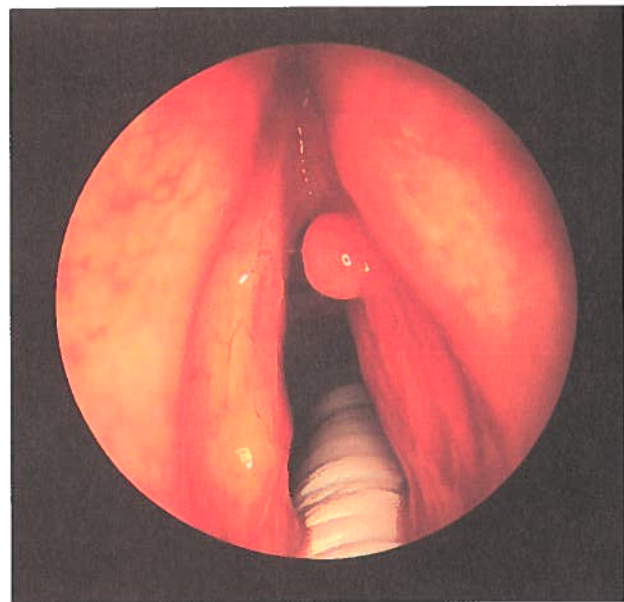


FIG. 18.—Laringoscopia directa con óptica de 0°. Granuloma en un paciente sometido dos meses antes a cordectomía con láser de CO₂.

Etiología

Se consideran producto de una cicatrización por segunda intención, en ocasiones por infección del lecho quirúrgico. También se han descrito granulomas por la presencia de restos cartilagosos, material de sutura o por decúbito por compresión de un dilataador o un soporte para el tratamiento de una estenosis o sinequia laríngea. Se producen con relativa frecuencia después de una cordectomía convencional, sobre todo si se deja músculo expuesto, o tras resecciones parciales de la cuerda vocal con láser de CO₂, así como consecuencia de traumatismos laríngeos.

Clínica

Los granulomas postquirúrgicos cuando asientan sobre la cuerda vocal se acompañan generalmente de marcada disfonía. Su presencia se une al defecto quirúrgico generado por la cirugía inicial, aumentando así el grado de disfonía, ya que la cuerda vocal sana contacta con la otra cuerda que ofrece un borde irregular y de propiedades mecánicas diferentes a aquélla. En ocasiones si el granuloma es de gran volumen o se ha producido una sinequia de cuerdas vocales pueden aparecer disnea.

Histopatología

Están constituidos por tejido de granulación formado por fibroblastos proliferantes, una rica red de vasos de tipo capilar y un infiltrado inflamatorio de tipo crónico de linfocitos y células plasmáticas (fig. 19); en los casos en los que existe un material extraño pueden observarse células gigantes multinucleadas. El epitelio de superficie puede estar total o parcialmente denudado.

Tratamiento

El tratamiento inicial debe ser médico mediante antibióticos y antiinflamatorios. En ausencia de respuesta al tratamiento conservador, la extirpación mediante láser de CO₂ proporciona resultados definitivos. En los casos en los que se intuye la existencia de un pequeño fragmento cartilaginoso o de un punto de sutura su eliminación es necesaria.

Granulomas postinyección

Concepto y exploración laringoscópica

Son lesiones que asientan en la cuerda vocal y que producen efecto de masa. Se localizan en el lugar donde se realizó la inyección del material, particularmente cuando el material es teflón.

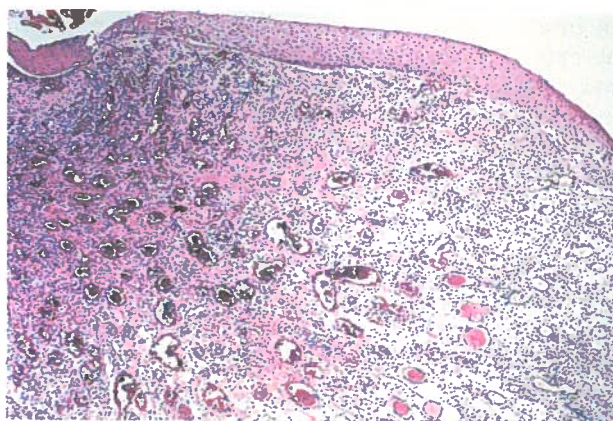


FIG. 19.—Microscopia óptica de un granuloma postquirúrgico. Se aprecian fibroblastos proliferantes, una rica red de vasos de tipo capilar y un infiltrado inflamatorio de tipo crónico (H-E, $\times 40$).

Etiología

Son lesiones debidas a una reacción inflamatoria generada por el material de inyección, de tipo cuerpo extraño, debiendo considerarse una complicación mayor de los procedimientos de inyección.

Epidemiología

DEDO (1992) describe que del 2 al 3% de pacientes sometidos a inyección de teflón generan granulomas, aunque hay autores (VARVARES y cols., 1995) que piensan que esta cifra es aún mayor.

Clínica

Generalmente los pacientes desarrollan una disfonía progresiva que aparece a los meses o años del procedimiento quirúrgico de la inyección.

Histopatología

Los granuloma postinyección de teflón están constituidos por tejido de granulación, que es el mecanismo reparativo habitual del organismo asociado a una respuesta de cuerpo extraño, constituida por células gigantes multinucleadas. Este tejido está formado por fibroblastos proliferantes, por una rica red de vasos de tipo capilar y por un infiltrado inflamatorio de tipo crónico. El epitelio de superficie puede desaparecer total o parcialmente.

Tratamiento

En el momento actual el tratamiento más adecuado para los granulomas postinyección de teflón es su vaporización con láser de CO₂, previa cordotomía superior lo más externa posible, preservando

la integridad del ligamento vocal. El tratamiento es extremadamente laborioso e incompleto en la mayoría de los casos, ya que la eliminación total no es fácil. En los casos en los que la inyección se ha realizado superficialmente los resultados fonatorios tras la vaporización del granuloma suelen ser muy deficientes.

PAPILOMATOSIS LARINGEA

Concepto y exploración laringoscópica

La papilomatosis laríngea es una enfermedad relacionada con la infección del tracto respiratorio por el virus del papiloma humano (VPH) (FRIEDMANN y cols., 1986). Es una enfermedad que se caracteriza por la aparición de lesiones únicas o múltiples, de aspecto vegetante en el epitelio respiratorio y que puede afectar a una o ambas cuerdas vocales (fig. 20), así como a otras localizaciones de la vía respiratoria.

La papilomatosis tiene un curso clínico bastante impredecible, siendo la recurrencia de la enfermedad más frecuente en niños que en adultos. Se ha descrito la malignización de los papilomas laríngeos, que ocurriría con mayor frecuencia en adultos. La radioterapia cervical está contraindicada en pacientes afectados de papilomatosis porque puede provocar la malignización de las lesiones.

En el examen estroboscópico los papilomas aparecen como lesiones inmóviles que provocan una rigidez marcada de la cuerda vocal (HIRANO y BLESS, 1993).

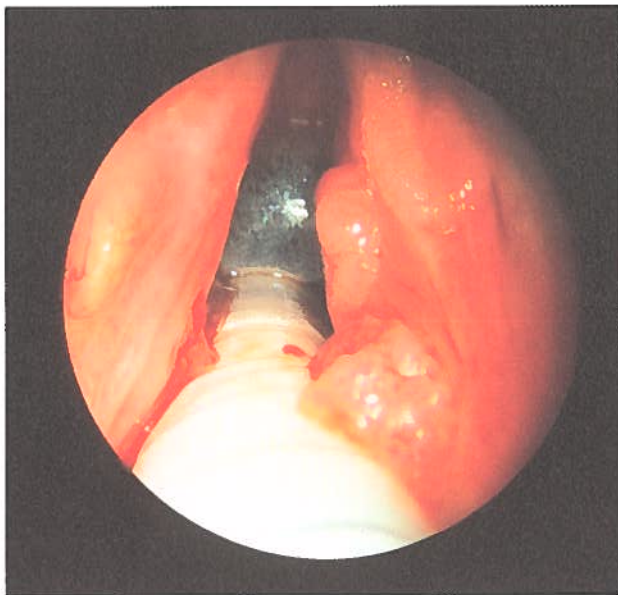


FIG. 20.—Laringoscopia directa; fotografía con óptica de 0°. Lesión papilomatosa de la cuerda vocal derecha.

Epidemiología

La papilomatosis constituye la afección neoplásica benigna más común de la laringe (WENIG, 1993). La enfermedad tiene un patrón bimodal de distribución por edades, por lo que clásicamente se habla de la forma juvenil de papilomatosis cuando aparece en edades inferiores a cinco años y de la forma adulta cuando aparece en edades superiores a los veinte años. En las series publicadas la incidencia varía entre el 3,2 y el 7,7 % (PAINTER, 1991; KLEINSASSER, 1968)

Etiología

Se ha probado el papel etiológico del VPH mediante estudios ultraestructurales, inmunohistoquímicos y de hibridación *in situ* de muestras laríngeas; en especial se ha identificado los serotipos 6 y 11 como responsables de la enfermedad.

Clínica

El síntoma primordial es la disfonía. Si la papilomatosis es masiva se puede asociar a disnea.

Histopatología

Las lesiones típicas tienen morfología papilar, estando constituidas por un eje conectivo fibrovascular central, revestido por epitelio escamoso estratificado bien diferenciado con una arquitectura madurativa normal (fig. 21 A). Cuando las lesiones afectan al epitelio de tipo respiratorio puede no estar tan conservada la arquitectura normal. En el seno del epitelio aparecen coilocitos, caracterizados por tener un halo claro perinuclear y un cierto grado de atipia nuclear (fig. 21 B). La actividad proliferativa del epitelio es mayor que la del epitelio normal, habiéndose demostrado la presencia de un número elevado de receptores celulares para el factor de crecimiento epidérmico. En el estroma subyacente se encuentra habitualmente un infiltrado inflamatorio de tipo crónico y dilatación de los vasos sanguíneos.

Tratamiento

Aunque se han descrito remisiones espontáneas de la enfermedad cuando los niños alcanzan la pubertad, actualmente el tratamiento de elección para la papilomatosis laríngea es la microcirugía laríngea con láser de CO₂ asociada a terapia adyuvante. Se han usado distintos fármacos como adyuvantes de la cirugía, entre otros interferón- α , isotretinoína o metotrexato, con resultados variables (AVINDANO y cols., 1995). En caso de papilomatosis masiva con disnea el paciente puede precisar una traqueotomía.

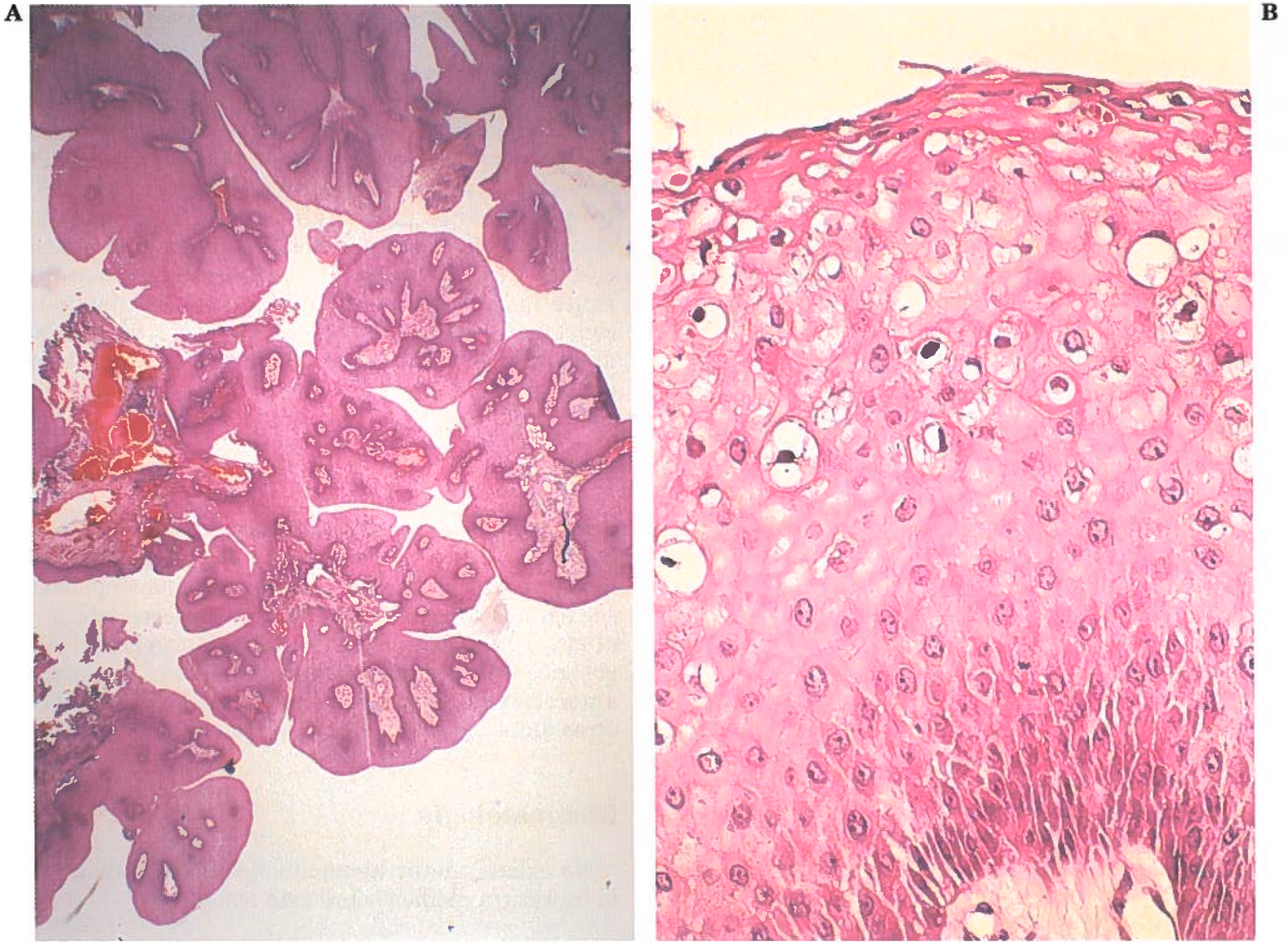


FIG. 21.—Microscopia óptica de papilomatosis laríngea. A: Se observan la morfología papilar característica de la lesión formada por papilas con eje conjuntivo y epitelio plano estratificado hiperproliferativo (H-E, $\times 20$). B: Detalle en el que se observan coilocitos, células de halo claro perinuclear y núcleo irregular hipercromático en el seno del epitelio (H-E, $\times 200$).

Nuestra experiencia con fármacos adyuvantes se basa en el uso de interferón- α 2b. Previo al tratamiento adyuvante se debe comprobar el estado inmunológico celular y humoral del paciente, debiéndose constatar la ausencia de contraindicaciones para el uso de interferón- α 2b desde el punto de vista hemático, renal y hepático. Si se considera que el paciente se puede beneficiar de un tratamiento a largo plazo con interferón- α 2b, se instaurará siguiendo la pauta de 1,5 megaunidades (MU) intramusculares (i.m.) por m^2 de superficie corporal diarios durante una semana, para continuar con 1,5 MU/ m^2 i.m. de interferón- α 2b cada dos días durante doce meses. Deben realizarse los controles periódicos previstos en nuestro protocolo (FERNANDEZ y cols., 1993). Nuestros resultados asociando el láser de CO_2 al interferón- α 2b son muy positivos en los pacientes con inmunodeficiencia demostrable; el principal beneficio que aporta la terapia con interferón- α 2b es la reducción del nú-

mero de recidivas y consecuentemente de intervenciones.

HEMATOMA DE LA CUERDA VOCAL

Concepto y exploración laringoscópica

Son lesiones agudas uni o bilaterales que aparecen tras un sangrado procedente de los vasos subepiteliales de la cuerda vocal; el acúmulo de sangre se produce, por tanto, en la capa superficial de la lámina propia. Con frecuencia se producen de modo recurrente en pacientes predispuestos.

Generalmente el hematoma aparece como una lesión fusiforme, generalmente no muy sobreelevada y localizada en la vertiente superior de la cuerda vocal. Presenta una coloración rojiza viva en la fase aguda (fig. 22) y evolutivamente adopta una coloración acorde con la fase de resolución de la co-

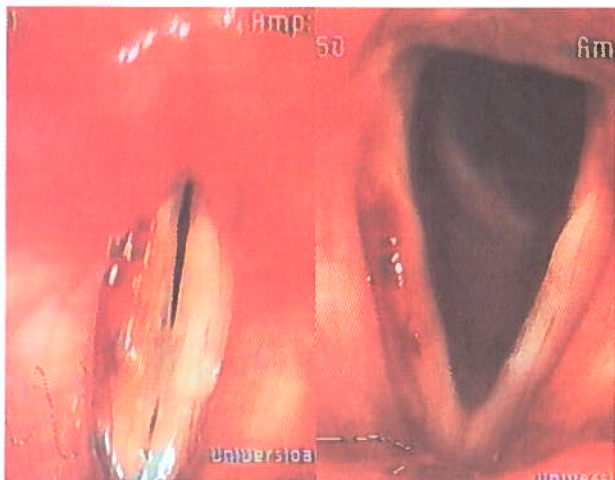


FIG. 22.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. Hematoma y telangiectasia en cuerda vocal derecha en fonación y durante la respiración. La paciente refería antecedente de abuso intenso de voz.

lección hemática (fig. 23). La aparición de una masa en la cuerda vocal se ha asociado con mal pronóstico vocal; se ha descrito que la recurrencia de hematomas de cuerda vocal puede llevar a la aparición de «quistes hemorrágicos» (SATALOFF y cols., 1995). Mediante el uso de luz estroboscópica se observa un enlentecimiento de la onda mucosa sugestiva de cierta rigidez en la cuerda vocal, así como una asimetría en la fase y de la amplitud (HIRANO y BLESS, 1993).

Epidemiología

En la serie de PAINTER (1991) representan el 4,6% de los pacientes.

Etiología

Las causas más frecuentes de hematoma de la cuerda vocal suelen ser un abuso intenso de la voz, las situaciones de aumento de la fragilidad capilar, los trastornos de la coagulación o los traumatismos laríngeos, sean éstos externos o internos (fig. 23), principalmente por intubación. Una asociación muy conocida es la aparición de un hematoma de la cuerda vocal en mujeres que usan salicilatos durante la menstruación. En algunas ocasiones se constata la presencia de varicosidades en el seno de la cuerda vocal que predisponen a la aparición del hematoma.

Clínica

La disfonía de presentación aguda es el dato más frecuente en la anamnesis de los pacientes con hematoma de la cuerda vocal; en ocasiones pueden ser asintomáticos. Según algunos autores (GOULD y RUBIN, 1995) debe considerarse una urgencia laríngeológica en los profesionales de la voz. Si existen antecedentes de traumatismo laríngeo aparecerán otros datos clínicos propios del mismo.

Histopatología

No existen datos histopatológicos disponibles en la literatura médica sobre esta lesión.

Tratamiento

El hematoma suele resolverse espontáneamente en un plazo aproximado de seis semanas, por lo

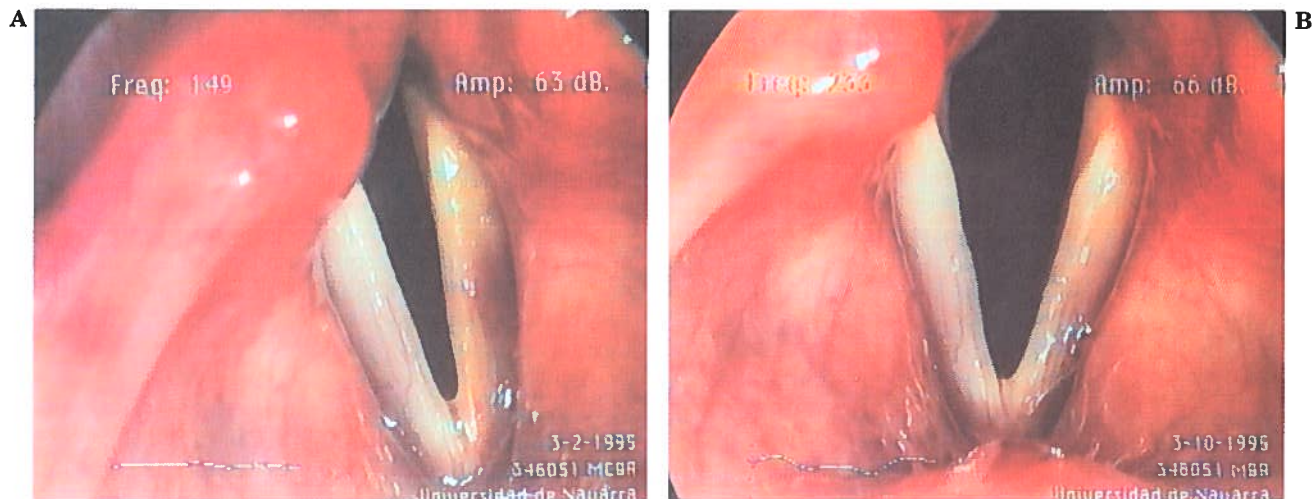


FIG. 23.—Laringoscopia indirecta con óptica de 70°. A: Hematoma de cuerda vocal izquierda tras traumatismo deportivo directo sobre la laringe. B: El mismo caso una semana después; se aprecia el hematoma en fase de resolución.

que la actitud más extendida es aconsejar reposo vocal y vigilar la evolución de la lesión (CASIANO y cols., 1991). Algunos autores, ante la posibilidad de que el hematoma se organice y provoque una fijación cicatricial del epitelio, proponen la realización de una cordotomía en la vertiente superior de la cuerda afecta y la aspiración del contenido hemático. Si la lesión es recurrente y se comprueba la existencia de telangiectasias de la cuerda vocal se ha propuesto la cauterización de las mismas mediante láser de CO₂ (SATALOFF y cols., 1995). En caso de que aparezcan factores predisponentes o desencadenantes de repetición, como el abuso vocal, la hipertensión arterial, el uso de salicilatos o algún desequilibrio hormonal, éstos deben ser corregidos específicamente.

BIBLIOGRAFIA

- AVINDANO, M. A., y SINGLETON, G. T.: «Adjuvant drug strategies in the treatment of recurrent respiratory papillomatosis». *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 1995; 112: 197-202.
- BAARSMA, E. A.: «Reinke's oedem». *Logopedie en foniatric*, 1977; 49: 2-9.
- BARTUAL, R.; BARTUAL, J.; MORERA, H.; FORTEZA, J., y BARBERA, E.: «Los pólipos laríngeos». *Acta del Decimononius Conventus de la Societas Oto-Rhino-Laryngologica Latina*. Madrid: Gráficas Reunidas, S. A., 1972; 247-271.
- BASTIAN, R. W.: «Benign mucosal disorders». En: Cummings, C. W.; Fredrickson, J. M.; Harker, L. A.; Krause, C. J., Schuller, D. E., dirs. *Otolaryngology-head and neck surgery*. Saint Louis, Toronto: The C. V. Mosby Company, 1986; 3: 1965-1986.
- BECKMANN, G.: «Inflamaciones agudas y crónicas de la laringe (incluida la tuberculosis)». En: Berendes, J.; Link, R., y Zöllner, F., dirs. *Tratado de otorrinología. Tomo II, parte 2: Laringe. Trastornos de la locución*. Barcelona, Madrid: Editorial Científico-Médica, 1970; 937-1021.
- BENNET, S.; BISHOP, S. G., y LUMPKIN, S. M. M.: «Phonatory characteristics associated with bilateral diffuse polypoid degeneration». *Laryngoscope*, 1987; 97: 446-450.
- BOUCHAYER, M., y CORNUT, G.: «Microsurgery for benign lesions of the vocal folds». *Ear Nose Throat J.*, 1988; 67: 446-466.
- CASIANO, R. R., y GOODWIN, W. J.: «Restoring function to the injured larynx». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1991; 24 (5): 1215-1226.
- CERVERA-PAZ, F. J., y DIKKERS, F. G.: «Ultraestructura y patogenia de las lesiones fonatorias de las cuerdas vocales». *Acta Otorrinolaringol. Esp.*, 1994; 45 (4): 261-265.
- CORNUT, G., y BOUCHAYER, M.: «Bilan de quinze années de collaboration entre phoniatre et phonochirurgien». *Bull. Audiophonol. Ann. Sc. Univ. Franche-Comté*, 1988; 4: 7-50.
- DEDO, H. H.: «Injection and removal of teflon for unilateral vocal cord paralysis». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1992; 101: 81-86.
- DESANTO, L. W.; DEVINE, K. D., y WEILAND, L. H.: «Cysts of the larynx classification». *Laryngoscope*, 1969; 79: 145-176.
- DIKKERS, F. G.; HULSTAERT, C. E.; OOSTERBAAN, J. A., y CERVERA-PAZ, F. J.: «Ultrastructural changes of the basement membrane zone in benign lesions of the vocal folds». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1993; 113: 98-101.
- DIKKERS, F. G., y NIKKELS, P. G. J.: «Benign lesions of the vocal folds: Histopathology and phonotrauma». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (9): 698-703.
- DIKKERS, F. G., y SCHUTTE, H. K.: «Benign lesions of the vocal folds: Uniformity in assessment of clinical diagnosis». *Clin. Otolaryngol.*, 1991; 16: 8-11.
- DIKKERS, F. G.: *Benign lesions of the vocal folds: Clinical and histopathological aspects*. Tesis. Universidad Estatal de Groningen, 1994.
- DIKKERS, F. G.: «Intraobserver variation in diagnosis of benign non-neoplastic lesions of vocal folds» (letter). *Lancet*, 1991; 337: 866.
- FERNANDEZ, S.; AMOR, J. C., y GARCIA-TAPIA, R.: «Papilomatosis laríngea recidivante. Tratamiento con interferón alpha recombinante». *Acta Otorrinolaringol. Esp.*, 1993; 44 (1): 217-224.
- FRENZEL, H.; SCHMITT-GRAFF, A., y SEITZ, R. J.: «An immunohistochemical and electronmicroscopic study of vascular endothelial cell in vocal fold polyps». *Arch. Otorhinolaryngol.*, 1985; 241 (3): 271-278.
- FRIEDMANN, I., y PIRIS, J.: «Neoplasms of the larynx». En: Friedmann, I., y Piris J. *The larynx*. St. Clair Symmers, W., editor. *Systemic pathology* (3.^a ed.), tomo I. *Nose, throat and ears*. Edinburgo: Churchill Livingstone, 1986; 210-249.
- GOLDBERG, M.; NOYER, A. M., y PRITZKER, K. P. H.: «Laryngeal granuloma secondary to gastroesophageal reflux». *J. Otolaryngol.*, 1978; 7: 196.
- GOULD, W. J.; RUBIN, J. S., y YANAGISAWA, E.: «Benign vocal fold pathology through the eyes of the laryngologist». En: Rubin, J. S.; Sataloff, R. T.; Korovin, G. S., y Gould, W. J., editores. *Diagnosis and treatment of voice disorders*. New York, Tokyo: Igaku-Shoin Medical Publishers, Inc., 1995; 137-151.
- GOULD, W. J., y RUBIN, J. S.: «Special considerations for the professional voice user». En: Rubin, J. S.; Sataloff, R. T.; Korovin, G. S., y Gould, W. J., editores. *Diagnosis and treatment of voice disorders*. New York, Tokyo: Igaku-Shoin Medical Publishers, Inc., 1995; 424-435.
- GRAY, S. D.; HAMMOND, E., y HANSON, D. F.: «Benign pathological responses of the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (1): 13-18.
- GRAY, S. D.: «Basement membrane zone injury in vocal nodules». En: Gauffin, J., y Hammarberg, B., dir. *Vocal fold physiology*. San Diego: Singular Publishing Group, Inc., 1991: 21-27.
- GREENE, M. C. L., y MATHIESON, L.: *The voice and its disorders*. London, New Jersey: Whurr Publishers Limited, 1989: 117-132.
- HIRANO, M., y BLESS, D.: *Videostroboscopic examination of the larynx*. San Diego, California: Singular Publishing Group, Inc., 1993.
- HIRANO, M.: «Phonosurgical anatomy of the larynx». En: Ford, C. H., y Bless, D., editores. *Phonosurgery: Assessment and surgical management of voice disorders*. New York: Raven Press, Ltd., 1991; 25-41.
- HOLINGER, P. H., y JOHNSTON, K. C.: «Benign tumors of the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1951; 60: 496-509.
- HOLINGER, P. H., y JOHNSTON, K. C.: «Contact ulcer of the larynx». *JAMA*, 1960; 172: 511.
- JACKSON, C. H.: «Contact ulcer of larynx». *Ann. Otol. (St. Louis)*, 1928; 37: 227-230.
- KLEINSASSER, O.: *Microlaryngoscopia y microcirugía endolaringea. Técnica y atlas de imágenes típicas*. Barcelona, Madrid: Editorial Científico-Médica, 1968; 27-70.
- KLEINSASSER, O.: «Microlaryngoscopic and histologic appearances of polyps, nodules, cysts, Reinke's edema and granulomas of the vocal cords». En: Kirchner, J. A., dir. *Vocal fold histopathology, a symposium*. San Diego: College-Hill Press, 1986; 51-56.
- KLEINSASSER, O.: «Pathogenesis of vocal cord polyps». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1982; 91: 378-381.
- KOTBY, M. N.; NASSAR, A. M.; SEF, E. I.; HELA, E. H., y SALEH, M. N.: «Ultrastructural features of vocal fold nodules and polyps». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1988; 105: 477-482.

- KOUTSIBELAS, B.; TSANGARIS, T. H.; MÖLZNER, H., y YANNOULIS, G. E.: «Elektronenmikroskopisches bild des Reinkeschen Ödems». *HNO*, 1978; 26: 132-137.
- LEBOVICS, R.: «Enfermedades de las vías respiratorias superiores. En: Wilson, J. D., y cols., dirs. *Harrison, principios de medicina interna* (12.^a ed.). México: Editorial Interamericana, 1991; 2: 1267-1274.
- LEHMANN, W.; PIDOUX, J. M., y WIDMANN, J. J.: *Larynx. Microslaryngoscopie et histopathologie. Microlaryngoscopy and histopathology*. Cadempino: Inpharzam, S. A., 1981; 12-27, 68-89.
- LEHMANN, W., y WIDMANN, J. J.: «Nonspecific granulomas of the larynx». En: Kirchner, J. A., dir. *Vocal fold histopathology, a symposium*. San Diego: College-Hill Press, 1986; 65-80.
- MAIER, W.; LOHLE, E., y WELTE, V.: «Pathogenische und therapeutische aspekts des kontaktgranuloms». *Laryngorhinootologie*, 1994; 73 (9): 488-491.
- MORRISON, M. D., y RAMMAGE, L. A.: «Diagnostic criteria in functional dysphonia». *Laryngoscope*, 1983; 96: 1-8.
- MOSSALLAM, I.; KOTBY, M. N.; GHALY, A. F.; NASSAR, A. M., y BARAKAH, M. A.: «Histopathological aspects of benign vocal fold lesions associated with dysphonia». En: Kirchner, J. A., dir. *Vocal fold histopathology, a symposium*. San Diego: College-Hill Press, 1986; 65-80.
- MYERSON, M. C.: «Smoker's larynx, a clinical pathological entity». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1950; 59: 541-546.
- PAINTER, C.: «The incidence of voice disorders». *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 1990; 247: 197-198.
- PORTELA, J.: «Estado actual de la microlaringoscopia y microcirugía laríngea. Criterio personal». *Anales ORL Ibero-Amer.*, 1974; 1: 83-114.
- REMACLE, M.; LAGNEAU, G.; MARBAIX, E.; DOYEN, A., y VAN DEN EEKHAUT, J.: «Laryngopathies exsudatives de l'espace de Reinke». *Ann. Oto-Laryng. (Paris)*, 1992; 109: 33-38.
- ROSAI, J.: *Ackerman's surgical pathology* (8.^a ed.). St. Louis: Mosby-year Book Inc., 1996; 1: 314-337.
- SATALOFF, R. T.; SPIEGEL, J. R., y EMARICH, K.: «Recurrent vocal fold hemorrhage». *Ear Nose Throat J.*, 1995; 74 (12): 802.
- SATALOFF, R. T.; SPIEGEL, J. R., y HAWKSHAW, M. J.: «Vocal fold hemorrhagic mass: Functional implications». *Ear Nose Throat J.*, 1995; 74 (1): 11.
- SATALOFF, R. T.: «Structural and neurological disorders and surgery of the voice». En: Sataloff, R. T., editor. *Professional voice: The science and art of clinical care*. New York: Raven Press, 1991; 267-299.
- SAVIC, D.: «Characteristiques morphologiques et histopathologiques de l'œdème chronique des cordes vocales». *Journ. Franc. d'Oto-Rhino-Laryngol.*, 1976; 25: 19-20.
- SHIN, T.; WATANABE, H.; ODA, M.; UMEZAKI, T., y NAHM, I.: «Contact granulomas of the larynx». *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 1994; 251 (2): 67-71.
- STEINBERG, B. M.; ABRAMSON, A. L.; KAHN, L. B.; HIRSCHFELD, L., y FREIBERGER, I.: «Vocal cord polyps: Biochemical and histologic evaluation». *Laryngoscope*, 1985; 95 (11): 1327-1331.
- SUZUKI, M.; IKARI, T., y TAICHI, H.: «Endolaryngeal microsurgery in 1050 cases of vocal fold lesion». En: Sacristán, T.; Alvarez-Vicent, J. J.; Bartual, J., y Antolí-Candela, F., dirs. *Otolaryngology, head and neck surgery. Proceedings of the XIV World Congress of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*. Amsterdam, Berkeley, Milano: Kugler & Ghedini Publications, 1990; 1969-1970.
- THOMPSON, A. C., y GRIFFIN, N. R.: «Langerhans cells in normal and pathological vocal cord mucosa». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1995; 115: 830-832.
- THOST, A.: «Die gutartigen Neubildungen des Kehlkopfes». En: Denker, O., y Kahler, J., dirs. *HNO Heilkunde*. Berlin: Springer, 1928; vol. 5.
- TILLMANN, B.; RUDERT, H.; SCHÜNKE, M., y WERNER, J. A.: «Morphological studies on the pathogenesis of Reinke's edema». *Eur. Arch. Otolaryngol.*, 1995; 252: 469-474.
- VARVARES, M. A.; MONTGOMERY, W. W., y HILLMAN, R. E.: «Teflon granuloma of the larynx: Etiology, pathophysiology, and management». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (7): 511-515.
- VAUGHAN, C. W., y STRONG, M. S.: «Benign lesions of the larynx». En: English, G. M., dir. *Otolaryngology*. Philadelphia: J. B. Lippincott Company, 1989; vol. 3, cap. 33, 1-29.
- VIRCHOW, R.: «Über pachydermia laryngis». *Berlin Klinische Wochenschrift*, 1887; 24: 585-595.
- WATERSON, T.; HANSEN-MAGORIAN, H. J., y McFARLANE, S. C.: «A demographic description of laryngeal contact ulcer patients». *J. Voice*, 1990; 4 (1): 71-75.
- WENIG, B. M., y HEFFNER, D. K.: «Contact ulcers of the larynx: A reacquaintance with the pathology of an often underdiagnosed entity». *Arch. Pathol. Lab. Med.*, 1990; 114: 825-828.
- WENIG, B. M.: *Atlas of head and neck pathology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1993; 227-229.
- WHITE, A.; SIM, D. W., y MARAN, A. G. D.: «Reinke's oedema and thyroid function». *J. Laryngol. Otol.*, 1991; 105: 291-292.

Laringitis crónicas

I. MIRANDA GARCIA y R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

DEFINICION

La laringitis crónica se define como un proceso inflamatorio a nivel laríngeo con una evolución prolongada en el tiempo y no originado por una lesión tumoral subyacente. Distinguimos entre las formas primarias y aquellas formas secundarias a procesos infecciosos granulomatosos, infecciones micóticas o alteraciones sistémicas.

LARINGITIS CRONICA PRIMARIA

Formas clínicas

Se distinguen cuatro formas clínicas de presentación de la laringitis crónica en relación con la clasificación anatomopatológica hecha por KLEINSASSER:

Laringitis crónica de aspecto catarral

La superficie del vestíbulo laríngeo de la región aritenoides y de las cuerdas vocales aparece con una tonalidad rosada. Corresponde a una inflamación superficial de la mucosa con un aumento de la vascularización que conserva su dirección paralela al eje axial de las cuerdas y sin que exista edema a nivel del corion.

Laringitis crónica hipertrófica de aspecto pseudomixomatoso

Denominada también edema de Reinke y corditis polipoidea.

Clínicamente la mucosa aparece con una coloración rosada translúcida y con un aumento de volumen; existe un edema que afecta al corion de la vertiente superior y al borde libre de las cuerdas vocales. Si se asocia a una metaplasia del fondo del ventrículo la mucosa de esta zona pierde su fijación y puede aparecer una eversión ventricular (fig. 1).

Laringitis crónica hipertrófica roja

La superficie de las cuerdas vocales tiene un color rojo vivo por la aparición de telangiectasias y

cambios inflamatorios submucosos. Puede aparecer asociada a un edema del corion que genera un aumento de volumen, denominándose a esta lesión eritroplasia.

Laringitis crónica hipertrófica blanca

Se manifiesta clínicamente por la aparición de áreas de epitelio queratinizado en la superficie de las cuerdas vocales que presentan una coloración blanquecina característica; esta lesión se describe con el término de leucoplasia (fig. 2).

Clasificación anatomopatológica

A grandes rasgos y siguiendo las clasificaciones anglosajonas las laringitis crónicas engloban dos tipos histológicos de alteración: las queratosis sin atipia y las queratosis con atipia.

1. *Queratosis sin atipia.* Comprenden aquellos epitelios normales o hiperplásicos cubiertos por una capa de queratina y/o paraqueratosis.

La queratosis se produce por una transformación córnea del epitelio con un acúmulo de queratina en las capas superficiales de éste, semejante al que existe de forma natural en otras zonas del cuerpo,

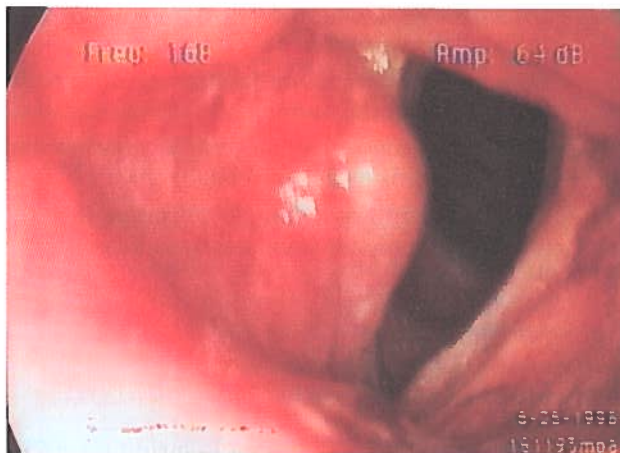


FIG. 1.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Eversión ventricular derecha.

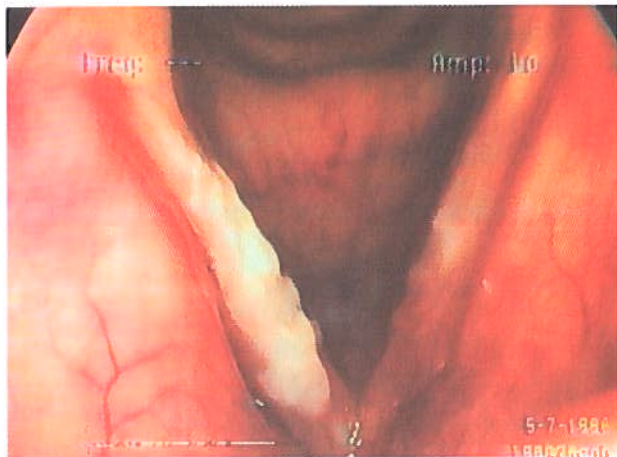


FIG. 2.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Área de leucoplasia sobre cuerda vocal derecha.

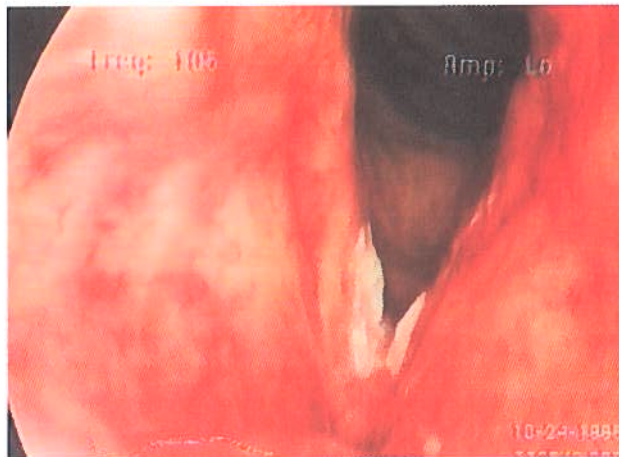


FIG. 3.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Placa de leucoplasia sobre el tercio anterior de ambas cuerdas vocales.

como la piel. Dado que el epitelio de la laringe en situaciones normales no aparece queratinizado, hablar de hiperqueratosis, refiriéndonos a una queratinización laríngea patológica, resulta redundante y debe de evitarse.

La hiperplasia se define como un engrosamiento del epitelio debido a un aumento en el número total de células, pudiendo afectar esto al estrato basal o al estrato espinoso del epitelio. En este último caso se define la hiperplasia como acantosis.

En la paraqueratosis el núcleo de las células aparece retenido en la capa de queratina.

2. *Queratosis con atipia*. Presentan zonas con atipia o displasia. Existe displasia cuando hay células con maduración anormal, manifestada ésta por un aumento del volumen del núcleo que aparece irregular e hiper cromático, un aumento de la relación núcleo/citoplasma y aumento de la actividad mitótica de las células con pérdida de la polaridad de éstas. El grado de displasia se define como:

- *Displasia leve*. Cuando la alteración del epitelio afecta a su tercio interno.
- *Displasia moderada*. Si la alteración afecta a los dos tercios del epitelio.
- *Displasia severa*. Si comprende más de dos tercios del grosor del epitelio.
- *Carcinoma in situ*. Cuando se rompe la integridad de la membrana basal y la atipia invade el corion.

Clasificación anatomopatológica de la laringitis crónica (KLEINSASSER)

Se diferencian tres estadios en la laringitis crónica, según la clasificación clásica hecha por KLEINSASSER, CRACOVANER y LEPAGE:

Estadio I. Hiperplasia epitelial con o sin queratinización del epitelio.

La hiperplasia epitelial sin queratinización puede adoptar dos formas:

- *Hiperplasia epitelial plana*. En ella las capas celulares se disponen de manera regular.
- *Hiperplasia epitelial con acantosis*. Si la capa basal emite digitaciones hacia el corion.

Hiperplasia epitelial con queratinización. Se distinguen dos tipos:

- *Queratosis plana o leucoplasia*. Clínicamente se manifiesta como una lesión plana y lisa de color blanco-grisáceo (fig. 3), que histológicamente corresponde a una de las siguientes formas:
 - Paraqueratosis simple o leucoplasia de evolución queratinizante, con una acantosis moderada y sin reacción inflamatoria subyacente.
 - Leucoplasia verdadera en la que la paraqueratosis se acompaña de una hiperacantosis y de una reacción inflamatoria del corion. Este tipo de lesión se considera precancerosa y susceptible de evolucionar a una forma maligna.
- *Queratosis exofítica*. Clínicamente corresponde a una lesión blanca de aspecto proliferativo, vegetante y de superficie irregular (fig. 4) que histológicamente puede ser debida a:
 - Una leucoplasia con predominio muy importante de la cornificación (paquidermia).
 - Una hiperplasia epitelial con queratinización de tipo exofítico con un eje central conjuntivovascular que tiene la estructura de un papiloma.

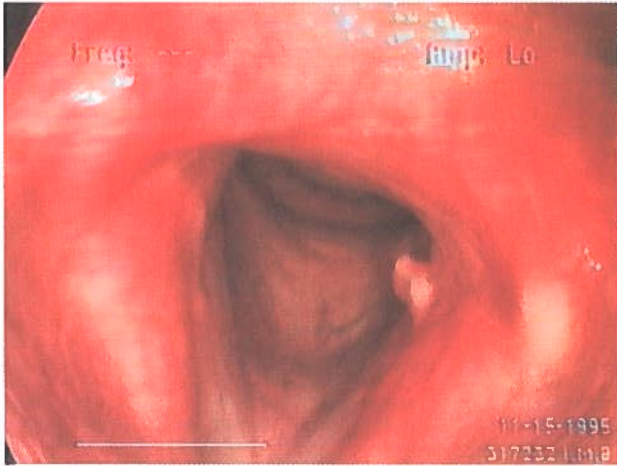


FIG. 4.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Leucoplasia exofítica sobre el tercio posterior de la cuerda vocal izquierda.



FIG. 5.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Hiperplasia de comisura posterior en un paciente diagnosticado de reflujo gastroesofágico.

Estadio II. Hiperplasia epitelial con o sin queratinización del epitelio y con atipia celular.

La atipia celular indica la posible transformación hacia una forma maligna; no obstante, estas atipias pueden regresar si se elimina el factor irritante o inflamatorio que las origina. Esto es lo que KLEINSASSER define como «epitelio inestable».

Estadio III. Carcinoma *in situ*.

Etiología de la laringitis crónica primaria

Los principales factores etiológicos de las laringitis crónicas primarias son el tabaco y el alcohol.

La inhalación de tabaco supone la acción de tres tipos de sustancias. La nicotina y sus derivados, que influyen únicamente en el grado de dependencia física. Los irritantes locales, como los aldehídos, ácidos y fenoles, que actúan produciendo una inflamación de la mucosa y una inhibición del movimiento ciliar, y los hidrocarburos policíclicos, que son los factores carcinógenos que generan las lesiones tumorales después de un período de latencia variable. La acción tóxica del tabaco es indudable dado que está demostrado que el grado de hiperplasia epitelial, de queratinización de la mucosa y el número de atipias celulares aumentan de forma proporcional al consumo de tabaco.

El alcohol actúa como irritante de forma directa durante su ingesta a nivel de lengua, senos piriformes y esófago y de forma indirecta a nivel laríngeo por la congestión local que produce.

Existen otros factores a tener en cuenta, pero nunca tan influyentes como los anteriores como son:

- La inhalación de vapores tóxicos (cloro, cromo, ácido sulfúrico, ácido nítrico, benzol o va-

pores de hidrocarburos) o de partículas irritantes (sílice, carbón, amianto, magnesio).

- Las alteraciones sistémicas, como la obesidad, la diabetes o el déficit de vitamina A.
- El mal uso de la voz, que produce microtraumatismos repetidos que pueden originar lesiones a nivel muscular, vascular y mucoso.
- El reflujo gastroesofágico es hoy día uno de los factores que se consideran más importantes en relación a la existencia de una laringitis crónica; el hecho de que en la mayoría de los casos sea asintomático para el paciente, dado que éste no refiere sensación de reflujo ni de ardor retroesternal, hace que no se tenga en cuenta muchas veces al valorar las posibles etiologías.
- Los hallazgos que nos pueden hacer sospechar de su existencia en una laringoscopia son muy variables. Los más comunes son la aparición de una hiperplasia de la comisura posterior y el aumento de trama vascular en la cara laríngea de los aritenoides y en el tercio posterior de las cuerdas vocales, lo que se denomina como *laringitis posterior* (fig. 5). En otros casos el aspecto clínico es de edema, no de eritema, que puede ser difuso.

La prueba diagnóstica más efectiva es la pH-metría de veinticuatro horas porque además en muchos de estos pacientes el reflujo es intermitente, variando a lo largo del día.

Relación entre laringitis crónica primaria y cáncer

La frecuencia de degeneración maligna de una laringitis crónica es difícil de precisar dado que no

existen datos estadísticos fiables y varían según el autor de la serie.

Según el aspecto clínico de las laringitis crónicas el porcentaje de malignización es diferente:

- Para las laringitis crónicas catarrales este porcentaje es casi cero. Dado que se trata de lesiones histológicamente benignas (tipo I), aun así es aconsejable un seguimiento anual mediante laringoscopia indirecta.
- En las laringitis crónicas pseudomixomatosas el porcentaje de degeneración maligna es muy bajo, planteándose la duda diagnóstica en aquellas áreas ocultas por estructuras anatómicas, como son el pie de la epiglotis y los ventrículos. Deberá hacerse un estudio histológico mediante laringoscopia directa y toma de biopsia si en el control evolutivo existen sospechas de crecimiento tumoral a esos niveles.
- En las laringitis crónicas rojas el grado de malignización es mayor, situándose alrededor del 10%.
- Las laringitis crónicas blancas se consideran un estado precanceroso. La sospecha de malignidad la genera el aspecto más exofítico de la lesión y la ausencia de ondulación bajo luz estroboscópica de la placa. No obstante, en la mayoría de los casos es preciso realizar un estudio histológico con el fin de confirmar la existencia o no de displasia.

Cuando valoramos la posible degeneración maligna de las laringitis crónicas en relación a los estudios histológicos encontramos que un 2,7% de las queratosis sin displasia desarrollan un carcinoma pasados nueve a treinta y dos meses del diagnóstico y un 11% de las queratosis con displasia lo hace en un período de cuatro a noventa y seis meses (NORRIS, 1963). En otras series los porcentajes de malignización son los siguientes:

Autor	Queratosis sin atipia (%)	Queratosis con atipia (%)
GABRIEL y JONES, 1962	6	7,2
BOUCHE, 1976	0,9	8,5
HENRY, 1979	3,4	28,5

Estos datos nos indican la necesidad de realizar un seguimiento estrecho de las laringitis crónicas, que deberá ser mayor para aquellas lesiones en las que anteriormente hallamos objetivado la existencia de displasia celular en la biopsia.



FIG. 6.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Monocorditis tuberculosa de cuerda vocal derecha.

LARINGITIS CRONICA SECUNDARIA

Procesos laríngeos infecciosos granulomatosos

Tuberculosis

Aunque su incidencia ha disminuido con respecto al pasado se debe de tener siempre en cuenta por la variedad de formas clínicas con las que aparece.

La infección es producida por el *Mycobacterium tuberculosis*, un microorganismo perteneciente a la familia de las *Mycobacteriaceae* dentro del orden de los *Actinomycetales*.

La localización más frecuente en la laringe es en el tercio posterior de la glotis, para lo cual se ha buscado una explicación fisiológica basada en la concentración de dicha zona del moco proveniente del pulmón cargado de bacterias; no obstante, también puede localizarse sobre la cuerda vocal en forma de monocorditis (fig. 6) o sobre las bandas ventriculares. Salvo raras excepciones, la afectación laríngea siempre coexiste con una lesión tuberculosa pulmonar habitualmente ignorada que se diagnostica por el cuadro laríngeo.

El diagnóstico de certeza es siempre mediante biopsia con examen anatomopatológico y cultivo en medio de Lowenstein del material extraído por la posible confusión con lesiones de apariencia similar, como las sifilíticas o incluso con un carcinoma. Actualmente hay sondas de hibridación de DNA para la identificación rápida de micobacterias en los cultivos.

Sífilis

La afectación laríngea en la sífilis primaria es rara; debe de tenerse en cuenta en el diagnóstico

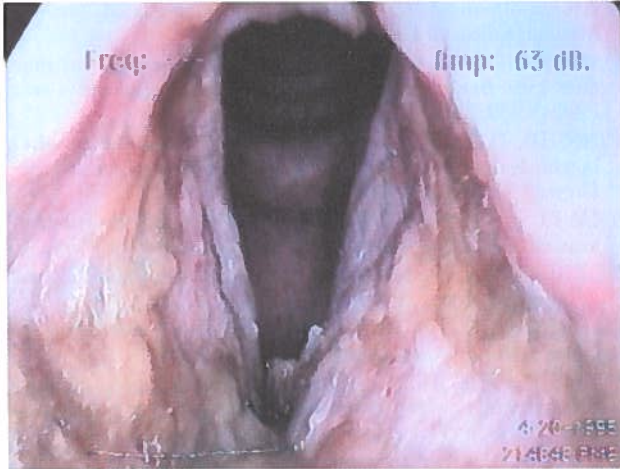


FIG. 7.—Laringoscopia indirecta con óptica rígida de 70°. Aumento de secreción mucopurulenta y edema submucoso en paciente diagnosticado de infección por *Klebsiella rhinoscleromatis*.

diferencial de una masa de aparición transitoria localizada a nivel epiglótico. En la sífilis secundaria las lesiones laríngeas se asocian a múltiples adenopatías sistemáticas y a lesiones en la boca. En la laringe la afectación es poco característica, manifestándose como una hiperemia difusa con zonas más eritematosas parcheadas que desaparecen al cabo de una o dos semanas incluso sin tratamiento. En la sífilis terciaria los «gomas» pueden producir condritis e incluso estenosis por la cicatrización.

El diagnóstico se realiza mediante pruebas serológicas, aunque también pueden observarse las espiroquetas en el material de biopsia de las lesiones primarias.

Escleroma

Se produce por la infección del tracto aéreo superior por la *Klebsiella rhinoscleromatis*, que aunque generalmente afecta a la nariz también puede extenderse a la laringe, siendo la afectación exclusiva de esta zona rara. Las lesiones se manifiestan por el aumento de secreción mucopurulenta y un edema submucoso no doloroso (fig. 7). El diagnóstico se establece mediante el aislamiento de la bacteria en un cultivo o en la biopsia.

Otros

Puede existir afectación laríngea en infecciones granulomatosas, como son la actinomicosis, lepra, leishmaniasis, granuloma inguinal o el linfogranuloma venéreo entre otras.

Procesos laríngeos infecciosos micóticos

Candidiasis

La *Candida albicans* es un hongo oportunista que se hace infeccioso en un medio con pH básico. La afectación laríngea suele ser concomitante con una infección oral o vaginal y afecta a pacientes inmunosuprimidos, desnutridos o con tratamiento antibiótico o corticoideo. Las lesiones son típicas, en forma de un eritema diseminado con zonas edematosas recubiertas por un exudado blanquecino que al retirarlo deja un epitelio subyacente sangrante. El diagnóstico se hace mediante cultivo.

Otras

Pueden ser causa de una laringitis crónica otras infecciones micóticas, como son la blastomicosis, coccidioidomicosis y la histoplasmosis.

Alteraciones sistémicas

Granulomatosis de Wegener

Es una enfermedad autoinmune. Histológicamente se caracteriza por la aparición de una vasculitis granulomatosa necrotizante con granulomas epiteliales extravasculares de células de Langhans con áreas de necrosis central.

Afecta principalmente las vías respiratorias superiores; en la laringe es rara la aparición aislada sin que coexistan lesiones a nivel de senos paranasales o nariz.

Clínicamente se caracteriza por la presencia de ulceraciones necróticas e hiperplasia epitelial; tras sucesivas recidivas puede aparecer una estenosis laríngea o traqueal por la fibrosis cicatricial.

A nivel renal se produce una glomerulonefritis tipo III que evoluciona rápidamente hacia la insuficiencia renal; ésta es la principal causa de muerte de estos pacientes.

El diagnóstico se realiza mediante estudio histológico de las biopsias; analíticamente son positivos los ANCA (anticuerpos anticitoplasma de neutrófilos).

El tratamiento son los corticoides y en algunos casos los inmunosupresores del tipo de la ciclofosfamida.

Otros

Pueden ser causa de una laringitis crónica la amiloidosis, el pénfigo, el penfigoide, la policondritis recidivante, la sarcoidosis y el lupus eritematoso.

BIBLIOGRAFIA

- WENIG, B. M.: *Atlas of head and neck pathology*. Filadelfia: W. B. Saunders, 1993.
- SUEN, J. Y., y STERN, S. J.: «Premalignant lesions of the larynx». En: Igaku-Shoin, editores. *Diagnosis and treatment of voice disorders*. Nueva York-Tokio, 1995; 152-160.
- KOUFMAN, J. A.: «Gastroesofageal reflux and voice disorders». En: Igaku-Shoin, editores. *Diagnosis and treatment of voice disorders*. Nueva York-Tokio, 1995; 161-175.
- TUCKER, H. M.: «Infectious and inflammatory disorders». En: *The larynx* (2nd ed.). Nueva York: Thieme Medical Publishers, 1992; 231-244.
- ALVAREZ VICENT, J. J., y SACRISTAN, T.: *Cáncer de la cuerda vocal*. Ponencia oficial de la XXXII Reunión Anual de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Madrid, Barcelona: Gráficas Barberá, 1995.
- ALVAREZ VICENT, J. J.: *Precancerosis ORL*. Ponencia oficial del XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Otorrinolaringología y Patología Cérvico-Facial. Oviedo. Madrid: Editorial Garsi, May 7-11, 1984.
- HAGUENAUER, J. P., y PIGNAT, J. C.: «Les laryngites chroniques». En: *Encycl. Med. Chir. Oto-Rhino-Laryngologie* (4 ed.). Paris, 1989; 20645-20652.
- FRECHE, C. H.; TRAN BA HUY, P., y FALTE, M.: «Les laryngites chroniques». En: *Encycl. Med. Chir. Oto-Rhino-Laryngologie* (2 ed.). Paris, 1975; 20645, 15p.
- TRAVIS, L. W.; HYBELS, R. L., y NEWMAN, M. H.: «Tuberculosis of the larynx». *Laryngoscope*, 1976; 86 (4): 549-558.
- NORRIS, C. M., y PEALE, A. R.: «Keratoses of the larynx». *J. Laryngol. Otol.*, 1963; 77: 635-647.
- GABRIEL, C. E., y JONES, D. G.: «Hiperqueratosis of the larynx». *J. Laryngol. Otol.*, 1962; 76: 947-957.
- BOUCHE y FRECHE, C. H.: «Diskeratose laryngee, une nouvelle attitude therapeutique: Cordectomie avec reconstitution». *Revue de Laryngologie*, 1976; 97: 5-6.
- HENRY, R. C.: «The transformation of laryngeal leucoplakia to cancer». *J. Laryngol. Otol.*, 1979; 93: 447-459.

Alteraciones de la voz causadas por enfermedades neurológicas

J. GAMBOA MUTUBERRIA y A. VEGAS MIGUEL

PAPEL DEL SISTEMA NERVIOSO EN LA FONACION Y EL HABLA

La comunicación verbal es un delicado y complejo acto motor en cuya ejecución están implicados múltiples sistemas. El *sistema respiratorio* tiene como función principal el intercambio de gases utilizados por los tejidos del organismo, pero juega un importante papel en el habla generando y controlando flujos y presiones de aire, con contribuciones del *sistema digestivo* (boca, mandíbula y dientes). Además mientras hablamos necesitamos una gran coordinación en los movimientos de la pared torácica y los sistemas mecánicos abdominales, la laringe y la faringe, los labios, la lengua, los dientes y la mandíbula, de manera que todas las funciones se realicen en el momento oportuno y durante el tiempo necesario para la producción de cada sonido. Durante el habla el *sistema nervioso* (SN) recibe información de la situación de estas estructuras y músculos, tanto vía cinestésica como mediante la vía acústica, de manera que el *sistema auditivo* es otro importante medio para que el SN ejerza su control.

Las enfermedades del SN pueden alterar su capacidad de coordinación. Dependiendo de dónde esté localizada la disfunción del SN encontraremos diferentes manifestaciones clínicas, pero hay que señalar que dado que el SN es enormemente complejo y que algunas patologías lo afectan en muy diverso grado y extensión, la correlación entre el lugar del daño neurológico teórico y la disfunción fonatoria resultante es variable y en ocasiones paradójica.

Si la lesión ocurre en el córtex puede haber una gran incapacidad para el uso del lenguaje, para iniciar el habla y para recibir las aferencias propioceptivas de los distintos sistemas. Los síntomas y los signos que presenta el paciente fundamentan el diagnóstico.

En el córtex precentral lateral parece producirse la convergencia de vías nerviosas que conducen información aferente desde otras partes del cerebro (1). Las lesiones en esta área pueden producir una pérdida total de la fonación. Lesiones en el córtex cingulado anterior producen mutismo acinético (1).

Lesiones en los ganglios basales o en la sustancia gris periacueductal producen disrupciones en la fonación caracterizadas por voz aérea, voz áspera y temblor vocal.

Las alteraciones cerebelosas pueden cursar con disartria atáxica y cambios en la velocidad de movimientos de labios y mandíbula, afectando probablemente la velocidad de movimientos de estructuras laríngeas. El cerebelo juega un importante papel en el control del tono y la intensidad de la fonación, pero no es necesario para iniciar la fonación (2).

WARD y cols. (1981) (3) propusieron la división esquemática del SN en diferentes subsistemas. Esta simplificación ayuda a entender de qué manera un síndrome o una lesión específica pueden afectar a la fonación:

1. Aferencias sensoriales y autonómicas.
2. Eferencias motoras:
 - Neurona motora superior (corteza cerebral y tractos piramidales).
 - Sistema extrapiramidal (sustancia reticular).
 - Cerebelo.
 - Neurona motora inferior.

ORGANIZACION DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL Y PATOLOGIA DE LA VOZ

Revisaremos brevemente los sistemas eferentes o motores más importantes involucrados en la fonación (4) (fig. 1). El área 4 del giro precentral, en el córtex, es muy importante para el control de la vocalización. Las neuronas de esta y otras áreas del córtex convergen para formar los tractos corticobulbares. Estos tractos pasan por la cápsula interna y pedúnculo cerebral constituyendo la denominada vía piramidal. En el tronco cerebral muchas fibras cruzan al lado opuesto y continúan bajando hacia el núcleo ambiguo en el bulbo. El núcleo ambiguo alberga los núcleos motores de los pares craneales IX, X y XI. Lesiones a lo largo de esta vía: córtex precentral, tractos corticobulbares, cápsula

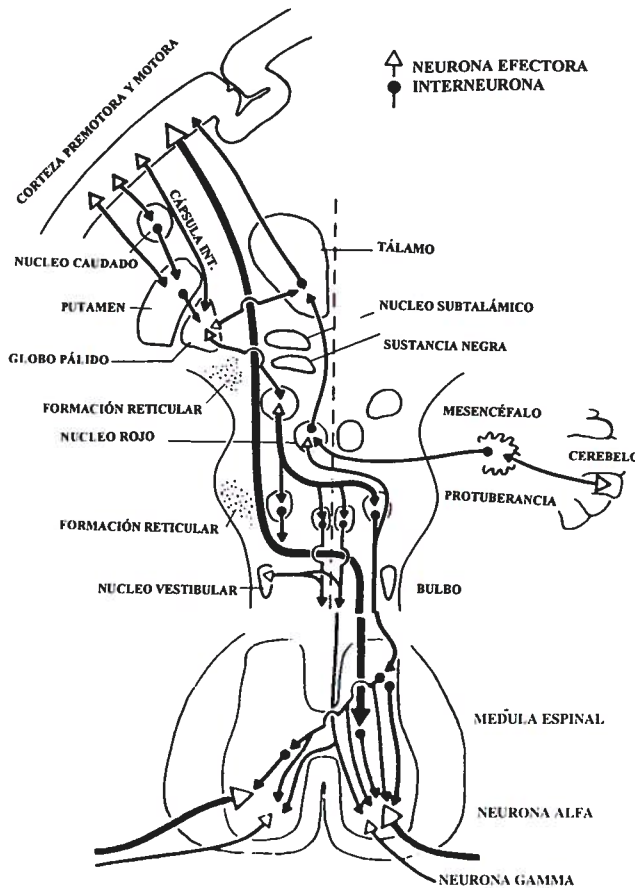


FIG. 1.—Esquema de las vías motoras piramidales y extrapiramidales. La vía piramidal alcanza las neuronas de la médula espinal sin sinapsis intermedias (línea negra gruesa). La vía extrapiramidal presenta muchas sinapsis, con los ganglios basales y la formación reticular en su recorrido hacia las neuronas motoras inferiores. No se muestran las colaterales de la vía piramidal al tegmento de la protuberancia y al mesencéfalo, donde pueden interactuar con el sistema extrapiramidal. [Tomado de DARLEY, F. L.; ARONSON, A. E., y BROWN, J. R., 1975 (4)]

interna o pedúnculos cerebrales, tronco cerebral, bulbo o el propio núcleo ambiguo pueden producir diferentes efectos en la fonación (4).

El sistema extrapiramidal comprende la sustancia reticular, el cuerpo estriado (con el núcleo caudado y lenticular) y los ganglios basales (específicamente el globo pálido y la sustancia negra) (3). Lesiones en este sistema afectan la coordinación de la función laríngea. Los movimientos atetoides son característicos de pacientes con lesiones en estas áreas. La degeneración de los ganglios basales y la sustancia reticular produce los síntomas típicos del Parkinson. Se piensa que el síndrome de Shy-Drager, en el que hay parálisis progresiva de los músculos abductores de la laringe, se produce por afectación del sistema extrapiramidal y del núcleo motor del N. vago (5).

Las lesiones en el cerebro afectan la coordinación de las funciones motoras y producen habla borrosa,

así como ataxia y nistagmus. La voz puede ser aérea o espasmódica. En el síndrome de Arnold-Chiari, por ejemplo, se pueden apreciar movimientos involuntarios de abducción de las cuerdas vocales (5).

Las lesiones de neurona motora inferior ocurren por alteraciones de tronco cerebral y bulbo (vasculares, degenerativas, tumorales...). Puede tratarse de una disfunción de las neuronas motoras, como en la disfonía espasmódica o en el temblor esencial, o tratarse de una falta de función que produce una parálisis de los nervios laríngeos superior y recurrente que produce flacidez en la cuerda vocal. Dependiendo de la extensión de la lesión pueden afectarse paladar, faringe, lengua, cara y otras partes del cuerpo.

Existen alteraciones de la voz cuya causa neurológica es una afectación difusa o indeterminada del SNC (síndrome de Gilles de la Tourette y esclerosis múltiple).

En la tabla I (5) se enumera la patología neurológica que produce alteraciones de la voz. Los síndromes que cursan con afectación periférica del nervio vago se explican en el capítulo de las parálisis laríngeas.

ALTERACIONES DE NEURONA MOTORA SUPERIOR (CORTICAL Y PIRAMIDAL)

Parálisis supra o pseudobulbar

Descripción y etiología

Tanto la vía piramidal como el sistema extrapiramidal convergen sobre las neuronas motoras inferiores. Los daños en la vía extrapiramidal suelen producir espasticidad y aumento de los reflejos posturales. Las alteraciones piramidales producen impotencia funcional, más acentuada en los movimientos delicados. Las lesiones en ambas vías pueden producir espasticidad, debilidad, limitación del rango y enlentecimiento de los movimientos. La parálisis pseudobulbar se produce cuando se afectan ambos sistemas. Aunque el nombre —pseudobulbar— es equívoco, se contrapone a la parálisis bulbar en la que predomina la debilidad muscular.

Los síntomas se producen en general por lesiones progresivas que afectan bilateralmente los tractos corticobulbares. Frecuentemente se afectan ambas cápsulas internas, aunque también pueden estar dañados la protuberancia y el tronco cerebral (6). El ictus cerebral es la causa más frecuente, aunque otras etiologías son la parálisis cerebral, el traumatismo encefálico, la esclerosis múltiple y la arteriosclerosis (4). El paciente tiene dificultades con el lenguaje y la deglución, y labilidad emocional, de manera que los cambios bruscos de la risa al llanto

TABLA I: PATOLOGÍA DE LA VOZ ASOCIADA A AFECTACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO**Alteración sensorial aferente****Alteraciones motoras eferentes***De neurona motora superior*

- Parálisis supra o pseudobulbar.

Alteraciones extrapiramidales

- Enfermedad de Parkinson.
- Síndrome de Shy-Drager.
- Esclerosis lateral amiotrófica.
- Corea de Huntington.

Alteraciones cerebelosas

- Disfonía atáxica.
- Síndrome de Arnold-Chiari.

De neurona motora inferior

- Disfonía espasmódica.
- Temblor esencial.
- Afectación bulbar con parálisis del N. vago (síndromes de Wallenberg, Babinski-Nageotte, Cestain-Chenais, Avellis, Hughlings-Jackson, Schmidt, Mackenzie, Bonnier).
- Afectación periférica de N. vago (síndromes de Collet-Sicard, Vernet, Villarets, Tapia, Gard-Gignoux, Klinkert).

Daño generalizado del sistema nervioso central o localizaciones desconocidas

- Síndrome de Gilles de la Tourette.
- Esclerosis múltiple.

Tomado de COLTON, R. H.; CASPER, J. K., e HIRANO, M., 1990 (5).

sin estímulo suficiente nos debe hacer sospechar el diagnóstico (7). Se interpreta que en la parálisis pseudobulbar, debilidad e hiperactividad muscular coexisten afectando en mayor o menor medida a músculos adductores y abductores laríngeos, de manera que respecto al resultado fonatorio se pueden producir múltiples combinaciones (5).

Características psicoacústicas de la voz

La característica fundamental es la disartria al hablar (4). Usando la terminología de DARLEY y cols. (1975) (4) se han descrito casos con: a) exceso prosódico —lenguaje rápido y tenso—; b) insuficiencia prosódica —monotonía, monointensidad, falta de tensión, frases cortas—; c) incompetencia de articulación y resonancia —consonantes imprecisas, vocales distorsionadas, hipernasalidad—, y d) estenosis fonatoria —voz áspera, tensión y es-

fuerzo al hablar, elevaciones (gallos) o caídas bruscas del tono al fonar. ARING (6) resumió que el habla de los pacientes con parálisis pseudobulbar es nasal, monótona, de baja intensidad y demasiada velocidad, haciéndose difícil la comprensión.

Análisis acústico

Los pacientes con parálisis pseudobulbar tienen promedios de frecuencia fundamental (Fo) normales y reducida variabilidad de la Fo y de la intensidad al hablar, lo que puede relacionarse con la percepción de monotonía y monointensidad (8).

Estroboscopia laríngea

Cuando hay hipertonicidad laríngea se aprecia excesivo cierre glótico y onda mucosa de menor amplitud. Cuando domina la hipotonía puede haber defectos de cierre glótico y asimetría con aperiodicidad de la onda mucosa (9).

ALTERACIONES EXTRAPIRAMIDALES**Parkinsonismo***Descripción y etiología*

El parkinsonismo es un síndrome neurológico manifestado por la combinación de temblor de reposo, rigidez, bradicinesia y pérdida de los reflejos posturales (10, 11). Se requieren al menos dos de estos síntomas cardinales para establecer el diagnóstico. Hay muchas causas de parkinsonismo y pueden dividirse en tres categorías: idiopático, sintomático y parkinsonismo-plus (tabla II). El diagnóstico específico depende de la historia clínica, el examen neurológico y las pruebas de laboratorio (12).

El parkinsonismo idiopático, también conocido como enfermedad de Parkinson (EP), es el tipo más frecuente. Es una alteración progresiva de etiología desconocida y su diagnóstico se hace tras excluir las causas conocidas de parkinsonismo (tabla III) (13).

La EP es, probablemente, el proceso que afecta con mayor frecuencia a los ganglios basales, específicamente la sustancia negra, y constituye, en orden de frecuencia, la tercera enfermedad neurológica tras los accidentes cerebrovasculares y la epilepsia (14). Afecta aproximadamente a un 1% de la población mayor de cincuenta años (5).

La enfermedad suele empezar pasados los cincuenta años de edad, pero a veces afecta a pacien-

TABLA II: PARKINSONISMO: CLASIFICACION

Idiopático (primario)
— Enfermedad de Parkinson.
Sintomático (secundario)
1. Fármacos (neurolépticos).
2. Postencefalitis.
3. Toxinas (Mn, CO, MPTP, cianuro).
4. Vascular.
5. Tumor cerebral.
6. Trauma craneoencefálico.
Síndromes parkinsonismo-plus
1. Parálisis supranuclear progresiva.
2. Atrofia plurisistémica:
— Degeneración estriatonigral.
— Síndrome de Shy-Drager.
— Degeneración olivopontocerebelar.
3. Demencia:
— Enfermedad de Alzheimer.
— Hidrocefalia con presión normal.
4. Hereditarias:
— Enfermedad de Wilson.
— Enfermedad de Huntigton.
— Enfermedad de Hallervorden-Spatz.

Mn: Manganese. CO: Monóxido de carbono. MPTP: 1-metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridina. Tomado de BRIN, M. F.; FAHN, S.; BILTZER, A., y RAMIG, L. O., 1992 (12).

tes más jóvenes. Si empieza antes de los treinta años hay que pensar en otras etiologías, como la enfermedad de Wilson y la variante de Westphal de la enfermedad Huntington (12). En una serie personal de 41 pacientes la edad media de comienzo de la enfermedad fue de sesenta y cinco años, con una desviación típica de 7,8 años (15).

Estudios en poblaciones de distintos países han mostrado una incidencia entre ocho y 20 casos nuevos por 100.000 habitantes y año (16) y una prevalencia de tres por 1.000 (17, 18). La enfermedad es más común en hombres (60%) que en mujeres (40%). La incidencia en Estados Unidos es de 20 nuevos casos anuales por 100.000 habitantes, con una prevalencia de 187 enfermos de Parkinson por 100.000 habitantes (19). No existen estudios en nuestro medio, pero extrapolando estas cifras a la población española se calcula que la incidencia varía entre 3.200 y 8.000 nuevos casos por año, y la prevalencia está ente 80.000 y 120.000 casos (20, 21).

Con los tratamientos médicos actuales la expectativa de vida de los pacientes con EP prácticamente iguala la de la población general (12).

TABLA III: CRITERIOS PARA EL DIAGNOSTICO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON

Criterios de inclusión
Al menos dos de los siguientes síntomas:
— Temblor de reposo.
— Rigidez.
— Bradicinesia.
— Pérdida de reflejos posturales.
Criterios de exclusión
— Antecedentes de:
• Encefalitis.
• Exposición a monóxido de carbono, manganeso, MPTP (metil-4-fenil-1,2,3,6-tetrahidropiridina) u otros tóxicos.
• Exposición reciente a neurolépticos.
— Comienzo de los síntomas tras:
• Traumatismo craneoencefálico.
• Apoplejía.
— Presencia en la exploración de:
• Ataxia cerebelosa.
• Pérdida de movilidad ocular hacia abajo.
• Hipotensión postural pronunciada no debida a medicación.
• Parálisis de cuerdas vocales.
— Resonancia magnética o tomografía computerizada cefálica que revele:
• Infartos lacunares.
• Ventrículos cerebrales dilatados.
• Atrofia cerebelosa.
• Atrofia mesencefálica o de otras partes del tronco cerebral.
— Falta de respuesta a levodopa.

Tomado de FAHN, S. 1988 (13).

Características psicoacústicas de la voz

El 40% de nuestros pacientes con EP refirió alteraciones de la voz (15), contrastando este dato con el de LOGEMAN y cols. (22), que estiman que el 89% de los EP presentan alguna alteración de la fonación. La disfonía se caracteriza por una disminución de la sonoridad con monotonía, monointensidad e insuficiencia prosódica (voz apagada). La voz tiende a desvanecerse al final de la fonación. El lenguaje se produce en lentos ataques y las pausas para respirar se producen entre palabras y sílabas. La articulación de los sonidos, tanto linguales como labiales, está empobrecida (4).

ARONSON y cols. (1968) (23) señalaron la monotonía, el tono excesivamente bajo y la voz áspera como las tres características fundamentales de la voz en los EP. Pero GREWEL (24) considera que la voz de los EP es demasiado aguda. LOGEMAN y cols. (1978) (22) encontraron voz aérea y temblor vocal en algunos de sus pacientes. DARLEY y cols. (1969) apreciaron menor variabilidad de la sonoridad al hablar.

Análisis acústico

Los EP (sobre todo los varones) tienden a fonar y a hablar con Fo ligeramente aguda (voz atiplada) (15, 26, 27). Además presentan al fonar valores altos de jitter (perturbación de la frecuencia) tanto si se analiza la señal microfónica (0,98 frente a 0,62 en los controles) como la laringográfica (0,83 frente a 0,65 en los controles) (15). Los EP presentan menor variabilidad de la frecuencia y la intensidad al hablar (15, 26), relacionándose esta medida con la percepción de monotonía y monosonoridad.

Hay una discrepancia entre la percepción de voz grave en los pacientes con EP (23) y la medida de su Fo que resulta aguda (15, 26, 27). Tono y frecuencia fundamental no son sinónimos, aunque estén relacionados (5). La percepción del tono puede verse influida por otras características de la voz, como la ronquera o la voz aérea. Tal vez características medibles mediante análisis de voz, como el jitter, influyan en la percepción del tono, de manera que aparentemente los EP tienen un tono de voz que puede percibirse como bajo, aunque la Fo real es más alta de lo normal.

El rango vocal de los EP es menor que en los casos control de su edad (18 frente a 20,5 semitonos) (15). En nuestra serie (n = 41) estas medidas de análisis acústico que resultaron alteradas en los EP frente a los controles no se relacionaron con la duración o la severidad de la enfermedad (15).

Electromiografía

La EP produce mayor actividad de fondo y de reposo en los músculos interaritenoides y cricoaritenoides posteriores (28).

Laringoscopia

DARLEY y cols. (25) no encontraron alteraciones en la exploración laringoscópica de los EP. Sin embargo, HANSON y cols. (29) señalaron que los EP presentan cuerdas arqueadas con defecto de cierre central al fonar y vibración aumentada de las cuer-

das vocales al explorar su laringe mediante cinematografía. Apreciaron también un desplazamiento hacia atrás del proceso vocal del aritenoides y hacia atrás y afuera del ápex aritenoides, afectándose la laringe asimétricamente.

La estroboscopia laríngea se ve artefactada por las alteraciones de la producción vocal que caracterizan la enfermedad, ya que es la frecuencia de vibración glótica la que condiciona en cada momento la frecuencia de disparo de la fuente de luz.

Síndrome de Shy-Drager

Descripción y etiología

El síndrome fue descrito por primera vez por SHY y DRAGER en 1960 (30). Es una enfermedad progresiva del SNC que afecta al sistema autónomo y al sistema motor. Afecta más a los hombres que a las mujeres, en general por encima de los cincuenta años. Los síntomas iniciales son hipotensión postural (descenso de la presión sanguínea cuando el paciente se levanta), impotencia y alteraciones de los esfínteres (5). HANSON y cols. (31) señalaron que el síndrome producía debilidad de los músculos accesorios de la respiración, obstrucción respiratoria por aducción glótica, limitación en el movimiento del velo del paladar y disfagia. Sugirieron que los síntomas correspondían a afectación extrapiramidal, piramidal y bulbar.

El pronóstico es malo; pocos sobreviven más de cinco años (32). WILLIAMS y cols. (33) comunicaron que en ocho de los 12 casos de su serie existía paresia o parálisis de la abducción bilateral de las cuerdas vocales. En dos de ellos el examen inicial reveló parálisis unilateral, que se hizo bilateral al progresar la enfermedad. Su conclusión es que la combinación de parálisis de las cuerdas vocales con dificultades respiratorias puede deberse a la afectación del núcleo ambiguo y del núcleo retrofacial.

Los pacientes además presentan disartría (34), que puede ser atáxica, hipocinética o mixta. La disartría atáxica se produce por afectación cerebelosa, alterándose la precisión, fuerza, rango y velocidad de los movimientos del lenguaje. La disartría hipocinética se debe a alteración extrapiramidal, y lo que predomina es la rigidez muscular. Hay casos con síntomas mixtos: cerebelosos y extrapiramidales.

Características psicoacústicas de la voz

Monotonía, monosonoridad, tensión y esfuerzo al hablar y voz aérea son las características más constantes (31).

Signos acústicos y fisiológicos

Aunque es esperable que las medidas acústicas sean similares a las obtenidas en la EP, no disponemos de datos. GUIDI y cols. (28) encontraron signos de denervación en los músculos cricoaritenideos posteriores y potenciales de fibrilación en los interaritenoides. Estas características electromiográficas difieren de las encontradas en los EP.

Signos laringoscópicos

Con mucha frecuencia existe parálisis o paresia de la abducción bilateral (33). No conocemos estudios de estroboscopia laríngea en el síndrome de Shy-Drager.

Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)

Descripción y etiología

La ELA es una enfermedad degenerativa y progresiva del SNC que afecta tanto a las neuronas motoras superiores como a las inferiores. Puede producirse espasticidad (neurona motora superior) junto con debilidad muscular (síntoma de neurona motora inferior). La enfermedad suele afectar a personas mayores, con una incidencia anual entre 0,4 y 1,8 por 100.000 habitantes (35). Los síntomas iniciales suelen ser debilidad muscular, calambres y fasciculaciones (36).

El 28% de los pacientes del estudio de CARPENTER y cols. (1978) (36) presentó alteraciones ORL. Los síntomas más frecuentes fueron habla borrosa, ronquera y disfagia. La edad media de sus pacientes fue sesenta y un años, con igual proporción de hombres y mujeres. Son frecuentes la debilidad y las fasciculaciones en lengua y extremidades. En cuello, cara, velo palatino, faringe y músculo masetero existe frecuentemente debilidad y raramente fasciculaciones (36). En muchos pacientes existe babeo importante, siendo éste el principal problema a tratar (5).

Existen muchas posibles etiologías. ARONSON (7) menciona infecciones, enfermedades malignas y alteraciones genéticas. JANZEN y cols. (35) añaden tóxicos, enfermedades autoinmunes y defectos metabólicos. No existe tratamiento efectivo.

Características psicoacústicas de la voz

La característica principal es ronquera/voz áspera con habla borrosa como síntoma adicional. DARLEY y cols. (25) señalaron imprecisión en las consonantes, hipernasalidad, voz áspera, habla lenta y

monotonía como síntomas de voz más importantes en la ELA.

Signos acústicos y fisiológicos

Aunque los pacientes inician la fonación sin retraso respecto a los controles, presentan alargado el tiempo de fonación de las vocales y alargado también el tiempo sin sonido intersilábico durante el habla (37). No disponemos de estudios de electromiografía laríngea en pacientes con ELA.

Signos laringoscópicos

En general, la laringe presenta un aspecto normal (7). Pero es posible apreciar hiperadducción si domina el componente espástico de la enfermedad y lentitud en los movimientos de apertura y cierre laríngeo si predomina la flaccidez laríngea. No disponemos de datos de estroboscopia en pacientes con ELA.

Corea de Huntington

Descripción y etiología

El corea es un desorden hiperkinético caracterizado por movimientos bruscos y carentes de propósito de cabeza, cuello o miembros. El corea de Sydenham afecta a los niños, mientras que el corea de Huntington afecta a los adultos. La enfermedad afecta los ganglios basales y su incidencia se estima entre cuatro-siete por 100.000 (38). Es enfermedad hereditaria. El 50% de la descendencia de una persona afectada puede desarrollar la enfermedad. Los síntomas suelen comenzar entre la tercera y quinta década de la vida. Además de los movimientos coreicos (abruptos y sin propósito), que se intensifican con la tensión emocional, desapareciendo durante el sueño, se produce un deterioro mental progresivo (pérdida de memoria y de capacidad intelectual).

Características psicoacústicas de la voz

La característica principal es la percepción de voz áspera; también hay monotonía y tensión y esfuerzo al hablar (7).

Signos acústicos y fisiológicos

JAREMA y cols. (39) encontraron ligeras restricciones del rango vocal y del rango dinámico, encontrando también disminuido el tiempo de fonación máximo en

los 12 pacientes de su serie. RAMIG (40) midió caídas bruscas de la frecuencia fundamental al emitir una vocal sostenida. El flujo de aire al fonar está aumentado en los pacientes con corea de Huntington (39).

Signos laringoscópicos

ARONSON (7) refiere que la laringe de los pacientes tiene apariencia normal. COLTON y cols. (5) señalan que pueden observarse pequeños movimientos de adducción o abducción una vez alcanzada la posición fonatoria, sobre todo en los pacientes que sufren paradas de voz. La exploración estroboscópica se ve alterada por la alteración de la fonación que caracteriza la enfermedad.

ALTERACIONES CEREBELOSAS

Disfonía atáxica

Descripción y etiología

La disfonía atáxica (o el término más amplio, disartría atáxica) se produce por alteraciones del cerebelo que cursan con pérdida de la coordinación de las acciones musculares y en ocasiones hipotonía. Las causas de la disfonía de la disartría atáxica son variadas. El diagnóstico más frecuente es la degeneración cerebelosa, pero se dan casos de tumor, trauma e infarto del cerebelo (41).

Características psicoacústicas de la voz

Aunque es posible que la voz no se afecte, más del 60% de los pacientes presentan voz áspera o voz monótona; aproximadamente la mitad hablan en tono excesivamente bajo; con frecuencia hay tensión y esfuerzo al hablar y cambios bruscos del tono en la fonación sostenida (42).

Signos acústicos y fisiológicos

KENT y NETSELL (43) sugirieron que los pacientes atáxicos tienen más dificultad para controlar el tono al hablar que al emitir un sonido sostenido. También encontraron signos espectrográficos (sonograma) de voz áspera.

Signos laringoscópicos

No disponemos de estudios estroboscópicos. El aspecto de la laringe es normal, aunque tal vez los movimientos de adducción y abducción sean más lentos (7).

Malformación de Arnold-Chiari

Se caracteriza por el desplazamiento del tronco cerebral y el cerebelo hacia la columna cervical, con el consiguiente compromiso de espacio, dañándose el cerebelo, la médula y los pares craneales inferiores (38). Fue descrita por ARNOLD (1894) y posteriormente por CHIARI (1896) (5). Los síntomas vocales pueden parecerse a los de la ataxia cerebelosa, pero otras veces los síntomas se deben a afectación de la médula o de los nervios periféricos, produciéndose parálisis flácida. En este último caso las características perceptuales, fisiológicas y laringoscópicas corresponden a las que podemos encontrar en las parálisis laríngeas recurrenciales.

ALTERACIONES DE NEURONA MOTORA INFERIOR

Disfonía espasmódica

Descripción y etiología

La disfonía espasmódica ha recibido en los últimos veinte años una atención desproporcionada si atendemos a su incidencia, seguramente porque contamos desde fecha relativamente reciente con procedimientos terapéuticos que liberan de alguna manera al paciente de sus síntomas (5). Tal vez la misma razón explique el aparente incremento en la incidencia de esta enfermedad, que ya no se etiqueta como trastorno funcional. Afecta más a las mujeres que a los hombres (1,4:1), comenzando en general en la edad media de la vida (44).

En algunos pacientes el comienzo se asocia a infecciones intensas de la vía respiratoria superior (23); otros autores relacionan el comienzo con un trauma emocional concreto (7, 45), y en muchos casos el comienzo es insidioso, presentándose inicialmente una ronquera moderada que se intensifica a lo largo de los meses, adquiriendo características de voz entrecortada y tensa (5).

No se conoce bien la etiología de la disfonía espasmódica (7). Para algunos autores existe un origen psicológico (45, 46), pero para otros se trata de un trastorno neurológico (23, 42, 47, 48).

BLITZER y cols. (49) realizaron electromiografía laríngea en 16 pacientes con disfonía espasmódica, encontrando actividad espontánea normal y aumento de la actividad en fonación. Los electromiogramas carecieron de irregularidades y disincronías en los potenciales de acción musculares, rasgos que caracterizan las enfermedades que cursan con espasticidad (alteración de primera neurona motora), por lo que consideran la disfonía espasmódica como una distonía focal (enfermedad de neurona motora inferior). Además señalaron la presencia de otras

formas de distonía (no espasticidad) en algunos de sus pacientes, que presentaron generalmente sus síntomas en la edad adulta, produciéndose excesiva actividad muscular cuando el paciente realizaba una acción, perdiendo el control de la contracción y exacerbándose los síntomas cuando el paciente estaba más nervioso. De acuerdo con estas consideraciones evitamos denominar a la enfermedad disfonía espástica, llamándola disfonía espasmódica o distonía laríngea.

Debe distinguirse la disfonía espasmódica de adducción, que es el tipo más frecuente, de la disfonía espasmódica en abducción que produce síntomas muy distintos. HARTMAN y ARONSON (50) sugirieron el término «disfonía aérea intermitente» para esta última patología.

Características psicoacústicas de la voz

Disfonía espasmódica de adducción. La característica fundamental es la tensión y el esfuerzo al hablar, asociada a interrupciones de la fonación (7, 23, 45) que el paciente refiere como «engancharse al hablar». Además puede haber voz ronca, áspera y temblorosa (5).

Disfonía espasmódica de abducción. Se producen episodios intermitentes de voz aérea, caídas de tono y prolongación de las vocales (50).

Signos acústicos y fisiológicos (disfonía espasmódica en adducción)

DAVIS y cols. (51) encontraron voces más agudas en los varones afectados y voces algo más graves en las mujeres afectadas que en los controles. También hallaron mayor variabilidad de la frecuencia fundamental (Fo) al hablar en los pacientes —tanto en los hombres como en las mujeres— que en los controles. FRITZELL y cols. (52) encontraron que los valores de Fo tomados al hablar tenían una distribución bimodal. Tras realizar la sección del nervio recurrente los valores de la Fo tomados al hablar vuelven a adquirir una distribución unimodal.

Las medidas de intensidad en la disfonía espasmódica pueden no ser representativas de la patología, ya que característicamente los pacientes tienden a emitir voz cuchicheada para compensar su tendencia a producir interrupciones en la fonación. IZDEBSKI (53) realizó espectrogramas promedio de larga duración (*long-term average spectrum*) para evaluar la distribución de la energía sonora a lo largo del espectro de frecuencias (*power spectrum*) al pronunciar una frase en 23 pacientes con disfonía espasmódica en adducción, encontrando altos

niveles de energía en las frecuencias agudas (por encima de 2 KHz) en los pacientes, señalando que estos niveles decrecían enormemente después de la sección del nervio laríngeo recurrente.

Se han medido valores de presión subglótica mucho más altos en pacientes con disfonía espasmódica de adducción (14 cm. de agua) que en los controles (6 cm. de agua) (54) y valores más bajos de flujo glótico (55, 56).

Signos laringoscópicos

El aspecto de la laringe es normal mientras el paciente respira. Pero al fonar puede apreciarse la hiperadducción en la disfonía espasmódica de adducción y la apertura súbita de las cuerdas vocales en la variedad de abducción (5). La calidad de las imágenes estroboscópicas queda afectada por las características de la patología; la presencia de temblor vocal dificulta aún más la exploración; no obstante, el registro puede servir de referencia para compararlo con el que hacemos después del tratamiento, en el que debe existir onda mucosa regular.

Otras consideraciones y tratamiento

Los pacientes con disfonía espasmódica pueden presentar otros signos neurológicos, incluido el temblor vocal, distonías mandibulares o faciales, temblor de manos o miembros, hiperreflexia, reflejo de succión, tortícolis o asimetrías en cara o paladar (23, 51). ARONSON y cols. (23) consideran la disfonía espasmódica como una parte de los posibles síntomas del temblor esencial. FINITZO-HIEBER y cols. (57) encontraron potenciales auditivos de tronco cerebral alterados en la mayor parte de los pacientes con disfonía espasmódica que estudiaron, concluyendo que la capacidad del tronco cerebral para transmitir impulsos está dificultada en estos pacientes.

La sección de un nervio recurrente disminuye o suprime los síntomas (58, 59, 60), pero actualmente existen mejores opciones terapéuticas. Además de la laringoplastia anterior y la rehabilitación foniátrica, la técnica que ofrece mayores beneficios para la mayoría de los pacientes es la inyección en el músculo tiroaritenoides de toxina botulínica (61).

Existen varios tipos inmunológicamente distintos de toxina botulínica, la tipo A, que es la toxina biológica más mortal que se conoce, es la que se usa en clínica (61). Esta toxina puede inyectarse percutáneamente (la aguja atraviesa la membrana cricotiroidea) con control fibroscópico (62) o electromiográfico (63) o bien inyectarse de forma transoral, en general, mediante fibroscopio con canal de

trabajo. La elección depende de la práctica del otorrinolaringólogo y de las características del paciente. Nosotros solemos inyectar entre 3-5 U de toxina botulínica A (Botox) en cada cuerda, inyectando en general ambas cuerdas.

Después de la inyección el paciente puede presentar voz áspera y algún problema de atragantamiento al tomar líquidos durante días, pero el mayor inconveniente del tratamiento con toxina es que sólo produce un efecto transitorio, requiriéndose nuevas inyecciones cada cuatro-seis meses.

Temblor esencial

El temblor ha sido definido como «una serie de movimientos oscilatorios, involuntarios, relativamente rítmicos y carentes de propósito» (64) que han sido observados tanto en musculatura distal como proximal (12). Cuando el movimiento no tiene cierta regularidad se clasifica como un fenómeno diferente (65).

Los temblores han sido clasificados por su etiología o apariencia clínica y se caracterizan por su frecuencia, amplitud, distribución en el cuerpo y factores exacerbantes o mitigadores (66). Todos tenemos temblores fisiológicos, cuya frecuencia varía entre seis-doce ciclos por segundo (67, 68). El temblor anormal (patológico) tiene un rango de tres-siete ciclos por segundo y es un signo de desorden neurológico (69). El temblor de reposo ocurre en relajación en el miembro sin soporte y el temblor de acción ocurre durante la contracción muscular. Los temblores de acción además se clasifican como temblores posturales (cuando se adopta una posición contra la gravedad), como temblores de contracción (por contracción isométrica voluntaria, independiente de la gravedad, por ejemplo, al apretar el puño) y como temblor cinético o intencional, en el que se realiza un movimiento dirigido a una meta (como, por ejemplo, al tocar la nariz con la punta del dedo) (66).

Los temblores patológicos frecuentemente se presentan en desórdenes neurológicos, como el temblor esencial (TE) (en principio temblor postural y de contracción), como la enfermedad de Parkinson (en principio, temblor de reposo) y como la ataxia cerebelosa (en principio temblor cinético) (66). El TE está típicamente ausente en reposo, es máximo mientras se mantiene una postura, se atenúa durante el movimiento y a menudo se acentúa al terminar el movimiento (70, 71, 72).

Descripción y etiología

El TE es una alteración del SNC que puede producir temblor en la cabeza, miembros, lengua, paladar y laringe. Suele comenzar en las manos y pro-

gresar hacia los brazos, cabeza, cuello y cara (73). Aunque es posible que la laringe no quede afectada, en ocasiones el temblor vocal es el primer e incluso el único síntoma. En general la enfermedad se instaura lentamente y con frecuencia existen antecedentes familiares (5).

Se han descrito signos neurológicos asociados, como reflejo de succión, tortícolis espasmódica, espasmos faciales bilaterales, incoordinación y adiadococinesia, pero en general el temblor esencial se considera como una enfermedad monosintomática, sin rigidez, ni bradicinesia ni inestabilidad postural (73).

El temblor vocal ocurre en el 10-20% de los pacientes con temblor esencial (74) y se intensifica con la tensión emocional o el cansancio (7). SCHAEFER (75) encontró temblor vocal en el 30% de un grupo de pacientes con disfonía espasmódica en adducción de origen desconocido. LARSON y SJOGREN (76) comunicaron que el temblor esencial ocurre más frecuentemente en hombres, con una media de edad de comienzo de cuarenta y ocho años. ARONSON y HARTMAN (77) encontraron una media de edad de comienzo de cincuenta y siete años en una serie de temblor esencial con temblor vocal. En una serie personal de 28 pacientes la edad media de comienzo fue 52,7 años, con una desviación típica de 16,7 años (15).

Se desconoce la patogenia del temblor esencial (78). No hay correlación anatómica o neuroquímica en cerebro o en fluidos corporales (79). ARONSON y HARTMAN (77) señalaron que algunas formas de disfonía espasmódica —enfermedad de neurona motora inferior— están causadas por temblor esencial. COLTON, CASPER e HIRANO (5) consideran el temblor esencial como una disfunción de neurona motora inferior.

Características psicoacústicas de la voz

El temblor vocal puede detectarse oyendo hablar al paciente, pero en ocasiones cuesta diferenciar el temblor vocal y la disfonía espasmódica (disonía laríngea en adducción). Es mucho más fácil detectar el temblor vocal pidiendo al paciente que emita un sonido vocal sostenido, por ejemplo, /a/ o /e/, manteniéndolo el mayor tiempo posible. El temblor vocal es rítmico, mientras que la disfonía espasmódica produce interrupciones irregulares del sonido. Ocasionalmente el paciente tiene temblor vocal y disfonía espasmódica (80). También se ha señalado la existencia de voz áspera y lenguaje hablado tenso y esforzado en estos pacientes (23).

Signos acústicos y fisiológicos

La mayoría de los estudios se han concentrado en medir el ritmo de las variaciones de amplitud

durante la producción de una vocal sostenida. BROWN y SIMONSON (73) midieron la frecuencia del temblor que podían apreciar en el oscilograma de 23 pacientes con temblor vocal diagnosticados de temblor esencial (seis de ellos sólo tenían temblor vocal). Veintiuno de sus 23 pacientes presentaron una frecuencia de temblor vocal entre 5-7 Hz. ARONSON y HARTMAN (77) estudiaron el temblor en los oscilogramas de 14 pacientes con temblor esencial, encontrando una frecuencia media de 5,7 Hz.

Algunos temblores vocales pueden ser constantes a través de la fonación sostenida, otros pueden crecer en amplitud y enlentecer su frecuencia al final de la fonación (73) y otros pueden ser demasiado variables para el análisis (81). LUDLOW y cols. (81) señalan que el temblor vocal fisiológico suele tener una frecuencia de 8-12 Hz. La amplitud del temblor fisiológico es menor que la del patológico (73).

En la figura 2 se muestra el trazado oscilográfico y laringográfico de una paciente con temblor vocal; las alteraciones son más evidentes cuando analizamos la señal laringográfica. Como se han seleccionado los dos mejores segundos de su fonación no podemos apreciar las alteraciones que se producen al final de la misma.

En las figuras 3 y 4 mostramos las pantallas de un paciente con TE sin temblor vocal cuyos valores de análisis de voz son enteramente normales. En resumen, el perfil del análisis de la voz de los pacientes con TE se caracteriza por valores altos de jitter (perturbación de la frecuencia) tanto en la señal microfónica como en la laringográfica, junto con valores bajos en la relación armónico/ruido de la señal laringográfica (sobre todo en las mujeres). La observación en pantalla del oscilograma y la señal laringográfica, valorando un tiempo suficiente, permite apreciar la oscilación de la señal que puede relacionarse con la percepción de voz temblorosa (fig. 2).

Hemos encontrado en estos pacientes disminuida la variabilidad de la Fo al hablar, y esta disminución es más acusada en los pacientes más severamente afectados por la enfermedad, valorada en su conjunto, aunque no padezcan temblor vocal (15). También las medidas del análisis de voz practicadas sobre un sonido vocal sostenido (/a/) se relacionan más con la severidad de la enfermedad que con la percepción de temblor vocal (15).

Los tratamientos (propranolol o primidona) que mejoran los síntomas generales de la enfermedad (temblor manual, cefálico, determinadas habilidades, etc.) en principio no producen mejoría en los resultados del análisis acústico (15). ARDRAN y cols. (82) encontraron variaciones regulares de actividad electromiográfica en los músculos hiogloso y cricotiroides con una frecuencia de 5-6 Hz sin que existiera sincronía entre ambos músculos en una mujer de setenta y dos años con temblor esencial.

Signos laringoscópicos

Se pueden observar movimientos rítmicos de una o más estructuras laríngeas durante la fonación y el reposo.

Síndromes bulbares y periféricos que afectan el movimiento laríngeo

Las lesiones bulbares y cervicales altas producen varios síndromes que cursan con parálisis laríngea por afectación de los nervios laríngeos superior y recurrente. En general en estos síndromes se afectan otros pares craneales. En la tabla IV se resumen los síndromes medulares que afectan la función vocal [tomado de BALLENGER (83)].

ALTERACIONES GENERALIZADAS DEL SNC O LESIONES DE LOCALIZACION DESCONOCIDA

Síndrome de Gilles de la Tourette

El síndrome suele comenzar entre los dos y los trece años. Se caracteriza por sacudidas y muecas, comienza con tics en cara y ojos (38) y luego se afectan los miembros. Su lenguaje se caracteriza por ruidos inusuales, arranques explosivos y declaraciones incorrectas o blasfemas (5). Los síntomas se van haciendo más severos durante la niñez, pero pueden disminuir en los adultos. El tratamiento con haloperidol suele controlar los síntomas, pero puede tener efectos secundarios en algunos pacientes (5), por ejemplo, está descrito el desarrollo de disfonía espasmódica durante el tratamiento que no desapareció tras la suspensión del mismo (84).

Esclerosis múltiple

Descripción y etiología

CHARCOT describió la esclerosis diseminada en 1881 (85). La enfermedad se caracteriza por múltiples cicatrices (esclerosis) en la sustancia blanca del cerebro, tronco cerebral y médula espinal. Los síntomas iniciales son muy leves y se presentan en personas jóvenes. Cuando la enfermedad progresa los síntomas son más importantes, pero todavía son intermitentes, de manera que existen largos períodos de remisión o latencia durante los cuales la persona afectada se encuentra bien. La enfermedad es mucho más frecuente en las regiones templadas de ambos hemisferios que en las regiones cercanas al ecuador. La incidencia en España es de 10 nuevos casos al año por 100.000 habitantes (86).

Es frecuente que el paciente acuda a la consulta de ORL, pues pueden presentar vértigo, nistag-

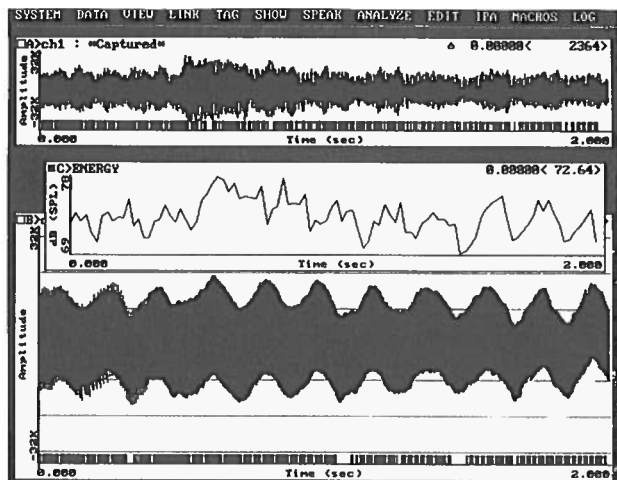


FIG. 2.—Mujer con TE y temblor vocal, sin tratamiento. Pantalla que muestra la fonación de /a/ sostenida. La sección marcada corresponde a dos segundos de fonación. En la pantalla A se muestra la señal microfónica u oscilograma. En la pantalla B, la señal laringográfica. En la pantalla C hay una representación gráfica de la intensidad de la señal microfónica. Podemos identificar, sobre todo en la señal laringográfica, oscilaciones de la señal a un ritmo de 5,5 ciclos por segundo. En el análisis de voz obtuvimos en la señal microfónica: Fo: 267 Hz; jitter: 1,87 por 100; shimmer: 0,87 dB, y señal armónico/ruido: 5,4 dB, y en la señal laringográfica: Fo: 266 Hz; jitter: 0,8 por 100; shimmer: 0,10 dB, y relación armónico/ruido: 12,8 dB.

mus, disartría o disfagia (87, 88). Puede haber parálisis bilateral de la abducción laríngea y alteraciones auditivas (89). La enfermedad puede afectar tanto el sistema piramidal como el cerebeloso o el tronco cerebral (88). Tal vez los signos cardinales de la enfermedad sean el habla escandida (carente de énfasis), el nistagmus y el temblor intencional (90). DARLEY y cols. (91) no encontraron ninguna alteración en el habla en el 59% de los 168 pacientes de su serie y en un 29% hallaron alteraciones mínimas.

La esclerosis en placas se caracteriza por incoordinación progresiva, espasticidad y debilidad de los músculos del cuerpo, cuando la musculatura laríngea queda afectada se pueden producir múltiples trastornos por la combinación de las alteraciones antes mencionadas (5).

Características psicoacústicas de la voz

Los principales síntomas de voz son la dificultad para controlar la intensidad y la voz áspera (91, 92). También se encuentran defectos de articulación, falta de énfasis, dificultades para el control del tono, hipernasalidad y voz aérea (91).

Signos acústicos y fisiológicos

El único dato que tenemos es que el rango de Fo al hablar en los pacientes con esclerosis múltiple parece similar al de la población general (93).

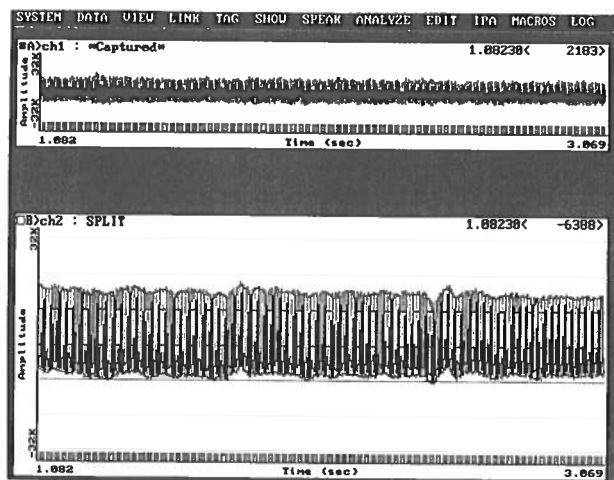


FIG. 3.—Varón con TE sin temblor vocal y sin tratamiento. Pantalla que muestra la fonación de /a/ sostenida. La sección marcada corresponde a dos segundos de fonación. En la pantalla A se muestra la señal microfónica u oscilograma. En la pantalla B, la señal laringográfica. El trazado es regular.

Signos laringoscópicos

La laringe suele tener una apariencia normal, pero en algunos casos está limitada la abducción de manera bilateral, pudiendo llegar a producir disnea (5).

CONSIDERACIONES FINALES

La producción vocal requiere un control neural muy complejo para mantener la tensión apropiada.

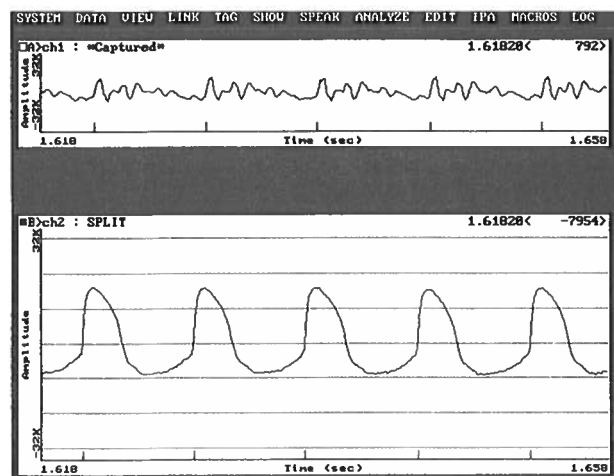


FIG. 4.—Esta pantalla corresponde a la misma captura que la de la figura 2, pero tan sólo hemos marcado una sección de 40 ms. Podemos observar que se repite con regularidad la onda compleja del oscilograma y el rápido cierre y correcta fase de apertura del laringograma. En el análisis de la voz obtuvimos en la señal microfónica: Fo: 127 Hz; jitter: 0,49 por 100; shimmer: 0,61 dB, y señal armónico/ruido: 11,1 dB, y en la señal laringográfica: Fo: 127 Hz; jitter: 0,49 por 100; shimmer: 0,15 dB, y relación armónico/ruido: 20,3 dB, que son valores normales para su edad (sesenta años).

TABLA IV: SINDROMES BULBARES QUE AFECTAN LA FUNCION VOCAL

<i>Nombre</i>	<i>Efecto</i>	<i>Causa</i>
Wallenberg	Parálisis ipsilateral de la laringe, faringe y paladar; pérdida de sensibilidad en cara, disfunción vestibular, ataxia y síndrome de Horner. Anestesia contralateral y disminución de la temperatura corporal en extremidades y tronco.	Infarto de la arteria cerebelosa posteroinferior que produce isquemia de la superficie inferior del cerebelo y tronco cerebral de ese lado.
Babinski-Nageotte	Similar al Wallenberg, incluye parálisis de la lengua y pérdida del sentido de la posición y de la vibración, con hemiplejía contralateral.	Como el Wallenberg más afectación del área bulbar medial.
Cestain-Chenais	Similar al Babinski-Nageotte, salvo que no se afecta o lo hace levemente la porción proximal del núcleo ambiguo.	Infarto de la arteria vertebral por debajo de la salida de la arteria cerebelosa posteroinferior.
Avellis	Parálisis laríngea, faríngea y del paladar con disfonía y disfagia. Pérdida de la sensación de dolor y temperatura (haz espinotalámico). La parálisis del paladar blando, que produce regurgitación nasal y rinolalia, suele ser un síntoma posterior.	Lesión vascular o inflamatoria en bulbo; lesión en el núcleo ambiguo del vago, más la parte craneal del nervio espinal. Puede haber destrucción del haz espinotalámico. Una lesión del N. vago por encima del ganglio inferior produce síntomas similares.
Hughlings-Jackson	Parálisis ipsilateral del paladar blando, faringe, laringe, lengua y músculo esternocleidomastoideo. Puede haber hemiplejía espástica contralateral (haz piramidal).	Lesión intrabulbar o lesión alta en el espacio parafaríngeo; se afectan el N. vago, el N. espinal y el N. hipogloso. Puede afectarse el haz piramidal.
Schmidt	Parálisis ipsilateral del paladar blando, faringe, laringe y músculos esternocleidomastoideo y trapecio.	Lesión vascular bulbar en una región más caudal que en el síndrome de Hughlings-Jackson.
Mackenzie	Parálisis unilateral del paladar blando, faringe, laringe y lengua.	Lesión vascular en el bulbo.
Bonnier	Debilidad general. Cuando hay vértigo y sordera parece una enfermedad de Ménière.	Lesión en el núcleo de Deiters o en los tractos vestibulares asociados.

da en las cuerdas vocales, producir las presiones y flujos de aire necesarios para fonar y realizar los movimientos de aducción y abducción de las cuerdas de forma coordinada para producir el habla, por tanto no es sorprendente que alteraciones del SN central (SNC) afecten la voz. La función fonatoria de la laringe, así como su papel en la respiración y la deglución pueden afectarse por una gran variedad de desórdenes neurológicos. La extensa lista de causas neurológicas que alteran la producción vocal pueden agruparse en traumáticas, vasculares, tumorales y enfermedades del SN

central que son las que hemos expuesto en este capítulo.

Ni otorrinolaringólogos ni neurólogos han prestado mucha atención a las alteraciones de la voz producidas por patología neurológica central hasta fecha reciente, si exceptuamos la disfonía espasmódica (71). La patología neurológica periférica que afecta la laringe ha sido más estudiada y se explica en otro capítulo de esta ponencia.

A pesar de que se ha avanzado en el conocimiento del control neurológico de la vocalización (94, 95), se desconoce el mecanismo fisiopatológico laríngeo

de muchas alteraciones neurológicas. Disponemos de medios ópticos cada vez más perfectos para explorar endoscópicamente y grabar la función laríngea (96, 97), de manera que este examen puede formar parte de la exploración neurológica. Otras técnicas que completan el estudio son el análisis acústico, la electroglotografía, la electromiografía y las medidas aerodinámicas (98, 99). Todas estas técnicas documentan, ayudan al diagnóstico y pueden objetivar la eficacia del tratamiento de las alteraciones neurológicas de la voz.

BIBLIOGRAFIA

- BARLOW, S. M.; NETSELL, R., y HUNKER, C. J.: «Phonatory disorders associated with CNS lesions». En: Cummings, C.; Fredrickson, J.; Harker, L.; Krause, C., y Schuller, D., editores. *Otolaryngology. Head neck surgery*, vol. 3. St. Louis: C. V. Mosby, 1986; 2087-2093.
- LARSON, C. R.; SUTTON, D., y LINDEMAN, R. C.: «Cerebellar regulation of phonation in rhesus monkey (*Macaca mulatta*). *Exp. Brain Res.*, 1978; 33: 1-18.
- WARD, P. H.; HANSON, D., y BERCI, G.: «Observations on central neurologic etiology for laryngeal dysfunction». *Ann. Otolaryngol.*, 1981; 90: 430-441.
- DARLEY, F. L.; ARONSON, A. E., y BROWN, J. R.: *Motor speech disorders*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1975.
- COLTON, R. H.; CASPER, J. K., e HIRANO, M.: «Voice problems associated with nervous system involvement». En: Colton, R. H.; Casper, J. K., e Hirano, M., editores. *Understanding voice problems*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1990; 107-151.
- ARING, C. D.: «Supranuclear (pseudobulbar) palsy». *Arch. Int. Med.*, 1965; 115: 19.
- ARONSON, A. E.: *Clinical voice disorders: An interdisciplinary approach*. New York: Thieme, 1985; 52.
- KAMMERMEIER, M. A.: *A comparison of phonatory phenomena among groups of neurologically impaired speakers*. PhD dissertation. University of Minnesota. Minneapolis, MN, 1969. (Citado por Colton, R. H.; Casper, J. K., e Hirano, M.: «Voice problems associated with nervous system involvement». En: Colton, R. H.; Casper, J. K., e Hirano, M., editores. *Understanding voice problems*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1990; 107-151.)
- KITZING, P.: «Stroboscopy - a pertinent laryngological examination». *J. Otolaryngol.*, 1985; 14: 151-157.
- FAHN, S.: «Parkinson's disease and other basal ganglion disorders». En: Asbury, A. K.; McKhann, G. M., y McDonald, W. I., editores. *Diseases of the nervous system: Clinical neurobiology*. Philadelphia: Ardmore Medical Books, 1986; 1217-1228.
- FAHN, S.: «The history of parkinsonism». *Mov. Disord.*, 1989; 4: S2-S10.
- BRIN, M. F.; FAHN, S.; BLITZER, A., y RAMIG, L. O.: «Movement disorders of the larynx». En: Blitzer, A.; Brin, M. F.; Sasaki, C. T.; Fahn, S., y Harris, K. S., editores. *Neurologic disorders of the larynx*. New York: Thieme Medical Publishers, Inc., 1992; 248-278.
- FAHN, S.: «Disorders with parkinsonism features». En: Hurst, J. W., editor. *Medicine for the practicing physician* (2nd ed.). Boston: Butterworths, 1988; 1522-1525.
- BERCIANO, J. A.; GIMENEZ ROLDAN, S.; GIMENO, A.; JANKOVIC, J.; MELAMED, E.; OBESO, J. A., y PORTERA, A.: *Optimización del tratamiento del Parkinson*. Fundación Valgrande Ed., 1991.
- GAMBOA, F. J.: *Análisis digital de la voz en pacientes con enfermedad de Parkinson o temblor esencial*. Tesis doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Alcalá de Henares, 1995.
- RAJPUT, A. H.: «Epidemiology of Parkinson's disease». *Can. J. Neurol. Sci.*, 1984; 1: 156-159.
- BHARUCHA, N. E.: «Prevalence of Parkinson's disease in the Parsi community of Bombay, India». *Arch. Neurol.*, 1988; 45: 1321-1323.
- RAJPUT, A. H.: «Frequency and cause of Parkinson's disease». *Can. J. Neurol. Sci.*, 1992; 19: 103-107.
- SCHOENBERG, B. S.: *Epidemiology of movement disorders*. London: Butterworths, 1987; 17.
- DE PEDRO, J.: «Parkinsonismo idiopático: De la epidemiología a la etiología». *Rev. Clín. Esp.*, 1990; 186: 4-12.
- GARCIA DE YEBENES, J. J.: «Enfermedad de Parkinson». *Jano*, 1990; 922: 61-73.
- LOGEMAN, J. A.; FISHER, H. B.; BOCHES, B., y BLONSKY, E. R.: «Frequency and cooccurrence of vocal tract dysfunctions in the speech of a large sample of Parkinson patients». *J. Speech Hear Res.*, 1978; 43: 47-57.
- ARONSON, A. E.; BROWN, J. R.; LITIN, E. M., y PEARSON, J. S.: «Spastic dysphonia II. Comparison with essential (voice) tremor and other neurologic and psychogenic dysphonias». *J. Speech Hear Disord.*, 1968; 33: 203-218.
- GREWEL, F.: «Dysarthria in post-encephalic Parkinsonism». *Acta Psychiat. Neurol. Scand.*, 1957; 32 (4): 440-449.
- DARLEY, F. L.; ARONSON, A. E., y BROWN, J. R.: «Differential diagnostic patterns of dysarthria». *J. Speech Hear Res.*, 1969; 12: 246-269.
- CANTER, G. J.: «Speech characteristics of patient with Parkinson's disease: Intensity, pitch and duration». *J. Speech Hear Disord.*, 1963; 28: 221-229.
- ZWIRNER, P.; MURRY, T., y WOODSON, G. E.: «Phonatory function of neurologically impaired patients». *J. Commun. Disord.*, 1991; 24: 287-300.
- GUIDI, A. M.; BANNISTER, R.; GIBSON, W. P. R., y PAYNE, J. K.: «Laryngeal electromyography in multiple system atrophy with autonomic failure». *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr.*, 1981; 44: 49-53.
- HANSON, D. G.; GERRATT, B. R., y WARD, P. H.: «Cinographic observations of laryngeal function in Parkinson's disease». *Laryngoscope*, 1984; 94: 348-353.
- SHY, G. M., y DRAGER, G.: «A neurological syndrome associated with orthostatic hypotension». *AMA Arch. Neurol.*, 1960; 2: 511-527.
- HANSON, D. G.; LUDLOW, C., y BASSICH, C.: «Vocal fold paresis in Shy-Drager syndrome». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983; 92: 85-90.
- THOMAS, J. E., y SCHIRGER, A.: «Idiopathic orthostatic hypotension: A study of its natural history in 57 neurologically affected patients». *Arch. Neurol.*, 1970; 22: 289-293.
- WILLIAMS, A. J.; HANSON, D., y CALNE, D.: «Vocal cord analysis in the Shy-Drager syndrome». *J. Neurosurg. Psychiatr.*, 1979; 42: 151-153.
- LINEBAUGH, C.: «The dysarthrias of Shy-Drager syndrome». *J. Speech Hear Disord.*, 1979; 44: 55-60.
- JANZEN, V. D.; RAE, R. E., y HUDSON, A. J.: «Otolaryngologic manifestations of amyotrophic lateral sclerosis». *J. Otolaryngol.*, 1988; 17: 41-42.
- CARPENTER, R.; McDONALD, T., y HOWARD, F.: «The otolaryngologic presentation of amyotrophic lateral sclerosis». *Otolaryngology*, 86: 479-484.

37. CARUSO, A., y BURTON, E. K.: «Temporal acoustic measures of dysarthria associated with amyotrophic lateral sclerosis». *J. Speech Hear Res.*, 1987; 30: 80-87.
38. MERRITT, H. H.: *A textbook of neurology* (6.^a ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, 1979.
39. JAREMA, A. D.; KENNEDY, J. L., y SHOULSON, I.: *Acoustic and aerodynamic measurements of hiperkinetic dysarthria in Huntington's disease*. Paper presented at the convention of the American Speech Language Hearing Association. Washington D. C., 1985.
40. RAMIG, L.: «Acoustic analysis of phonation in patients with Huntington disease». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1986; 95: 288-293.
41. BROWN, J. R.; DARLEY, F. L., y ARONSON, A. E.: «Ataxic dysarthria». *Int. J. Neurol.*, 1970; 7: 302-318.
42. ARONSON, A. E.; BROWN, J. P.; LITIN, E. M., y PEARSON, J. S.: «Spastic dysphonia I. Voice, neurologic and psychiatric aspects». *J. Speech Hear Disord.*, 1968; 33: 203-218.
43. KENT, R. D., y NETSELL, R.: «A case study of an ataxic dysarthric: Cineradiographic and spectrographic observations». *J. Speech Hear Disord.*, 40: 115-134.
44. BLITZER, A.; BRIN, M. F.; FAHN, S.; LOVELACE, R. E.: «Clinical and laboratory characteristics of focal laryngeal dystonia: Study of 110 cases». *Laryngoscope*, 1988; 98: 636-640.
45. BRODNITZ, F.: «Spastic dysphonia». *Ann. Otolaryngol.*, 1976; 85: 210-214.
46. ARNOLD, G. E.: «Spastic dysphonia I: Changing interpretation of a persistent affliction». *Logos*, 1959; 2: 3-14.
47. AMINOFF, M. J.; DEDO, H. H., e IZDEBSKI, K.: «Clinical aspects of spasmodic dysphonia». *J. Neurol. Psychiatr.*, 1978; 41: 361-365.
48. SCHAEFER, S. D., y FREEMAN, F. J.: «Spasmodic dysphonia». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1983; 20: 161-178.
49. BLITZER, A.; LOVELANCE, R. E.; BRIN, M. F.; FAHN, S., y FINK, M. E.: «Electromyographic findings in focal laryngeal dystonia (spastic dysphonia)». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1985; 94: 591-595.
50. HARTMAN, D. E., y ARONSON, A. E.: «Clinical investigations of intermittent breathy dysphonia». *J. Speech Hear Disord.*, 1981; 46: 428-432.
51. DAVIS, P. J.; BOONE, D. R.; CARROLL, R. L.; DARVENZIA, P., y HARRISON, G. A.: «Adductor spastic dysphonia: Heterogeneity of physiologic and phonatory characteristics». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1988; 97: 179-185.
52. FRITZELL, B.; FEUER, E.; HAGLUND, S.; KNUTSON, E., y SCHIRATZKI, H.: «Experiences with recurrent laryngeal nerve section for spastic dysphonia». *Folia Phoniatr.*, 1982; 34: 160-167.
53. IZDEBSKI, K.: «Overpressure and breathiness in spastic dysphonia». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1984; 97: 373-378.
54. SHIPP, T.; IZDEBSKI, K.; SCHUTTE, H. K., y MORRISSEY, P.: «Subglottal air pressure in spastic dysphonia speech». *Folia Phoniatr.*, 1988; 40: 105-110.
55. BRIANT, T. D. R.; BLAIR, R. L.; COLE, P., y SINGER, L.: «Laboratory investigation of abnormal voice». *J. Otolaryngol.*, 1983; 12: 285-290.
56. DAVIS, P. L.; BOONE, D. R.; CARROLL, R. L.; DARVENZIA, P., y HARRISON, G. A.: «Adductor spastic dysphonia: Heterogeneity of physiologic and phonatory characteristics». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1988; 97: 179-185.
57. FINITZO-HIEBER, T.; FREEMAN, F. J.; GERLING, I. J.; DOBSON, L., y SHAEFER, S.: «Auditory brainstem response abnormalities in adductor spasmodic dysphonia». *Am. J. Otolaryngol.*, 1982; 3: 26-30.
58. DEDO, H. H.: «Recurrent nerve section for spastic dysphonia». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1976; 85: 451-459.
59. DEDO, H. H., e IZDEBSKI, K.: «Surgical treatment of spastic dysphonia». *Contemp. Surg.*, 1981; 18: 75-90.
60. DEDO, H. H., e IZDEBSKI, K.: «Problems with surgical (RLN section) treatment of spastic dysphonia». *Laryngoscope*, 1983; 93: 268-271.
61. MILLER, R. H., y WOODSON, G. E.: «Opciones terapéuticas en la disfonía espasmódica. En: Koufman, J. A., e Isaacson, G., editores. *Trastornos de la voz*, vol. 5. Clínicas Otorrinolaringológicas de Norteamérica. Interamericana. McGraw-Hill, 1991.
62. URRUTIKOETXEA, A.; LINZASORO, G.; OLALDE, M.; NAVARRO, J.; SUAREZ, J., y ALGABA, J.: «Tratamiento de la disfonía espasmódica mediante inyección de toxina botulínica». *Acta Otorrinolaring. Esp.* 1994 (supl. 1): 23-27.
63. BLITZER, A.; BRIN, M. F.; FAHN, S., y LOVELACE, R. E.: «Localized injections of botulinum toxin for the treatment of focal laryngeal dystonia (spastic dysphonia)». *Laryngoscope*, 1988; 98: 193-197.
64. DEJONG, R. N.: *The neurologic examination*. New York: Hueber, 1967; 535.
65. GRETTY, M. A., y FINDLEY, L. J.: «Definition, analysis and genesis of tremor». En: Findley, L. J., y Capildeo, R., editores. *Movements disorders: Tremor*. New York: Oxford University Press, 1984; 15-26.
66. JANKOVIC, J.: «Tremors: Pathophysiology, differential diagnosis and pharmacology». *Neuro Cons.*, 1984; 2: 1-8.
67. LIPPOLD, O.: «Oscillations in the stretch reflex arc and the rhythmic 8-10 c/s component of physiological tremor». *J. Physiol. (Paris)*, 1970; 206: 359-382.
68. MARSDEN, C. D.: «The mechanisms of physiological tremor and their significance for pathological tremors». En: Desmelt, T. J., editor. *Physiological tremor, pathological tremor and clonus*. Basel: S. Karger AG, 1978; 3-16.
69. MARSDEN, C. D.; OBESO, J. A., y ROTHWELL, J. C.: «Benign essential tremor is not a single entity». En: Yahr, M. D., editor. *Current concepts in Parkinson's disease*. Amsterdam: Excerpta Medica, 1983.
70. CRITCHLEY, E.: «Clinical manifestations of essential tremor». *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 35: 365-372, 1972.
71. MARSHALL, J.: «Pathology of tremor». En: Findley, L. J., y Capildeo, R., editores. *Movement disorders: Tremor*. New York: Oxford University Press, 1984; 95-123.
72. FINDLEY, L. J.: «The pharmacology of essential tremor». En: Marsden, C. D., y Fahn, S., editores. *Movements disorders 2*. London: Butterworths, 1987; 438-458.
73. BROWN, J. E., y SIMONSON, J.: «Organic voice tremor». *Neurology*, 1963; 13: 520-525.
74. LEBRUN, Y.; DEVREUX, F.; ROUSSEAU, J. J., y DARIMONT, P.: «Tremulous speech». *Folia Phoniatr.*, 1982; 34: 134-142.
75. SCHAEFER, S. D.: «Neuropathology of spasmodic dysphonia». *Laryngoscope*, 1983; 93: 1183-1204.
76. LARSON, T., y SJOGREN, T.: «Essential tremor: A clinical and genetic population study». *Acta Psychiatr. Neurol. (Scand.)*, 1960; 36 (supl. 144): 1-176.
77. ARONSON, A. E., y HARTMAN, D. E.: «Adductor spastic dysphonia as a sign of essential (voice) tremor». *J. Speech Hear Disord.*, 1981; 33: 52-58.

78. LEE, R. G.: «The pathophysiology of essential tremor». En: Marsden, C. D., y Fahn, S., editores. *Movement disorders 2*. London: Butterworths, 1987; 423-437.
79. MARSHALL, J.: «Pathology of tremor». En: Findley, L. J., y Capildeo, R., editores. *Movement disorders: Tremor*. New York: Oxford University Press, 1984; 95-123.
80. FAHN, S.; TOLOSA, E., y MARIN, C.: «Clinical rating scale for tremor». En: Jankovic, J., y Tolosa, E., editores. *Parkinson's disease and movement disorders*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1993; 271-280.
81. LUDLOW, C.; BASSICH, C.; CONNORS, N., y COULTER, D.: «Phonatory characteristics of vocal fold tremor». *J. Phonetics*, 1986; 14: 509-515.
82. ARDRAN, G.; KINSBOURNE, M., y RUSHWORTH, G.: «Dysphonia due to tremor». *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 1966; 29: 219-223.
83. BALLENGER, J. J.: *Diseases of the nose, throat, ear, head and neck* (13th ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, 1985.
84. LANG, A. E., y MARSDEN, C. D.: «Spasmodic dysphonia in Gilles de la Tourette's disease». *Arch. Neurol.*, 1983; 40: 51-52.
85. CHARCOT, M.: *Lectures on the diseases of the nervous system*. London: The New Sydenham Society, 1991.
86. PRIM, M. P.; DE DIEGO, J. I., y DE SARRIA, M. J.: «Hallazgos EOG en pacientes con esclerosis múltiple». *Acta Otorrinolaring. Esp.*, 1996; 47 (1): 29-31.
87. WARD, P. H.; CANNON, D., y LINDSAY, J. R.: «The vestibular system in multiple sclerosis». *Laryngoscope*, 1965; 75: 1031-1046.
88. GARFINKLE, T., y KIMMELMAN, C.: «Neurologic disorders: Amyotrophic lateral sclerosis, myasthenia gravis, multiple sclerosis and poliomyelitis». *Am. J. Otolaryngol.*, 1982; 3: 204-212.
89. NOFFSINGER, D.; OLSEN, W. O.; CARHART, R.; HART, C. W., y SAHGAL, V.: «Auditory and vestibular aberrations in multiple sclerosis». *Acta Otolaryngol.* (supl. 303): 1-63.
90. IVERS, R. R., y GOLDSTEIN, N. P.: «Multiple sclerosis: A current appraisal of symptoms and signs». *Proc. Staff. Meetings Mayo Clin.*, 1963; 38: 457-466.
91. DARLEY, F. L.; BROWN, J. R., y GOLDSTEIN, N. H.: «Dysarthria in multiple sclerosis». *J. Speech Hear Res.*, 1972; 15: 229-245.
92. FARMAKIDES, M. N., y BOONE, D. R.: «Speech problems of patients with multiple sclerosis». *J. Speech Hear Disord.*, 1960; 25: 385-390.
93. ZEMLIN, W.: *A comparison of the periodic function of vocal vibration in a multiple sclerosis and a normal population*. PhD dissertation. University of Minnesota. Minneapolis, MN, 1962.
94. LARSON, C. R.: «Brain mechanisms involved in the control of vocalization». *J. Voice*, 1988; 2: 301-311.
95. GACEK, R. R., y MALMGREN, L. T.: «Laryngeal motor innervation-central». En: Blitzer, A., y cols., editores. *Neurologic disorders of the larynx*. New York: Thieme Medical, 1992; 29-35.
96. HANSON, D. G.: «Neuromuscular disorders of the larynx». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1991; 24: 1035-1051.
97. YANAGISAWA, E.: «Physical examination of the larynx and videolaryngoscopy». En: Blitzer, A., y cols., editores. *Neurologic disorders of the larynx*. New York: Thieme Medical, 1992; 82-97.
98. BAKEN, R.: *Clinical measurement of speech and voice*. Boston: Little Brown, 1987.
99. BLESS, D. M.: «Measurement of vocal function». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1991; 24: 1023-1033.

Parálisis laríngeas periféricas

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

Desde la aplicación del espejo laringoscópico a la exploración de la laringe hasta el momento actual las parálisis laríngeas han constituido uno de los problemas más interesantes con los que se enfrenta la laringología.

La localización de la lesión causal divide a las parálisis en cuatro grupos: parálisis supranucleares, bulbares, periféricas y musculares. Este capítulo se refiere a las parálisis periféricas, que afectan a la voz, a la deglución y respiración de forma variable y que no se acompañan de síntomas neurológicos que hagan pensar en una alteración central o bulbar.

Se reconocen distintos tipos de parálisis periféricas, que van desde la parálisis unilateral a la parálisis combinada doble, lo que significa una gran desproporción en la repercusión funcional entre unas y otras determinada por la posición relativa respecto a la línea media en que quedan la cuerda o cuerdas paralizadas.

A partir de la descripción realizada por ROSEN-BACH (1880) y SEMON (1881), cuyos conceptos sobre las parálisis laríngeas dieron lugar a la ley que lleva sus nombres, y de la interpretación que WAGNER (1898) y GROSSMAN (1897) hicieron sobre la influencia de la capacidad aductora del músculo cricotiroides para situar a la cuerda vocal parálitica en posición paramediana, la situación de la cuerda paralizada ha sido utilizada como referencia para la descripción clínica y el diagnóstico topográfico.

En la figura 1 se representan las diferentes líneas propuestas por ARNOLD, que demarcan las posiciones en las que la cuerda puede fijarse o hasta la cual puede alcanzar el movimiento de abducción. La fijación en la línea paramediana se interpreta como característica de la parálisis de todos los músculos que inerva el nervio recurrente. La fijación en línea intermedia correspondería a la lesión del nervio recurrente y a la de la rama externa del laríngeo superior. La línea de abducción serviría para valorar el movimiento real de abducción, más allá de la línea intermedia, que se interpreta como límite de la abducción pasiva por relajación aductora, en el supuesto de una parálisis aislada del músculo cricoaritenoides posterior.

La posición paramediana se ha tratado de explicar mediante diferentes teorías. Una de ellas invo-

ca que la innervación del músculo aritenoides se realizaría por medio de la rama interna del nervio laríngeo superior y del nervio recurrente. En los casos de lesión recurrente aislada persistiría la acción aductora dependiente de la rama interna del nervio laríngeo superior, lo que llevaría a la cuerda a situarse en dicha posición. Esta posibilidad no concuerda con el hecho de que en casos de parálisis recurrente unilateral la acción del aritenoides, teóricamente funcionante, no es evidente.

La teoría que se basa en la innervación bilateral del músculo aritenoides por ramas procedentes de ambos recurrentes tampoco explica la situación paramediana. En los casos de sección de ambos recurrentes, con ausencia de la acción del aritenoides, la cuerda vocal asume la posición paramediana y aún mediana. La desinserción de la masa muscular aritenoides, en los casos de parálisis bilateral de los recurrentes tratados por aritenoidectomía, no modifica la posición paramediana del lado no ope-

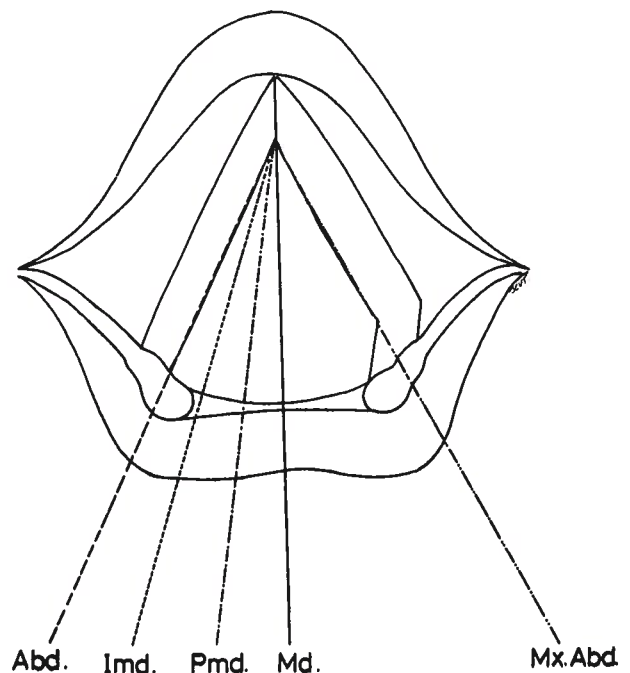


FIG. 1.—Posiciones que pueden adoptar las cuerdas vocales en las parálisis laríngeas.

rado y apenas la del lado operado, pues lo único que se consigue es una ampliación reducida de la comisura posterior producida por la pexia intencionada o la retracción cicatricial.

La teoría que pretende explicar el porqué de la situación paramediana por medio de la acción adductora del músculo cricotiroides, tradicionalmente aceptada, tampoco satisface. No explica el que observemos casos en los que la concomitancia de la lesión de ambos nervios, laríngeo superior y recurrente, se acompaña de una posición paramediana. Si el postulado de WAGNER y GROSSMAN fuese cierto, la corrección de la parálisis bilateral sería muy sencilla, bastaría, como ha sido propuesto por TSCHIASNY (1944) y COHEN (1987), anular la acción del músculo cricotiroides para obtener una glotis suficientemente amplia y relajada que permitiese la normalización de la respiración, lo cual no ocurre.

En el momento actual los conceptos tradicionales mantienen su valor en lo que se refiere a la descripción de la situación laríngea, pero no son fiables respecto al diagnóstico topográfico de la lesión causal. La observación frecuente de casos de parálisis que no se ajusta a los supuestos tradicionales, (fig. 2) en particular al concepto expuesto por WAGNER y GROSSMAN tan unánimemente admitido, hace difícil aceptar que ésta sea la explicación para la situación paramediana de la cuerda vocal parálítica y para el mantenimiento del tono del músculo tiro-

aritenoides que se observa en muchos casos de parálisis crónicas.

En relación a estos hechos es importante tener en cuenta que tanto la posición relativa de la cuerda vocal y el tono muscular de la misma varían en muchos casos a lo largo del tiempo. La atrofia completa por denervación es muy rara en la laringe. Un cuadro clínico que comienza con una o ambas cuerdas en posición intermedia y que se acompaña de aspiración y alteración muy importante de la voz evoluciona normalmente a lo largo de los meses a una situación de posición paramediana o mediana, que convierte funcionalmente el cuadro inicial en el opuesto. La tendencia siempre es a la aproximación de la cuerda vocal hacia la línea media aún en los casos en los que se aprecia una ausencia de tono en el músculo tiroaritenoides y de elongación por parte del cricotiroides. Reflexionar sobre esta situación nos lleva a considerar que, en algunos casos, en el momento agudo de las parálisis la acción del cricotiroides sano no se traduce en una aproximación inmediata como debería ser si su tono en reposo fuese capaz de aducir la cuerda vocal. Sólo con el paso del tiempo se produce la situación paramediana o mediana, lo cual ocurre también en parálisis en las que ambos nervios recurrente y rama externa del laríngeo superior están lesionados, casos en los que no se puede invocar una hipertrofia compensadora del músculo cricotiroides como responsable de la emigración medial como propone ARNOLD (1957).

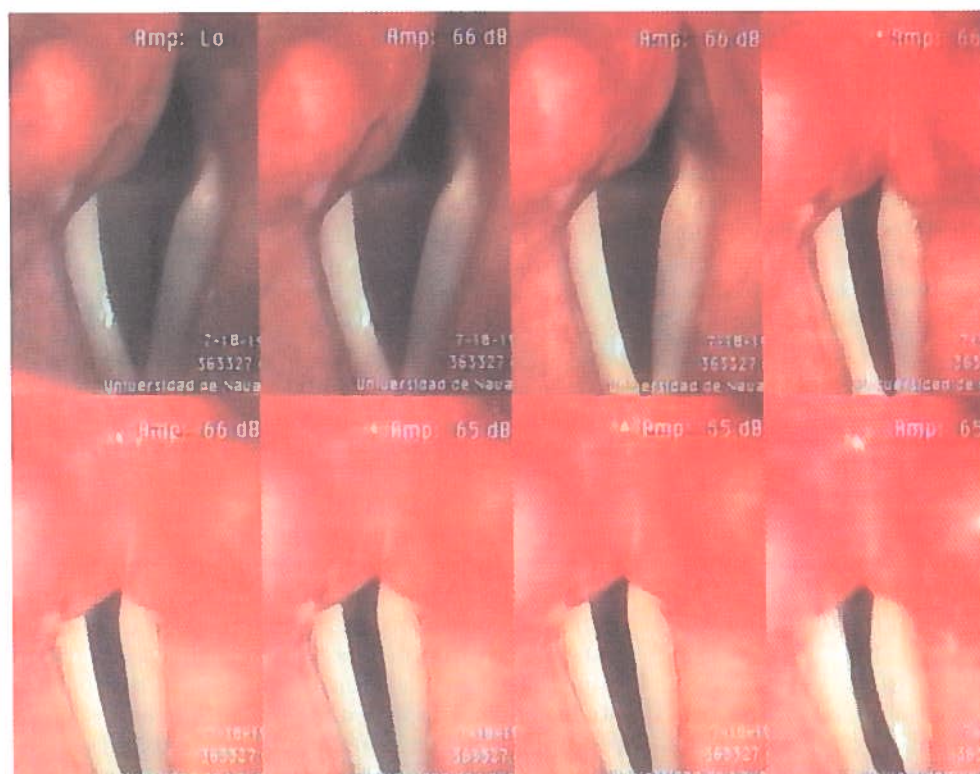


FIG. 2.—Parálisis recurrente derecha en posición intermedia.



FIG. 3.—Parálisis recurrental izquierda con atrofia del músculo tiroaritenoides. En las cuatro imágenes inferiores se observan movimientos aislados espontáneos del aritenoides izquierdo durante la respiración pausada. Las cuatro imágenes superiores corresponden a la aproximación máxima durante la fonación.

Estas no son dudas infrecuentes ni tampoco recientes entre aquellos que han estudiado numerosos casos de parálisis laríngea. Investigaciones actuales como las de KOUFMAN (1995) sobre 26 casos de parálisis laríngeas estudiadas de forma precisa mediante fibroscopia y electromiografía concluyen en que la acción del músculo cricotiroides no influye en la posición de la cuerda vocal. La explicación a esos hechos hay que buscarla por otros derroteros. Los trabajos de PRESSMAN y KELEMEN (1955) y de BERENDES (1956) invocan la innervación simpática por vía de las arterias laríngeas superior e inferior como posible medio para mantener el tono muscular, lo que llevaría a la contractura tónica y a la predominancia de la musculatura aductora.

Recientemente, WOODSON (1993), quien coincide en que la posición de la cuerda no es determinada por el estado de innervación del músculo cricotiroides, valora la proclividad del nervio recurrente para regenerarse como una posible causa para explicar la situación de la cuerda vocal. Aunque la musculatura abductora está constituida por más fibras musculares el número de fibras nerviosas adductoras es cuatro veces más numerosa, por lo que la posibilidad de reinervación de la musculatura aductora sería mayor.

En los músculos laríngeos al contrario que en otros del cuerpo humano, la reinervación natural espontánea no lleva consigo la recuperación de movimientos adecuados. La aparición de sincine-

sias, movimientos espasmódicos o asincrónicos es relativamente frecuente (fig. 3). Se atribuye a un proceso de reinervación en el que las fibras abductoras o aductoras innervan a músculos de acción opuesta, sea por innervación espontánea o producto de la anastomosis término-terminal entre los cabos del nervio recurrente. Los trabajos de CRUMLEY (1988) reflejan la importancia que puede tener la innervación aberrante después de la lesión traumática del nervio recurrente tanto en relación con el tratamiento como en lo que se refiere a la situación de la cuerda paralítica en distintas posiciones.

Otro aspecto a considerar en relación con la innervación es la íntima relación de aproximación entre el haz oblicuo del músculo cricotiroides y el músculo cricoaritenoides lateral. Los trabajos de GUTH (1968) referentes a la existencia de factores estimulantes de la reinervación producidos por el músculo denervado, y los de DIAMOND y cols. (1976) y LUNDBERG y cols. (1979) y de GARCIA-TAPIA (1988) sugieren la posibilidad de que se produzca una reinervación a partir de la emigración de axones de un músculo innervado a otro que manteniendo indemne su vascularización se encuentre en situación de denervación. El posible paso de axones del músculo cricotiroides, por su haz oblicuo, al músculo cricoaritenoides lateral o al músculo tiroaritenoides supondría un aumento del tono aductor y la posibilidad de un movimiento de aducción desencadenado por la fonación.

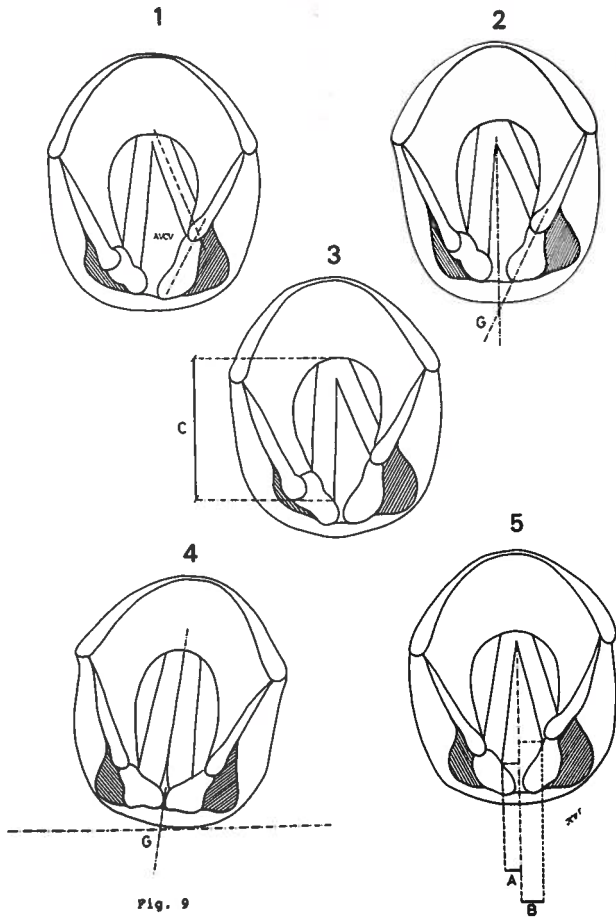


FIG. 4.—Posibilidades de medición de la situación de las cuerdas vocales y del grado de desplazamiento.

Los trabajos recientes de SANDERS (1994), referentes a la existencia del nervio comunicante, que correspondería al nervio del quinto arco branquial no identificado previamente, ofrecen la posibilidad de especular sobre una innervación procedente de este nervio para el músculo tiroaritenoides. Su existencia supondría conservar el tono y la capacidad aductora de dicho músculo y explicar la tendencia de la cuerda vocal paralítica a emigrar hacia la línea media.

La determinación por medios ópticos simples de la posición de la cuerda vocal paralizada y de su longitud es un procedimiento impreciso que lleva frecuentemente a la duda o a la disensión. La diferencia entre una posición y otra es cuestión de milímetros y en ocasiones la situación de la cuerda paralizada, parcialmente oculta por un aritenoides volcado hacia adelante, es de difícil descripción. Este aspecto puede ser una fuente de error en la interpretación de la situación clínica, que debe ser evitado mediante medios lo más precisos posibles, lo cual no es fácil, no siéndolo tampoco establecer cuál es la dimensión respecto a la línea media que nos permita establecer con seguridad que nos encontramos ante una posición paramediana, inter-

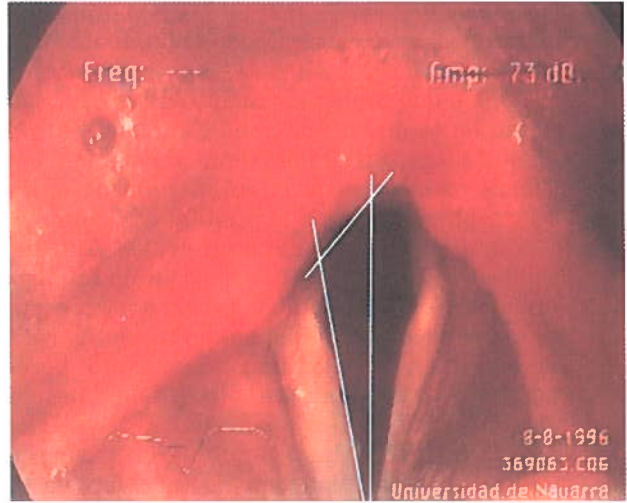


FIG. 5.—Medición sobre pantalla.

media o lateral, o tampoco si el movimiento que observamos en la cuerda paralizada se debe a una aducción generada por mecanismos fisiológicos o por mecanismos extrínsecos. La propuesta de valoración utilizada por GARCIA-TAPIA (1988) para medir las dimensiones y grado de movilidad ofrece posibilidades de valoración comparativa entre una cuerda y otra en lo que a la longitud se refiere y en lo que a ángulos corresponde, medida ésta que define precisamente la movilidad fisiológica del aritenoides (figs. 4 y 5).

ETIOLOGIA

Dentro de las parálisis periféricas las más frecuentes son las que tienen su origen en la lesión del nervio. La gran longitud del trayecto de ambos nervios vagos hasta la emisión de los nervios laríngeos inferiores o recurrentes y el trayecto de éstos desde su origen en el vago hasta el interior de la laringe, en particular el del nervio recurrente izquierdo, los hacen extremadamente proclives a ser lesionados por múltiples causas. La causa más común en el pasado fue la cirugía del cuello, en particular la destinada a extirpar la glándula tiroides y paratiroides. En el momento actual gracias a la mayor precisión quirúrgica y al conocimiento de las variaciones de la distribución de los nervios recurrentes en su último tramo ha dejado su lugar a los procesos neoplásicos.

PARALISIS ASOCIADAS

La íntima relación existente entre el nervio vago y los nervios glossofaríngeo, hipogloso, espinal, frénico y simpático cervical hace que se combinen con cierta frecuencia la parálisis de aquél con la de alguno o algunos de éstos, lo que da lugar a distintos

síndromes que de forma genérica se denominan parálisis laríngeas asociadas. Desde el punto de vista diagnóstico, la definición de estos síndromes es muy útil dado que topográficamente demarca la situación de la lesión en una zona concreta. A nivel de la médula oblongata la proximidad existente entre el núcleo ambiguo con la del glosofaríngeo, hipogloso y espinal entrañan la posibilidad de una lesión común a estos cuatro pares craneales. Ante estas posibles asociaciones se debe pensar en lesiones a nivel bulbar: parálisis bulbar progresiva, esclerosis lateral amiotrófica, esclerosis múltiple, parálisis pseudobulbar, siringomielia y accidentes cerebro-vasculares. A su salida de la base del cráneo, la relación entre los pares craneales IX, X, XI y XII es igualmente íntima. Lesiones que se produzcan o desarrollen a este nivel pueden afectar a los cuatro pares craneales, dando lugar a la parálisis del nervio laríngeo superior y recurrente y cursar con hemianestesia del vestíbulo laríngeo combinada con la ausencia de percepción del gusto en el lado afecto, hemiparálisis lingual, del velo del paladar y del músculo trapecio. En la región alta y media del cuello la distancia entre los pares craneales bajos aumenta y las combinaciones se hacen aún más

precisas (fig. 6). La lesión del vago puede ocurrir por encima o por debajo de la salida del nervio laríngeo superior dando lugar a una parálisis doble o a una parálisis recurrencial simple. En la parte baja del cuello la asociación posible es entre el frénico, ramas cervicales para el trapecio y el nervio laríngeo inferior. En el mediastino la asociación del frénico y nervio recurrente izquierdo es frecuente por procesos expansivos o infiltrantes.

Parálisis recurrencial unilateral

Ateniéndonos a la descripción clásica la parálisis unilateral, en la que todos los músculos intrínsecos de un lado salvo el cricotiroides dejan de actuar, se caracteriza por la situación en posición paramediana de la cuerda vocal que se acompaña de un acortamiento de su longitud, cierto grado de incurvación y una posición del aritenoides adelantada con respecto a la del opuesto y volcado hacia adelante y hacia abajo y una asimetría en altura. La respiración no se ve alterada, pues la cuerda sana conserva su movilidad normal y amplía el área glótica en grado suficiente. La voz aparece alterada en el sentido de poca intensidad, tiempo de fonación muy acortado, componente aéreo muy marcado y frecuencia fundamental baja, apreciándose además la existencia de diplofonía. La laxitud del plano profundo genera una onda mucosa errática, asimétrica y un retraso del tiempo del inicio de la ondulación en el lado afectado (fig. 7).

Esta descripción es apropiada para una parálisis establecida, sin compensación. En otros casos, tanto en su inicio como en situación de parálisis bien compensada, las características físicas pueden ser diferentes. En la parálisis bien compensada, que cursa sin atrofia muscular, podemos encontrar una cuerda vocal en línea paramediana o mediana sobre la que se realiza una oclusión completa, situación que hace que la disfonía sea mínima, manteniéndose una extensión vocal próxima a la normalidad, una intensidad suficiente y un tiempo de fonación prolongado sin componente aéreo apreciable (fig. 8). Si en el inicio de la parálisis recurrencial unilateral la cuerda vocal se sitúa en posición intermedia, lo cual no es infrecuente en el momento inicial, hasta en casos de lesión recurrencial bilateral, la incompetencia glótica puede acompañarse no sólo de una alteración severa de la voz, sino además de aspiración más o menos acusada (fig. 9).

Parálisis recurrencial bilateral

En la mayoría de los casos se produce por la sección de ambos nervios recurrentes durante la cirugía de la glándula tiroides o por traumatismo externo. Se caracteriza una vez establecida, por la po-

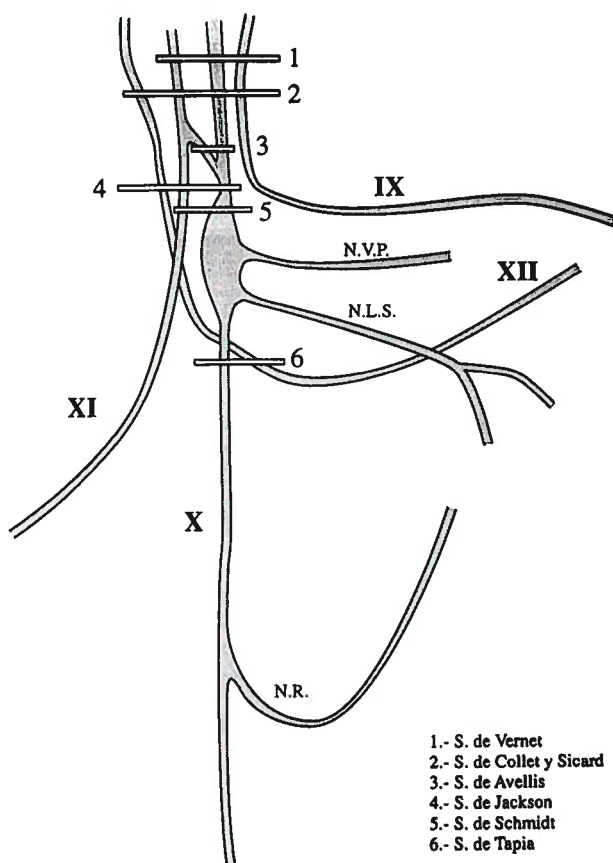


FIG. 6.—Esquema modificado de A. G. TAPIA donde se muestran los lugares de lesión y los síndromes por parálisis combinada de los nervios IX, X, XI y XII.

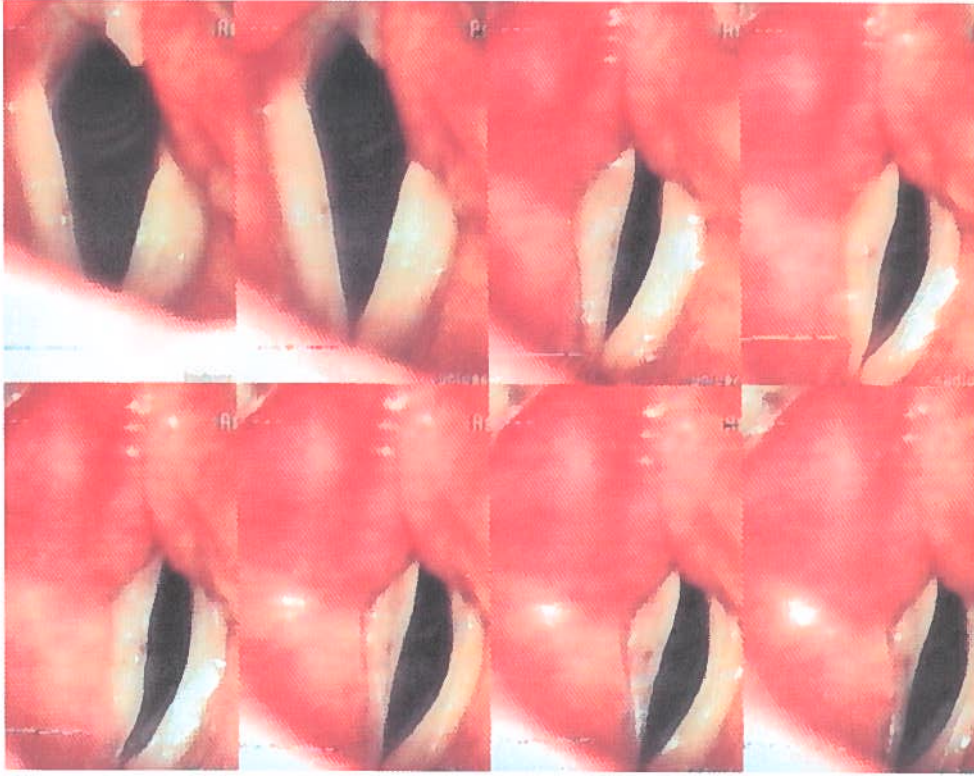


FIG. 7.—Parálisis recurrente izquierda con ausencia del tono no compensada.

sición de ambas cuerdas en posición paramediana, y aún en algunos casos en situación mediana. El síntoma característico es la disnea intensa. Las

cuerdas vocales conservan tono muscular, por lo que la ondulación de la mucosa es simétrica, lo que lleva consigo la producción de voz normal en la ma-

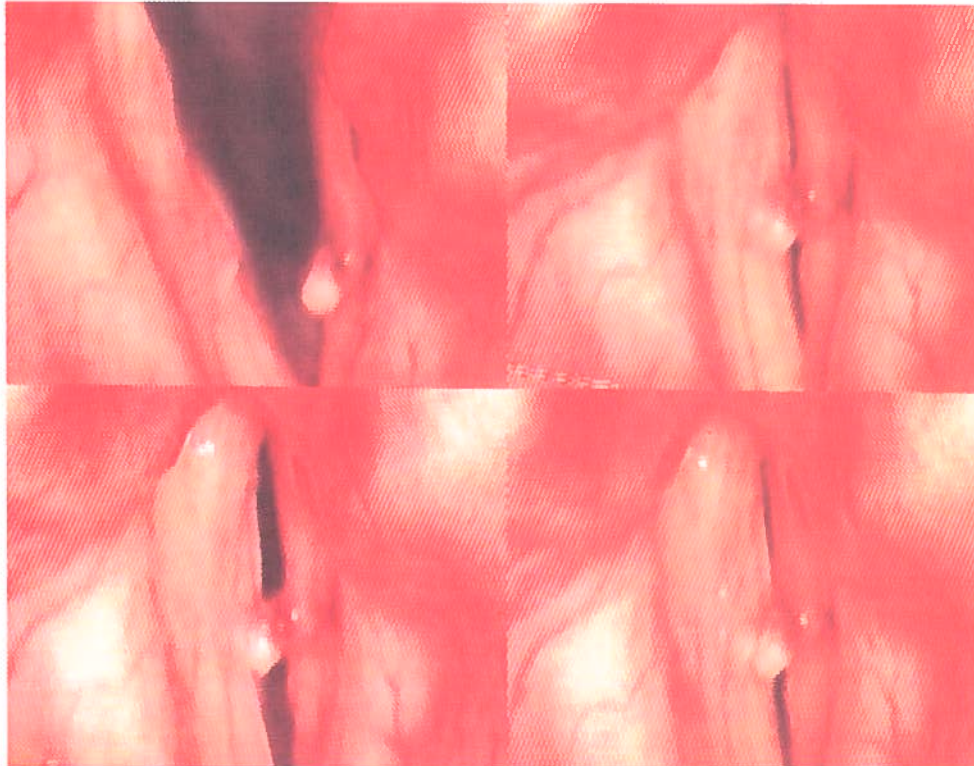


FIG. 8.—Parálisis recurrente izquierda compensada con pólipo.

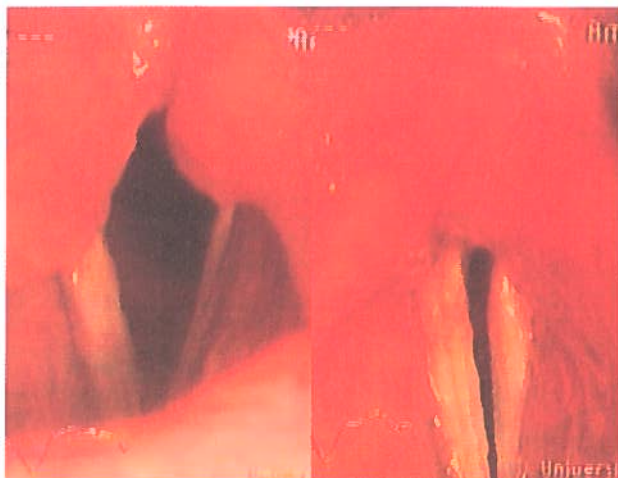


FIG. 9.—Parálisis de cuerda vocal derecha a los ocho días de su instauración. Cuerda en posición intermedia. Ligera aspiración de líquidos.

yoría de los casos; en otros puede apreciarse una frecuencia fundamental elevada que se normaliza con la corrección quirúrgica. Cuando la situación es paramediana se observa un movimiento de aducción de excursión mínima dado que parte de una situación previa de casi total aducción, el cual no puede ser atribuido a factores aerodinámicos, pues se produce antes de la salida del flujo aéreo. Clásicamente este movimiento se interpreta como producido por la acción aductora del músculo cricotiroides; sin embargo, deben valorarse otras posibilidades como puede ser la acción de la musculatura extrínseca y la constrictora del vestíbulo laríngeo. Durante la inspiración se aprecia la disminución del área glótica, lo cual es debido tanto a la presión negativa inspiratoria como a la configuración de la vertiente superior de la cuerda vocal, que facilita la aproximación. Durante la espiración se observa el aumento del área glótica, pues el flujo aéreo separa las cuerdas vocales.

Parálisis combinada unilateral

En la parálisis combinada los nervios afectados son el nervio recurrente y el nervio laríngeo superior o simplemente su rama externa. La primera posibilidad suele ser debida a lesiones altas del vago, por encima del ganglio nodoso o a nivel más alto. La segunda posibilidad en la que la lesión afecta simultáneamente al nervio recurrente y a la rama externa del laríngeo superior es característica de la cirugía tiroidea durante la cual se seccionan ambos nervios.

En este segundo tipo de parálisis, la cuerda vocal paralizada se sitúa en posición intermedia o lateral. En el momento inicial de la parálisis la aspiración de los líquidos es la regla, que disminuye de forma significativa a medida que se va compensando.

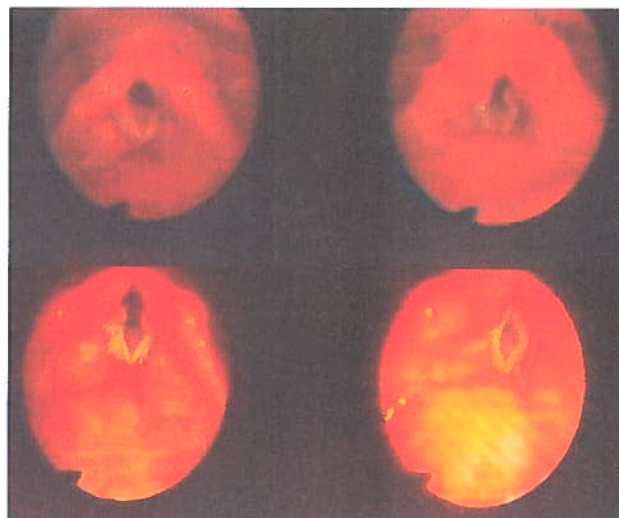


FIG. 10.—Parálisis combinada bilateral por cirugía tiroidea a los siete meses de la operación. La situación inicial de ambas cuerdas era de posición intermedia sin aproximación en ningún momento. La evolución natural ha llevado a las cuerdas a la posición que se observa y a poder aproximar ambos aritenoides con oclusión la glotis posterior.

La tos es ineficaz, la voz es muy débil y con marcado componente aéreo.

Cuando la lesión afecta al vago antes de la salida del nervio laríngeo superior se produce una alteración importante de la deglución por afectación de la rama interna sensitiva, la aspiración es muy acentuada cursando con crisis de tos y procesos infecciosos traqueobronquiales.

Cuando la parálisis combinada es de origen nuclear se suma a ella la disfunción del hemivelo correspondiente que aparece descendido con respecto al opuesto, no elevándose con la fonación, haciéndose evidente el signo de la cortina y la ausencia de reflejo faríngeo ipsilateral.

Parálisis combinada bilateral

La parálisis bilateral combinada, poco frecuente, en la que es la rama externa la que está afectada junto al recurrente, lleva consigo una alteración funcional grave, dado que la posición en situación intermedia de ambas cuerdas vocales genera una glotis muy amplia. La respiración en sí no se ve afectada, en cambio la voz lo es en medida extrema y la aspiración y la ineficacia de la tos son de tal grado que en muchos casos obligan a una traqueotomía preventiva, por lo menos hasta su compensación parcial (fig. 10).

En el caso de la parálisis combinada doble alta, con afectación del nervio laríngeo superior completo, la situación suele requerir de medidas terapéuticas extremas dada la severa disfuncionalidad deglutoria que genera.

Parálisis unilateral del nervio laríngeo superior

En líneas generales se considera que la parálisis unilateral del nervio laríngeo superior es un cuadro clínico muy infrecuente. La descripción clásica que precisa que la parálisis del músculo cricotiroides se caracteriza por una cuerda laxa de borde libre ondulado, lo cual no se observa en la clínica humana porque, como señala ARNOLD, no existe, es quizá la causa de su infrecuente reconocimiento. En realidad es más frecuente de lo que se menciona en la literatura. Muchos casos, dada la escasa sintomatología que genera esta parálisis, pasan ignorados, en particular la sección de la rama externa del laríngeo superior en el transcurso de la disección del pedículo superior de la glándula tiroidea durante la tiroidectomía, que es la causa más frecuente de esta parálisis.

La descripción inicialmente realizada por MYGIND (1906) respecto a la situación de la glotis en los casos de parálisis unilateral del nervio laríngeo superior, confirmada posteriormente por ARNOLD (1961) y FAABORG-ANDERSON y MUSK (1964), y definida como glotis oblicua es la actualmente aceptada. En esta parálisis la contracción del haz oblicuo del músculo cricotiroides indemne desplaza la región anterior del cartílago cricoides hacia el lado sano, lo que produce la desviación de la comisura posterior hacia el lado paralizado. A este signo se le añade una asimetría en la ondulación entre ambas cuerdas vocales debido a la menor elongación pasiva de la mucosa de la cuerda afecta por la ausencia de tensión y la menor elongación activa debida a la parálisis del cricotiroides. La voz se altera en el sentido de un acortamiento de la extensión vocal por pérdida de frecuencias agudas, pudiendo acompañarse de bitonalidad, monotonía y fatiga vocal.

La parálisis bilateral del nervio laríngeo superior al ser la disfunción simétrica no lleva consigo la oblicuidad de la glotis. Si la lesión afecta sólo a las ramas externas del laríngeo superior el síntoma único es la pérdida de las frecuencias agudas. Si afecta al laríngeo superior por encima del origen de sus ramas, la anestesia del vestíbulo puede condicionar inicialmente aspiración que con el tiempo se compensa.

DIAGNOSTICO

En líneas generales al especialista avezado le basta oír la voz del paciente y percibir la cortedad de la duración de la misma, el componente aéreo y la bitonalidad para establecer que se encuentra ante una parálisis de cuerda vocal en la mayoría de los casos. Sin embargo, la valoración correcta para determinar la causa, la ubicación de ésta, emitir

un pronóstico y realizar un planteamiento terapéutico obliga a un estudio clínico muy detenido.

El interrogatorio debe ser cuidadoso, profundizando en las sensaciones que percibe el paciente y en cómo define los síntomas que le llevan a consultar. La información sobre la forma de comienzo, brusco o progresivo, los hechos o circunstancias con los que lo relaciona, la concomitancia inicial o no con una enfermedad intercurrente o con una operación y la posible presencia de otros síntomas no directamente relacionados con la función laríngea son datos que bien ponderados pueden confirmarnos en el diagnóstico u orientarnos en una línea determinada, lo que puede reducir en gran medida el coste de la investigación. Es importante valorar en los casos de parálisis crónica la fluctuación o no de los síntomas y los posibles cambios en la sintomatología, así como las variaciones en el grado de repercusión funcional a lo largo del tiempo.

La exploración física inicial debe realizar una valoración general de los movimientos laríngeos, ascenso y avance con la deglución, palpación del espacio intercricotiroides durante la producción de frecuencias agudas, así como el efecto sobre las cualidades de la voz con el giro del cuello o la compresión de las alas tiroideas. La palpación del cuello en busca de masas patológicas, así como la valoración funcional de los pares craneales bajos es obligada por la posible asociación de la parálisis laríngea con la de alguno de aquéllos.

El examen endoscópico debe ser sistematizado de forma que obtengamos el máximo de información, tanto respecto a la función laríngea como al estado funcional de velo, orofaringe e hipofaringe. De los métodos de exploración de que disponemos la fibroscopia por vía transnasal, dado que se realiza bajo circunstancias fisiológicas normales, es el procedimiento que más datos nos aporta. En su discurrir hacia el interior nos informa sobre la función velar y sus posibles desviaciones de la normalidad, sobre la sensibilidad al tacto de orofaringe, hipofaringe y vestíbulo laríngeo y sobre la retención o no de saliva en el seno piriforme y la posible aspiración. El examen así realizado permite valorar la configuración general de la laringe, la configuración glótica y el comportamiento mecánico durante la producción de diversas maniobras. El pedir al paciente que realice una inspiración profunda, la fonación sostenida de las vocales, el silbido, la fonación repetida de ji-ji, la locución de palabras de varias sílabas y la locución mantenida son maniobras recomendables mediante las cuales podemos valorar el grado de abducción y aducción; la posibilidad o no de sostener el tono, la capacidad articulatoria de la laringe y las variaciones sobre la locución normal, los mecanismos compensatorios por parte de la cuerda vocal, la banda ventricular y la faringe, así como identificar la existencia de movimientos anormales o sincinesias.

La valoración estroboscópica, preferentemente realizada con laringoscopia rígida, puede aportar datos sugerentes de reinervación y denervación en el seguimiento de los pacientes; su empleo completa la valoración visual. En los casos de denervación se observa un cierre incompleto, predomina la fase abierta del ciclo y es manifiesta una asimetría de la ondulación de la mucosa y de la amplitud del desplazamiento hacia afuera de la cuerda paralizada. Con la reinervación se aprecia un aumento del grado de oclusión, una fase abierta, comparativamente más corta, reduciéndose el grado de asimetría en la ondulación de la mucosa y en la amplitud.

El estudio instrumental debe recoger los siguientes datos: tiempo de fonación, intensidad máxima, frecuencia fundamental, rango frecuencial, componente aéreo y flujo aéreo.

DIAGNOSTICO DIFERENCIAL

Respecto al diagnóstico diferencial deben considerarse las siguientes posibilidades: fijación aritenoidea, luxación aritenoidea, parálisis central o parálisis periférica, parálisis recurrencial, parálisis combinada, trastornos musculares, sincinesias y paresias.

En el diagnóstico diferencial entre parálisis periférica y parálisis central y trastorno neuromuscular, la historia clínica y el examen físico general permiten habitualmente llegar a establecer de qué tipo se trata. La profundización en el estudio neurológico llevará a la confirmación y a la identificación de la causa. En los casos de parálisis periféricas la asociación de síntomas o disfunciones obvias facilitan la identificación topográfica de la lesión.

La dificultad mayor en lo que al diagnóstico se refiere la constituyen las parálisis incompletas o paresias, así como la valoración de la reinervación aberrante. También es complicado el establecer un pronóstico sobre su posible compensación o irreversibilidad. Este último aspecto es importante en relación al posible tratamiento y a su adecuación en el tiempo. En este sentido la aplicación de la electromiografía a pesar de las limitaciones y dificultades de realización juega un papel decisivo en muchos casos. Cuando se dan circunstancias posiblemente traumáticas y existe inmovilidad de una o de las dos cuerdas, el diagnóstico diferencial entre fijación y parálisis no es fácil; en particular en los casos de inmovilidad bilateral en los que pueden concurrir fijación y parálisis. En estos casos tanto la electromiografía como la laringoscopia directa exploratoria, bajo anestesia general, combinada o no con electromiografía pueden ser necesarios para aclarar el diagnóstico. Un caso de fusión intercor-

dal evidente sin fijación de los aritenoides sobre su articulación, determinada por palpación y movilidad de los mismos, puede no resolverse si nos limitamos a la corrección quirúrgica de la fusión y existe una parálisis sobreañadida. La situación contraria, la fusión sin parálisis puede ser tratada por aritenoidectomía y pexia con reducción de masa o cordectomía posterior y encontrarnos después con una buena movilidad de una cuerda, la no operada, y el defecto innecesario que creamos con dicha operación sobre la otra cuerda.

TRATAMIENTO

El tratamiento de las parálisis laríngeas va dirigido a corregir tanto la disfunción vocal como la aspiración, la disnea y la ineficacia tusígena, por lo que tanto la indicación como el tipo de tratamiento a emplear y el momento en el que es aconsejable realizarlo varía mucho de unas circunstancias a otras y de un tipo de parálisis a otras. La indicación depende en gran medida tanto del grado de disfunción como de la demanda por parte del paciente, la cual está condicionada en muchos casos por el tipo de vida que hace y por la necesidad o no, inmediata o diferida, de una función lo más próxima posible a la normalidad. Existen circunstancias como pueden ser la aspiración o la disnea que no permiten opción alguna, mientras que la disfonía como único síntoma puede no requerir de tratamiento si el individuo acepta la calidad vocal que ostenta.

Ante una parálisis recurrencial unilateral cuyo único síntoma importante es la disfunción vocal lo establecido es esperar durante un período no inferior a seis meses antes de realizar tratamiento quirúrgico, pues la gran mayoría de este tipo de parálisis llega a compensarse satisfactoriamente. Durante el período de espera es aconsejable seguir tratamiento logopédico con la idea de optimizar la dinámica respiratoria y evitar la generación de mecanismos de compensación hiperfuncionantes, tendentes a sustituir los propios de la fonación normal. El salirse de esta regla está justificado bien por la gravedad de los síntomas que concurren, por exigencias laborales o por circunstancias que no permiten una espera tan larga. En los casos de trastornos neurológicos con pocas esperanzas de compensación en los que la indicación descansa básicamente sobre la aspiración y la ineficacia tusígena la corrección quirúrgica inmediata está totalmente indicada. La misma idea es aplicable a los casos de cáncer de pulmón, de esófago o compresión mediastínica que se acompañan de parálisis de una cuerda vocal. En éstos sólo el hecho de evitar la desmoralización que supone una voz casi inaudible y fatigante y aliviar la situación respiratoria haciendo posible que la tos sea eficaz y la dis-

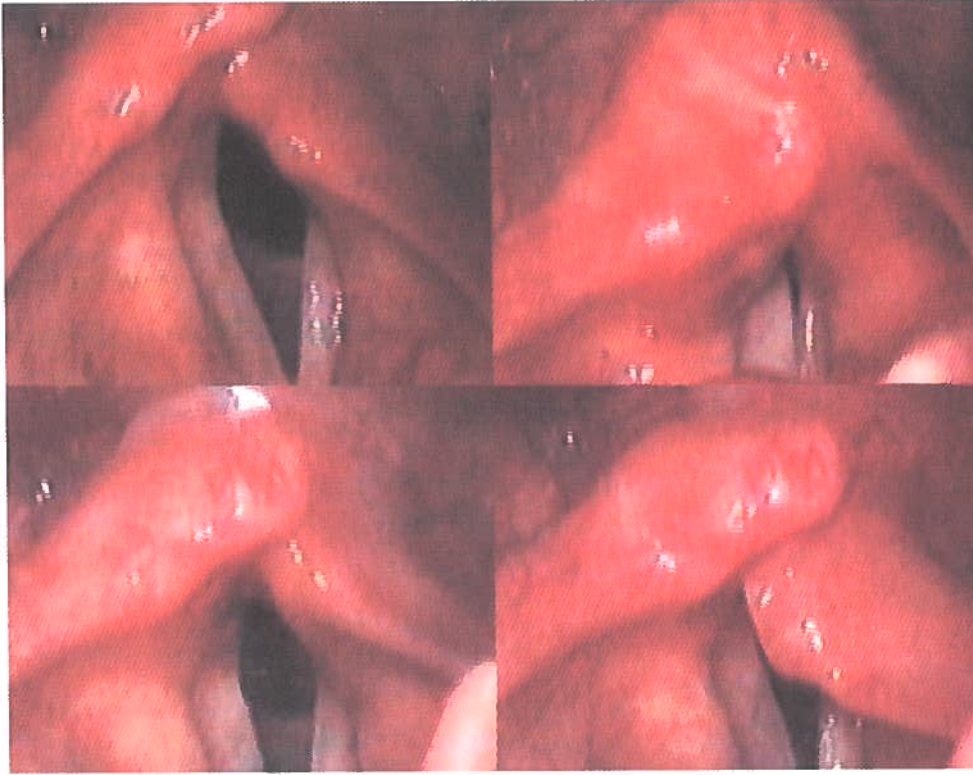


FIG. 11.—Parálisis recurrente izquierda postcirugía torácica. Ausencia de respuesta a tratamiento logoterápico durante dos años. Se observa la oclusión casi completa por hiperfunción que genera cruce de aritenoides, a pesar de lo cual la voz es muy débil y el tiempo de fonación de cinco segundos debido a la laxitud de la cuerda. Durante la inspiración el aritenoides izquierdo es atraído hacia la línea media, desplazándose hacia atrás empujado por el opuesto al inicio de la fonación.

regulación respiratoria mínima justifica plenamente la aplicación de un tratamiento quirúrgico.

Cuando se opta por un tratamiento inmediato de casos con posibilidad de retorno de la movilidad la corrección quirúrgica debe ser siempre reversible.

El tratamiento rehabilitador va dirigido a desarrollar una mejor percepción física de la relación entre el elemento efector y el vibrador, mejorar el control de la respiración y el soporte aéreo, reducir al mínimo posible los mecanismos compensatorios hiperquinéticos y a utilizar el área de frecuencias en las que se puede mantener más fácilmente el tono vocal.

Sus limitaciones vienen dadas por la ineficacia en rehabilitar los casos realmente severos y establecidos en los que prácticamente no se genera voz audible y por la imposibilidad de reducir el componente aéreo en medida significativa. El tratamiento rehabilitador es ineficaz para corregir las diferencias de altura entre ambas cuerdas vocales, la diferencia de longitud y la posición anómala del aritenoides. En líneas generales el incremento de la intensidad por este procedimiento terapéutico no supera los 6 dB (fig. 11).

En este sentido es importante considerar que la evolución de la parálisis recurrente suele ser favorable en muchos casos por una compensación natural, lo cual ocurre en los casos de parálisis de origen vírico y en las llamadas idiopáticas con gran frecuencia.

En relación a los distintos tipos de tratamiento, remitimos al lector a los capítulos que específicamente se refieren a cada uno de ellos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNOLD, G. E.: «Physiology and pathology of the cricothyroid muscle». *Laryngoscope*, 1961; 73: 687-753.
- BREWER, D. W.; WOO, P.; CASPER, J. K., y COLTON, R. H.: «Unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis. A re-examination». *J. Voice*, 1991; 5: 178-185.
- CRUMLEY, R. L.: «Laryngeal synkinesis: Its significance to the laryngologist». *Trans. Am. Laryngol. Assoc.*, 1909: 97-102.
- CRUMLEY, R. L.: «Update: Ansa cervicalis to recurrent laryngeal nerve anastomosis for unilateral laryngeal paralysis». *Laryngoscope*, 1991; 101: 384-388.
- DIAMOND, J.; COOPER, E.; TURNER, C., y cols.: «Trophic regulation of nerve sprouting». *Science*, 1976; 183: 371-377.
- FAABORG-ANDERSON, K., y MUNK JENSEN, A. A.: «Unilateral paralysis of the superior laryngeal relive». *Acta Otolaryngol.*, 1964; 57: 155-159.
- GARCIA-TAPIA, R.: *Transposición muscular como método de rehabilitación de la movilidad de la cuerda vocal paralizada*. Tesis doctoral. Universidad de Navarra, 1988.
- GROSSMANN, M.: «Über den M. cricothyreoideus». *Mschr. Ohren.*
- GUTH, L.: «Tropic influences of nerve and muscle». *Phys. Rev.*, 1968; 48: 645-648.
- KOUFMAN, J. A.; WALKER, F. O., y GHAZI, M. J.: «The cricothyroid muscle does not influence vocal fold position in laryngeal paralysis». *Laryngoscope*, 1995; 105: 368-370.

- LUNDBERG, G., y HAUSSE, H. A.: «Regeneration of peripheral nerve through a performed tissue space». *Brain Res.*, 1979; 178: 573-576.
- MYGIND, H.: «Die paralyse des M. cricothyroidens». *Archiv. Laryngol.*, 1906; 18: 403. Citado por Arnold.
- PRESSMAN, J. J., y KELEMEN, G.: «Physiology of the larynx». *Physiol. Rev.*, 1955; 35:506.
- ROSENBAUM, O.: «Zur Lehre von der doppelseitigen Stimm-band-Lähmung des N. Laryngeus inferior». *Aerzte Z.*, 1880; 2: 27.
- SANDERS, I.; WU, B. L.; MU, L.; LI, Y., y BILLER, H. F.: «The innervation of the human larynx». *Arch. Otolaryngol. Head Neck. Surg.*, 1993; 119: 934-939.
- SEMON, F.: «Clinical remarks: On the proclivity of the abductor fibers of the recurrent laryngeal nerve to become affected sooner than the adductors fibers or even exclusively, in cases of undoubted central or peripheral injury or disease of the roots or trunk of the pneumogastric spinal accessory or recurrent nerves». *Arch. Oto-Lar.*, 1881; 2: 197-222.
- SEMON, F.: «The study of laryngeal paralysis since the introduction of the laryngoscope». *Brain*, 15: 471-521.
- TAPIA, A. G.: «Un nouveau syndrome. Quelques cas d'hémiplégie du larynx et de la langue: Avec ou sans paralysie du sterno-cleido-mastoidien et du trapeze». *Arch. Int. Laryngol.*, 1906; 22: 780-785.
- TSCHIASSNY, K.: «Therapeutically induced paralysis of the cricothyroid muscle or its removal in paralytic laryngeal stenosis». *Arch. Otolar.*, 1957; 65: 133-142.
- WAGNER, R.: «Die Medialisierung der Stimmband bei Rekurrenslähmung». *Arch. Path. Anat.*, 1890; 120 (437): 124-127.
- WOODSON, G. E.: «Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. I: Clinical study». *Laryngoscope*, 1993; 103: 1227-1234.

Disfonía infantil

A. HUARTE IRUJO

EVOLUCION DE LA VOZ

En el proceso de crecimiento se van transformando los órganos respiratorios y fonatorios, modificándose el volumen de las cavidades bucales, nasales y torácicas. Así, en el nacimiento, la laringe ocupa una posición elevada en el cuello, localizándose el borde inferior del cartílago cricoides a nivel de las vértebras cervicales C3-C4, teniendo las porciones membranosas de la cuerda vocal la misma longitud que las porciones cartilaginosas, con una medida que aproximadamente se corresponde con un tercio de la dimensión del adulto.

El recién nacido presenta una hipertonía globalizada con una emisión sonora producida por groseros movimientos verticales de la laringe (LIBBERMAN, 1971), alcanzando un tono de 500 Hz y una intensidad de 82 dB según RINGEL y cols. (1964).

A partir de los tres meses esta hipertonía decrece y el bebé va controlando su actividad: mantiene su cabeza, explora su cuerpo y también juega con su voz; comienza sus lalaciones en las que van adquiriendo importancia los componentes graves, con grandes oscilaciones en la posición de los formantes y con disminución del tono y de la intensidad. La voz se sitúa en esta época en una gama que oscila entre 200 y 500 Hz, siendo la media de 320 (DELUCK 1978; LAUFER y cols., 1977) y 450 Hz (SHEPPARD, 1968).

A los ocho meses hay un empobrecimiento de las emisiones, ya que el niño realiza un reajuste a través de su *feed-back* auditivo. Esto conlleva a una organización de los formantes.

Entre los nueve-doce meses emite las primeras palabras con significado. El niño va imitando la longitud de las sílabas, duración, melodía, de ahí la importancia de la imitación de la voz de la madre, que toma como ejemplo. Se aprecia en esta edad una uniformidad en el timbre, intensidad y tono de voz.

La laringe desciende progresivamente, encontrándose a los dos años a nivel de C5 y a los cinco en C6. Por otra parte, ya desde los dos años, observamos una estabilización de la frecuencia fundamental.

A los ocho años no existen prácticamente diferencias entre el tono de los niños y niñas, situándose la frecuencia en 275 Hz (MCGLONE, 1972). Dado

el poco desarrollo de la musculatura, la voz posee poca amplitud y extensión reducida.

Desde los ocho años a la pubertad se produce la agravación del tono de la voz, que en los varones alcanza 126 Hz (HOLLIEN y cols., 1967) y en las mujeres los 207 Hz (MICHEL y cols., 1966), siendo la caída menos brusca y más precoz en las mujeres que en los varones.

Hasta llegar a la pubertad, la laringe presenta el mismo tamaño en los varones que en las mujeres. Pero al alcanzar este período en los varones hacia los trece años se produce un aumento de la laringe en todas sus dimensiones, con un descenso de la misma y toma su lugar definitivo en C6-C7, a la vez que el ángulo formado por las alas del cartílago tiroideos se estrecha, alcanzando los 90° (ARONSON, 1985; KAHANE, 1987). La epiglotis se aplanan y las cuerdas vocales llegan a su longitud definitiva de 11-16 mm. (BALLENGER, 1969), apreciándose además una hipervascularización laríngea generalizada. A nivel cervical se desarrolla la musculatura.

A consecuencia de todas estas alteraciones morfológicas y endocrinas las cualidades de la voz, tales como el tono, timbre, intensidad, extensión y amplitud, se modifican. Así, el tono disminuye en una octava aproximadamente según ARONSON (1985) y la amplitud se reduce en dos-tres tonos agudos.

En las niñas observamos cambios menos sensibles, incluso pueden pasar desapercibidos. Tienen lugar aproximadamente entre los doce-catorce años y la voz sólo baja un tercio (tres-cuatro semitonos), alargándose la laringe en 3 cm. y alcanzando entonces las cuerdas vocales su longitud definitiva, que oscila entre 8-11,5 mm. (ARONSON, 1985; KAHANE, 1987). En las niñas las alas tiroideas formarán un ángulo más abierto de unos 120° (ARONSON, 1985). El timbre se modifica poco, pero el sonido se redondea y tiene más amplitud.

Entre los catorce-diecisiete años la voz se consolida y se hace más intensa.

DISFONIA INFANTIL

Según los diferentes autores la proporción de disfonía en la edad escolar varía, así DUTOIT-MARCO

(1985) la observa entre el 8-12% de dicha población, mientras que SENTURIA (1968), SILVERMAN (1975) y YAIRI (1974) la cuantifican entre el 6-23%.

Los niños con trastorno de la función vocal requieren una valoración cuidadosa, un diagnóstico y un plan de tratamiento adecuado. Esta valoración precisa el trabajo conjunto de diferentes especialistas, tales como otorrinolaringólogos, logopedas, psicólogos, psiquiatras, neurólogos..., ya que la función vocal es multidimensional.

Los niños con un problema de voz presenta alguna de las siguientes características:

- La calidad de la voz está alterada por la disfunción laríngea, produciendo como síntoma más común la ronquera, que traduce la afectación laríngea; otro síntoma que también se presenta es la dureza determinada por la tensión laríngea y el ataque glótico duro frecuente, y por último también puede aparecer un componente aéreo que viene dado por la falta de aproximación de la porción posterior de las cuerdas vocales, incluso los cartílagos aritenoides permanecen separados, dando así lugar a un tono aéreo, no nítido.
- Hipo/hipernasalidad causadas por la afectación de las cavidades de resonancia.
- Intensidad variable, bien sea aumentada o disminuida.
- Frecuencia fundamental alterada en niños y niñas, según edad, tamaño, sexo, aunque principalmente se caracteriza por ser de tono grave.
- Inflexiones melódicas inapropiadas.

Para evaluar acústicamente una voz determinada es preciso analizar su calidad, intensidad, tono y resonancia y compararla con los parámetros normales, es decir, analizar los parámetros acústicos de la misma.

¿Cómo podríamos definir una voz normal? Es aquella que posee una calidad agradable, una correcta proporción entre la resonancia oral y nasal, una apropiada intensidad, tono acorde a su edad, sexo, tamaño y adecuada melodía proporcionando una comunicación eficaz con su entorno.

Clasificación

La causa de las disfonías pediátricas se debe a problemas anatómicos, funcionales o mixtos, siendo el origen funcional más frecuente que el orgánico (DUTOIT-MARCO, 1985). Además hay que tener en cuenta la influencia del crecimiento y desarrollo en dichas alteraciones vocales (tabla I).

Así se puede clasificar en :

TABLA I: CLASIFICACION DISFONIAS INFANTILES

Disfonías funcionales

1. Hiper/hipofuncionante.
2. Disfonía de conversión.
3. Puberfonía.

Disfonías orgánicas

Localización audiofonatoria

Laringe

1. Anomalías estructurales:
 - Maullido gato.
 - Laringomalacia.
 - Palmípedo I. congénito.
 - Estenosis subglótica.
 - Laringoceles congénitos.
 - Fisura laríngea.
2. Parálisis.
3. Tumores:
 - Papilomas.
 - Quiste laríngeo.
 - Hemangioma subglótico laríngeo.
4. Traumatismos:
 - Mecánicos.
 - Químicos.

Cavidades de resonancia

1. Área velofaríngea.
2. Lengua.
3. Faringe.

Oído

1. Hipoacusia.

Localización multisistémica

1. Enfermedades neurológicas.
2. Enfermedades metabólicas.
3. Enfermedades inflamatorias/infecciosas.

Disfonías funcionales

Disfonía hiper/hipofuncionante

La disfonía funcional se define como una alteración de la función vocal mantenida fundamentalmente por una descoordinación entre la respiración, laringe y/o resonadores. También puede desencadenarse por una alteración orgánica transitoria (laringitis aguda...) o puede complicarse con lesiones orgánicas laríngeas producidas por un sobreesfuerzo vocal.

Factores desencadenantes y favorecedores. Múltiples factores están involucrados en la aparición de

la disfonía funcional con diferentes grados de influencia.

Así hay que considerar que la infancia es la época de las afecciones de vías respiratorias altas, como otitis, adenoiditis, laringitis..., que hacen que se altere el comportamiento vocal.

Además es un período de aprendizaje en el que el niño imita a sus profesores y padres, teniendo el 26% de los niños disfónicos la madre disfónica (CORNUT, 1988). El niño intenta imponerse al entorno sonoro, aumentando la intensidad de la voz. Asimismo, la presencia de factores irritantes como polvo de tiza, humo de tabaco, aire acondicionado... favorecen el sobreesfuerzo vocal.

La frecuencia de aparición es mayor en varones entre los seis-siete años principalmente, según LE HUCHE (1994) y es la disfonía más frecuente en los niños (DUTOIT-MARCO, 1985).

Clinica. En el comportamiento vocal del niño disfónico se observa que habla rápido, con los dientes apretados y en ocasiones se queja de que no le sale la voz. Su ritmo fonatorio es explosivo, entrecortado por bloqueos respiratorios, incluso fonan en inspiración. Utiliza una respiración torácica superior y la musculatura abdominal es hipertónica con repercusiones a nivel de la musculatura laríngea y perilaríngea. Tienen tendencia a encorvar la espalda y dirigir la cabeza hacia adelante avanzando el mentón y el comportamiento de sobreesfuerzo conlleva a una tensión excesiva de la musculatura de dicha zona. Se acompaña de tos irritativa y sequedad de garganta.

Estos niños con frecuencia son autoritarios, con una energía difícil de canalizar, y usan su voz para imponerse.

Acústicamente se aprecia: Tono agravado, forzado, con reducida modulación, timbre grave y ronco, con finales sofocados e intensidad excesiva. Incluso alteración de la articulación de la palabra por el esfuerzo vocal. Aunque en niños introvertidos el tono se eleva y el timbre es velado. En la lectura la voz está más alterada que en la conversación. En la voz cantada la amplitud está limitada en las notas graves o agudas.

Signos laringoscópicos: La mucosa de las cuerdas vocales puede estar normal en un 63% según CORNUT y 40% según LE HUCHE.

Las alteraciones más frecuentes son el enrojecimiento, el mínimo edema fusiforme y los nódulos vocales. Desde el punto de vista del comportamiento foniatrico lo más frecuente es el ataque glótico duro.

En la laringoestroboscopia se aprecia una reducción de la amplitud vibratoria (HIRSCHBERG y cols., 1995).

La aparición de la disfonía es progresiva; poco a poco dicha disfonía va prolongándose en el tiempo,

y si el comportamiento de sobreesfuerzo se mantiene puede causar diferentes alteraciones laríngeas, de las cuales la más característica es el nódulo vocal. En relación a los nódulos vocales su localización aparentemente difiere de la de los adultos porque se aprecian más anteriores dada la diferente proporción entre la cuerda cartilaginosa y la cuerda membranosa, pero su situación, como en el adulto, es el centro de la porción vibrátil de la cuerda vocal.

En el niño predominan las formas hiperfuncionales, siendo generalmente las formas hipofuncionales secundarias a éstas. Aparecerá un defecto de oclusión que obligará al niño a utilizar la hipercontracción de la musculatura laríngea, produciendo una tensión excesiva de cuerdas vocales y/o bandas. La hiperfunción puede llegar a hacer que la supraglotis llegue a usurpar la función de las cuerdas vocales. La glotis cada vez es menos competente en relación a la supraglotis, que está excesivamente contraída. Durante la fonación la musculatura del cuello aparece tensa y bien definida, las venas de la parte anterior del cuello se hinchan. Utiliza la respiración torácica alta y flexiona el tronco, desembocando a veces en formas hipofuncionales, en las que se aprecia una voz velada, y aspirante, con falta de tonicidad indicando la debilidad de los músculos tiroaritenoides.

Tratamiento. Información al niño y los padres. Reeducación logopedia y cirugía si precisa, pero siempre acompañada de ortofonía pre y postcirugía.

Disfonía psicógena

Aparición brusca del trastorno originado habitualmente por un proceso de inhibición psicológica. Afecta en mayor proporción al sexo femenino.

Etiología. No existe una patología orgánica capaz de explicar los síntomas. Los pacientes describen a menudo una crisis emocional o conflicto mental.

Sintomatología. El paciente conserva fonaciones no verbales, como el toser, reír, llorar, pero su comunicación verbal se realiza por medio del susurro. Llama la atención su buena comunicación con el entorno a pesar de su ausencia de voz. Se acompaña esta afonía de sensación de picor, quemadura, dolor.

Exploración laríngea. Cuerdas vocales normales. Si se le pide fonar una /e/ durante la exploración se observa que los repliegues vocales se aproximan sin unirse, provocando una emisión poco audible.

Tratamiento. Terapia vocal. ARONSON (1973) describe que la mayoría de los pacientes experimentan una recuperación funcional de su voz.

Puberfonía

Habitualmente la disminución del tono de voz que se lleva a cabo en la pubertad debido a los cambios de tamaño de la larige y transformaciones endocrinas se denomina mutación y dura aproximadamente entre tres-seis meses. En la mayoría de los jóvenes no da problemas, excepto en aquellos casos en los que se produce un trastorno de dicha mutación. Dicha alteración viene definida por la conservación de una voz infantil con estructuras anatómicas y fisiológicas normales.

El joven continúa utilizando el tono elevado de la infancia, denominado falseto mutacional o voz de falsete. Fue ARONSON (1973) quien estudió el mecanismo fisiológico de dicha voz, observando la elevación de la laringe por la acción de la musculatura tirohioidea y suprahioidea. Por otra parte, la contracción del músculo cricotiroides lleva a un estiramiento y adelgazamiento de las cuerdas vocales; éstas tienen una masa reducida y su resistencia a la presión infraglótica es baja, vibrando sólo la porción medial de las cuerdas en la fonación debido a la baja presión infraglótica.

LUCHSINGER (1965) clasifica estos trastornos de la muda en tres formas clínicas: 1) mutación retardada, donde los cambios vocales se producen con un desfase de años; 2) mutación prolongada en la que persisten los signos clínicos de cambios de voz durante años, y 3) mutación incompleta con una voz que no se desarrolla como una voz normal de adulto. En las tres variantes se observa tono elevado, ronquera crónica y roturas de voz.

Etiología. Debe buscarse en: 1) causas funcionales, que son las más frecuentes y son debidas a factores psicológicos (ARNOLD, 1966), personalidades infantiles (ARNOLD, 1966; LUCHSINGER, 1965), alteraciones de la sexualidad (VAN RIPER, 1972), y 2) causas orgánicas: asimetrías laríngicas (WEISS, 1950), cuerdas vocales pequeñas (FOMON y cols., 1966), palmípedo laríngeo anterior congénito o adquirido con cuerdas vocales cortas (ARNOLD, 1966) o disturbios endocrinos (FOMON y cols., 1966).

Sintomatología. Es un paciente introvertido en la mayoría de las ocasiones que habitualmente lleva uno-dos años con dificultades vocales, fatiga vocal e irritación de garganta.

Exploración y signos fónicos. Aunque se observa un tamaño y estructura de la laringe dentro de los límites normales, la voz es débil y de tono agudo, pudiendo alternarse con ronquera y silencios fonatorios.

En la exploración no se advierten alteraciones significativas en lo que se refiere a las cuerdas vocales, pudiendo observarse en ocasiones un ligero enrojecimiento debido al sobreesfuerzo que supone la agudización de la voz.

Tratamiento. Información, reeducación vocal y tratamiento endocrinológico si precisa.

Disfonías orgánicas

Las causas orgánicas que dan lugar a disfonías se localizan en el sistema audiofonatorio, incluyendo la laringe, el área oronasofaríngea y el oído. La ubicación laríngea origina una voz ronca, dura, con componente aéreo y tono inapropiado. La localización oronasofaríngea proporciona una alteración de la nasalidad, dando lugar a una voz hiper o hiponasal. La afectación del oído conlleva modificaciones de la intensidad, tono, timbre y/o ritmo fonatorio.

Además hay que añadir una localización sistémica, incluyendo enfermedades neurológicas, metabólicas e infecciosas que cursan con disfonía.

Localización audiofonatoria

Laringe

La morfogénesis de la laringe viene determinada por el desarrollo de los arcos branquiales y del sistema respiratorio. La interrupción del desarrollo de los arcos branquiales afecta a la estructura de la laringe. Muchos síndromes y malformaciones involucran al sistema nervioso central y periférico pudiendo afectar a la integridad laríngea.

Anomalías estructurales laríngicas

Síndrome del maullido del gato

Fue descrita por LEJEUNE en 1963, y debe su denominación a la peculiaridad de su voz, que se asemeja al maullido de un gato, con tono elevado y aperiodicidad de las cuerdas vocales. Además del desarrollo anormal laríngeo, el síndrome presenta micrognatia, microcefalia, hipotonía, hipertelorismo, epicanthus, oblicuidad palpebral antimongoloide, retraso mental, baja implantación de los pabellones auditivos y estrabismo. Todas estas alteraciones se deben a la ausencia parcial del brazo corto del cromosoma 5 (WARD, 1968).

En la laringoscopia se aprecia una laringe semejante a la de la laringomalacia. La epiglotis tiene forma de omega y se colapsa sobre la glotis. Los repliegues ariepiglóticos se introducen durante la inspiración en la glotis y salen en la espiración (PRATTER, 1986).

Laringomalacia

Denominada también estridor congénito laríngeo. Está causado por el fallo de los cartílagos laríngicos que no se desarrollan normalmente. Así, la

epiglotis y los repliegues ariepiglóticos colapsan el trayecto aéreo en la inspiración (SAUNDERS, 1964; BENJAMIN, 1993). Es la más frecuente de las anomalías congénitas laríngeas en niños (HOLINGER, 1976).

La etiología es debida al depósito insuficiente o retrasado de calcio que impide el mantenimiento de la epiglotis, dando lugar a una flaccidez excesiva de las estructuras cartilaginosas de la laringe (WARD, 1973).

Sintomatología. Estridor inspiratorio que se define como un temblor vibratorio, generalmente intermitente, que se produce en la inspiración debido a la incoordinación de los cartílagos supralaríngeos. Se acompaña en ocasiones de retracción supraesternal e intercostal durante la inspiración. En el 60 por 100 de los pacientes aparecen los síntomas en la primera semana de nacimiento, en el resto dentro de las ocho semanas de vida (FREIDMAN, 1990), siendo más común en decúbito supino que en prono (BENJAMIN, 1993).

Se llega al diagnóstico por la observación de la introducción de estructuras supraglóticas en la luz glótica durante la respiración, apreciándose la epiglotis estrecha, baja y abarquillada. Esta anomalía se localiza fundamentalmente en los pliegues ariepiglóticos que se observan aproximados y en la mucosa de los aritenoides que se aprecia redundante.

Pronóstico. En la mayoría de los casos suele desaparecer entre los doce y dieciocho meses (BENJAMIN, 1993; WOOD, 1979), persistiendo más allá de los dieciocho meses sólo en el 17 por 100 de los pacientes según COTTON (1981) y FREIDMAN (1990). Durante este período de tiempo puede observarse, no obstante, una voz normal al hablar o gritar. Aquellos casos más severos requieren tratamiento quirúrgico mediante resección de la mucosa redundante con láser o bien una epiglotoplastia o una traqueotomía (ZALZAL, 1987).

La traqueomalacia puede asociarse también hasta en un 80 por 100 de los casos a reflujo gastroesofágico (BELMONT, 1984) o a problemas subglóticos o laringotraqueales en un porcentaje próximo al 20 por 100 (TUCKER, 1980).

Membrana laríngea congénita

Es una membrana de tejido conectivo que generalmente incluye la porción anterior de la glotis (LAUPUS y cols., 1967), aunque puede presentarse también en supraglotis, glotis posterior o subglotis (BENJAMIN, 1983, 1991) (tabla II).

La amplitud de dicha membrana varía, prolongándose hasta alcanzar el cierre completo de la glotis (HOLINGER y cols., 1967). Esta situación descrita es incompatible con la vida y requiere atención quirúrgica inmediata.

TABLA II

Localización de la membrana	Grado de espesor	Frecuencia de aparición
Glótico anterior	Variable	75%
Glótico posterior	Variable	1%
Subglótico	Variable	12%
Supraglótico	Variable	12%
Interaritenoides	Variable	Infrecuente

BENJAMIN, 1983.

Etiología. Es el resultado de un fallo del pliegue vocal primitivo al separarse durante el primer trimestre del desarrollo embrionario.

Los síntomas que presentan los niños que padecen esta patología dependen de la localización y extensión de la membrana laríngea. Si el tejido conectivo se encuentra a nivel de la glotis existe una afectación de las cuerdas vocales y en consecuencia de la fonación. Así cuando la membrana produce una vibración asincrónica de las cuerdas vocales la voz puede ser ronca. Si esta membrana se extiende más allá de la comisura anterior aparece entonces una elevación del tono debido a la disminución de la porción vibrátil de la cuerda vocal. Estos síntomas fonatorios pueden acompañarse de dificultad respiratoria, principalmente estridor laríngeo.

Un tercio de los niños que presentan esta patología tienen asociadas anomalías respiratorias del tracto respiratorio superior (BENJAMIN, 1983). Sin embargo, la anomalía que más se asocia es la estenosis subglótica, según COHEN (1989) y BENJAMIN (1993).

El diagnóstico viene dado por la laringoscopia directa.

Algunas veces no se llega al diagnóstico cuando el paciente es todavía niño debido al mínimo tamaño que presenta, y se llega a él cuando se alcanza la pubertad y no disminuye el tono de voz por existir una porción vibrátil de la cuerda muy limitada (MOORE, 1971).

El tratamiento consiste en la dilatación de la membrana (COTTON, 1981), y si ésta no es efectiva se realiza la escisión quirúrgica de la misma. En ocasiones después del tratamiento se observa un tono aéreo que precisa reeducación vocal. Los casos severos requieren traqueotomía.

Estenosis subglótica congénita

Representa el 6 por 100 de las lesiones laríngeas congénitas (HOLINGER, 1976) y se presenta con una frecuencia dos veces mayor en las mujeres que en los varones (HOLDER, 1973).

Consiste en un estrechamiento de la vía aérea entre la glotis y el primer anillo traqueal, cuya *causa* se encuentra bien en un engrosamiento del tejido subglótico y ocasionalmente de los pliegues vocales, bien en un estrechamiento cartilaginoso del anillo cricoideo en la dirección anteroposterior, que deja una limitada abertura posterior.

La *sintomatología* que presentan es estridor inspiratorio y espiratorio con/sin cianosis según la gravedad del caso (COTTON, 1981), acompañado en contadas ocasiones de alteraciones de la fonación debidos principalmente a una limitación en la intensidad de la voz. En la laringoscopia se aprecia la estenosis concéntrica del tejido blando y la estenosis cartilaginosa.

El *tratamiento* varía dependiendo de la severidad de la estenosis. Así, un 80% de los casos precisan la realización de una traqueotomía, según FEARON (1971). En los casos más leves, en los que ya se ha realizado una traqueotomía, la estenosis puede resolverse con el crecimiento laríngeo y dilataciones cuidadosas vía endoscópica (HUFF y MAGIELSKI, 1976). En otros casos puede ser precisa la realización de una traqueolaringoplastia (SMITH, 1987; BLUMER, 1992).

Laringoceles congénitos

Es una hernia o dilatación del apéndice anterior del ventrículo laríngeo en el espacio que queda entre las bandas ventriculares y cuerdas vocales, con un contenido de aire o líquido (PRATTER, 1986).

Etiología. Se produce por la dilatación congénita del ventrículo laríngeo, aumentando sus dimensiones por toser, soplar, abuso vocal y esfuerzos.

Existen tres tipos, dependiendo de la extensión de la dilatación: internos (permanece por dentro del cartilago tiroideo), externos (sale fuera del cartilago tiroideo, a través de la membrana tirohioides) y combinados (mixtos).

La *sintomatología* es muy variada, pudiendo ser asintomáticos durante la infancia. En otros casos puede existir ronquera por afectación de las cuerdas vocales durante la vibración y/o estridor inspiratorio. En ocasiones los laringoceles externos pueden manifestarse como un bulto externo en el cuello, e incluso llegar a producir disfagia cuando su tamaño es grande.

Tratamiento. Aspiración repetida, incisión, drenaje, marsupialización y traqueostomía en casos de obstrucción respiratoria importante. No es eficaz la reeducación vocal.

Fisura laríngea

Es la consecuencia del fallo del cierre del septum traqueoesofágico. El defecto originado puede exten-

derse desde la cara dorsal de la lámina cricoidea hasta el esófago (HOLINGER, 1976), dando así a la formación de una fisura laringotraqueoesofágica.

La *sintomatología* incluye atragantamientos y aspiraciones después de las comidas, obstrucción respiratoria, llanto débil o afonía y neumonías de repetición. El diagnóstico se realiza por endoscopia directa. El tratamiento es quirúrgico, realizándose a través de una faringotomía lateral.

Otras anomalías congénitas

- *Atresia laríngea.* Es una estenosis severa que se extiende desde las cuerdas vocales hasta el cricoides, dejando un conducto aéreo de 1-2 mm. de amplitud (HIRSCHBERG, 1982). Su incidencia es desconocida.
- *Ausencia de epiglottis.*
- *Anomalías congénitas vasculares de la laringe* (HOLINGER y cols., 1967).

Parálisis laríngeas

Según HOLINGER (1976) y BENJAMIN (1993) es la segunda anomalía laríngea más común, representando el 10% de todas las anomalías congénitas de la laringe, asociándose además con frecuencia a otras malformaciones. En una revisión efectuada por este autor el 38% de los casos eran niños menores de doce años. De ellos, esta patología era congénita aproximadamente en la mitad y en el resto era adquirida. Para EMERY (1984) el 27% de las parálisis vocales son congénitas, siendo la cuerda vocal izquierda la que más frecuentemente se lesiona debido a que el trayecto anatómico del nervio recurrente es más largo en la cavidad torácica. De todos los pacientes con esta patología congénita, el 80% presenta síntomas antes de los cinco años.

La *etiología* varía, pudiendo tener un origen congénito o bien adquirido como consecuencia de un trauma obstétrico o por afectación del sistema nervioso periférico.

La *sintomatología* va a depender principalmente de la extensión de la lesión: parálisis bilateral o unilateral.

La parálisis unilateral recurrente puede pasar desapercibida por un prolongado espacio de tiempo dada la inespecificidad de los síntomas. La falta de aducción de las cuerdas vocales en la línea media origina una voz susurrada con una intensidad vocal reducida por el ineficaz cierre glótico y un ataque glótico débil por la reducida capacidad de aproximación de los pliegues vocales. Además como consecuencia de los movimientos vibratorios asincrónicos entre ambas cuerdas puede existir ronquera.

La parálisis bilateral tiene una menor frecuencia de aparición y viene determinada en la mayoría de las ocasiones por una patología del sistema nervioso central, como la hidrocefalia, malformación de Arnold-Chiari, mielomeningocele. Su gravedad es mayor por afectar la función respiratoria y puede cursar con cierto grado de aspiración. Se observa un estridor y la calidad de voz se ve mínimamente alterada o inalterada.

Tratamiento. Si no existe hipoxia severa basal debe mantenerse una actitud simplemente observadora en espera de una resolución espontánea. En aquellos casos, sin embargo, que presentan dificultad respiratoria severa es necesario recurrir a una traqueotomía.

Tumores laríngeas

Las más frecuentes son los tumores benignos (DEJONKERE, 1984). Es raro encontrar neoplasias malignas en niños, aunque pueden darse en la laringe y estructuras adyacentes.

Papilomatosis o papiloma congénito laríngeo

Es un crecimiento epitelial benigno situado en la porción anterior de las cuerdas vocales que se extiende al epitelio laríngeo y alcanza los pliegues ariepiglóticos, bandas ventriculares y región subglótica. La forma de la lesión es pedunculada y muestra numerosas papilas tipo verruga. La edad de aparición más corriente oscila entre los seis meses y seis años (ENGLISH, 1976).

Etiología. Se piensa que está producido por un virus DNA del grupo *Papova* (ENGLISH, 1976), específico de la región laríngeo. Se sustenta esta hipótesis por la incidencia de papilomas en niños nacidos de madres que presentan condilomas acuminados (BOLES, 1975) y también porque responden al tratamiento que estimula la respuesta inmunitaria del organismo.

Sintomatología. Calidad de voz ronca si hay afectación de las cuerdas vocales, incluso alcanzando la afonía. Estridor respiratorio y disnea.

Tratamiento. Extirpación quirúrgica mediante láser CO₂, asociada en ocasiones a terapia coadyuvante. Se han usado diferentes fármacos en este sentido, tales como el interferón-alfa, isotretinoína o metotrexate, con resultados variables (AVINDANO y cols., 1995), que en nuestra experiencia en los niños presenta dificultades de aplicación y no buenos resultados. Con frecuencia son necesarias las reintervenciones dada la tendencia a recurrir de los mismos.

Quiste laríngeo congénito

Son pequeños sacos llenos de moco, ubicados en el ventrículo laríngeo o bandas ventriculares o cara

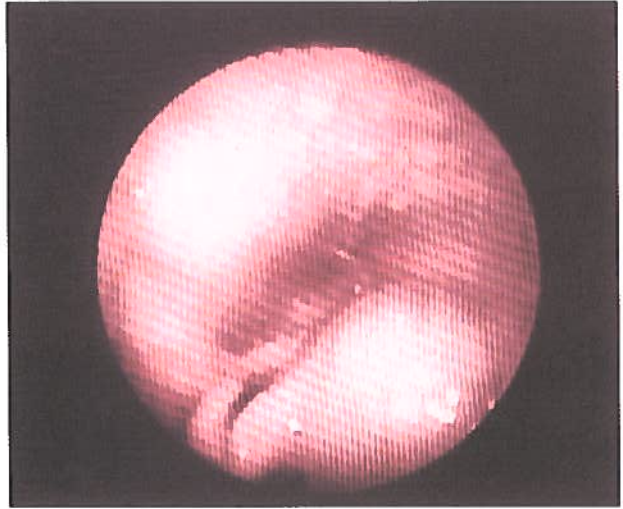


FIG. 1.—Quiste congénito laríngeo.

lingual de la epiglotis que se producen por la obstrucción de un conducto excretor de una glándula.

Síntomas. Los quistes laríngeos congénitos suelen ser asintomáticos hasta que en su crecimiento obstruyen la vía respiratoria, manifestándose frecuentemente como un estridor inspiratorio.

Tratamiento: Extirpación quirúrgica o evacuación del contenido y marsupialización (fig. 1).

Hemangiomas subglóticos laríngeos

Es una malformación congénita que procede del tejido mesodérmico. Es más frecuente en mujeres que en varones (relación 2/1) (BENJAMIN, 1983).

Son tumores de coloración rojopurpúrea, sésiles, que se desarrollan en la submucosa. Pueden aparecer en tráquea, debutando con un cuadro de obstrucción de vías respiratorias superiores y también extenderse submucosamente a otras regiones laríngeas, pero el lugar más frecuente de aparición es a nivel de las cuerdas vocales y subglotis.

Dependiendo de su tamaño, la *sintomatología* puede ser inmediata o aparecer a los dos-tres meses del nacimiento, a veces después de la primera infección de vías respiratorias altas. Si no afecta a los pliegues vocales ni obstruye las vías respiratorias puede ser asintomático. El síntoma más habitual es el estridor respiratorio. Cuando la obstrucción respiratoria es importante se observa cianosis y disnea. La ronquera se presenta si hay alteración de las cuerdas vocales. Otros síntomas pueden ser tos excesiva y disfagia. En el 50% de los casos se acompañan de hemangiomas cutáneos (BOLES, 1975; COTTON, 1981).

Se llega al *diagnóstico* por la radiología y endoscopia.

El curso habitual del tumor es extenderse entre los seis-doce meses de vida (BENJAMIN, 1983), con regresión espontánea hacia los dos años de edad. Si ésta no se da es necesaria la extirpación quirúrgica mediante láser CO₂, yag-neodinio.

Traumatismos laríngeos

Mecánicos

La laringe se traumatiza mecánicamente por agentes externos, tales como un accidente de circulación, objetos contundentes, traqueotomía. Y también puede dañarse por agentes internos como la intubación endotraqueal (la más frecuente en niños), introducción de endoscopios y tubos nasogástricos.

Las lesiones que aparecen a consecuencia de estos traumatismos son muy variables, e incluyen los granulomas, la sinequia laríngea, la luxación de la articulación cricotiroides o cricoaritenoides, la fractura de los cartílagos laríngeos, la estenosis laringotraqueal o el edema postraumático.

Los síntomas varían según la intensidad del trauma, aunque en general incluyen ronquera, dificultad respiratoria, estridor y dolor.

Químicos

Se producen por la ingestión de agentes químicos corrosivos.

En la laringoscopia se observan las estructuras supraglóticas enrojecidas, edematosas o ulceradas, con desarrollo posterior de lesiones granulosas y fibrosas.

La voz se caracteriza por ronquera y componente aéreo.

Cavidades de resonancia

La cavidad de resonancia está constituida por la hipofaringe, orofaringe y nasofaringe. Contiene dos órganos esenciales que son la lengua y el velo del paladar. La lengua es un órgano activo, cuyos movimientos van a influir sobre el velo del paladar, faringe y laringe. El velo del paladar es un órgano pasivo, cuya posición está afectada por los movimientos de la mandíbula, lengua, faringe y laringe. Así, las modificaciones de forma y tamaño que sufre continuamente esta cavidad determina la resonancia vocal.

Cualquier desviación de la forma, tamaño o consistencia de la cavidad de resonancia y cualquier posición articulatoria anormal causa una resonancia vocal defectuosa.

Funcionamiento del área velofaríngea

El área velofaríngea tiene como funciones primarias la respiración y la deglución. Pero además posee una función secundaria por la que canaliza la corriente espiratoria y la palabra hablada hacia las cavidades orales y nasales.

El mecanismo de cierre velofaríngeo se considera como un mecanismo de válvula y de esfínter. El mecanismo de válvula se realiza en el plano sagital, lográndose la elevación del velo, que llega así a contactar con la parte posterior de la faringe a la altura del arco del atlas. Esta función de válvula está asegurada por los músculos tensores y elevadores del velo. El mecanismo de esfínter logra el cierre nasofaríngeo en el plano frontal a través de la contracción del músculo constrictor faríngeo superior y músculos palatofaríngeos y palatoglosos. Además a estos dos mecanismos hay que añadir la acción del músculo constrictor faríngeo superior, que también tiene un movimiento de aducción hacia la zona prevertebral.

Un funcionamiento del mecanismo velofaríngeo inadecuado puede dar lugar a hipernasalidad o hiponasalidad.

En la *hipernasalidad* el velo no contacta con la pared posterior de la faringe durante la producción de los fonemas no nasales, apreciándose una excesiva nasalidad debido a la rinolalia abierta que se ha producido, y además se afectará la deglución.

Etiología de la hipernasalidad

En relación a este aspecto hay que tener en cuenta la posibilidad de que una insuficiencia velar sea generada por la extirpación de una masa adenoidea. Por ello es aconsejable un estudio previo a la adenoidectomía en los niños normales para la valoración de las dimensiones del cávum nasofaríngeo y dimensión velar. En determinados casos de fisura palatina puede llegar a estar desaconsejada la adenoidectomía (tabla III).

Sintomatología. Observamos inicialmente un aumento de la resonancia nasal en las vocales y consonantes orales. Además, la limitación de la presión del aire intraoral origina una articulación defectuosa, principalmente para los fonemas oclusivos, fricativos y africados. En estos dos últimos fonemas apreciamos además una emisión nasal debida al escape de aire por las fosas nasales. Este escape puede acompañarse de muecas faciales que intentan evitarlo. Existe también una intensidad de voz reducida que exige un sobresfuerzo continuado, que en ocasiones desencadena patología laríngea relacionada con mal uso vocal.

TABLA III: CLASIFICACION DE INSUFICIENCIAS VELOFARINGEAS (W. WELLENS, 1984)

Anomalías		
Estructurales	Congénitas	Adquiridas
<i>Desproporción palatofaríngea.</i>	Velo del paladar demasiado corto: a) Después de la reconstrucción de una hendidura velar. b) Velo congénito demasiado corto. c) Asociado a síndromes congénitos (Sedlackova). Faringe congénita demasiado profunda. Combinación: 1 + 2.	Después de ablación de amígdalas y/o adenoides. Después de la resección tumoral. Después de la infección. Postraumática.
<i>Anomalías anatómicas de los músculos del velo del paladar.</i>	Antes de la cirugía reconstructiva de hendidura de paladar primario o secundario: Unilateral/bilateral. Antes de la cirugía reconstructiva de hendidura palatina secundaria: Aislada/asociada a síndromes congénitos (Klippel-Feil, hipoplasia mandibular...). Después de la cirugía de la hendidura patológica, sin función adecuada del arco elevador o de reconstrucción en <i>pushback</i> . Hendidura submucosa del paladar duro: Aislada/asociada a otras anomalías. Hipoplasia del paladar blando: Zonas pelúcidas, hendidura uvular, hipoplasia del elevador del velo.	
Anomalías		
Funcionales	Congénitas	Adquiridas
	Retraso mental. Hábito asténico. Sordera.	Persistencia de malos hábitos después de corrección de defectos anatómicos o fisiológicos. Mimetismo. Síntomas neuróticos. Antaálgicas después de tonsilectomía, adenoidectomía, infección o traumatismo.
Defectos dinámicos		
<i>Parálisis del paladar blando</i>		
Alcance de la motoneurona primaria (parálisis pseudobulbar): Tumor cerebral, afección vascular, parálisis cerebral, alcances degenerativos, meningitis-encefalitis.		
Alcance nuclear (lesiones bulbares): Esclerosis lateral amiotrófica, forma bulbar de la poliomielitis, siringomelia, atrofia muscular progresiva, traumatismo bulbar.		
Nervio periférico: Compresión, sección, polineuritis (tóxica, diabetes, alcohol, infecciones...).		
Función mioneural: Miastenia gravis.		
Afección muscular.		

El tratamiento depende principalmente de la causa. En las causas orgánicas, como son las patologías de estructura del paladar blando o duro, se aplicarán técnicas ortodóncicas (creando prótesis que palien el defecto de oclusión), técnicas quirúrgicas

(cirugía de cierre primario, cirugía palatal de retroposición, cirugía del colgajo faríngeo), técnicas de reeducación vocal (como complemento a los dos tratamientos anteriores). En la patología funcional el tratamiento de elección es la reeducación vocal.

En la hiponasalidad se reduce e incluso desaparece la resonancia nasal debido en la mayoría de las ocasiones a una obstrucción nasofaríngea.

Etiología de la hiponasalidad

Orgánicas. Adenoides de tamaño excesivo, pólipos nasales, edema de mucosas nasales, papilomas nasales, tumores, traumatismos en el área nasal, arco palatino alto o excesiva obstrucción yatrogénica velofaríngea, atresia coanal.

Funcional. Se mantiene la hiponasalidad incluso después de haberse corregido la causa orgánica que la generó (PRATTER, 1986).

Síntomas. Los fonemas vocales se perciben sin brillo y utiliza habitualmente una respiración bucal.

Tratamiento. Quirúrgico si se procede a eliminar la causa de la obstrucción. Reeducción para aquellos trastornos funcionales.

Alteraciones de la resonancia por posiciones defectuosas de la lengua

Posición lingual anterior

Algunos pacientes desarrollan una posición anormalmente anterior y demasiado alta, dando lugar a una voz débil, apagada, de reducida resonancia y tono agudo. Articulan con una abertura oral mínima y con un movimiento de mejilla limitado.

Etiología: Funcional. **Tratamiento.** Reeducción vocal.

Posición lingual posterior

La lengua está retraída y colocada en posición posterior en la faringe. La calidad de voz que produce esta posición es apagada y de sonido hueco.

Etiología. Funcional, orgánica (disartria flácida y espástica, sordera, apraxia oral, parálisis atetóidea). **Tratamiento:** Reeducción vocal.

Alteraciones de la resonancia debidas a la medida y elasticidad de la faringe

Se produce una voz dura, de sonido metálico, causada por la elevación de la laringe y la musculatura faríngea constrictora que se contrae demasiado, reduciéndose así la longitud y anchura de la faringe.

Etiología. Funcional. **Tratamiento:** Reeducción vocal.

Oído

Hipoacusia

El control de la voz viene determinado por el *feedback* auditivo o retroalimentación auditiva, de tal modo que modificamos los parámetros acústicos de la voz según la percepción auditiva que obtenemos de los mismos.

De ello se deduce que la voz varía dependiendo de la pérdida de audición, influyendo el tipo de hipoacusia, grado de la misma y programa de reeducación al que está sometido el niño.

Atendiendo al tipo de pérdida auditiva se aprecia una alteración importante del timbre de la voz y de los fonemas consonánticos cuando están afectadas las frecuencias agudas. Sin embargo, si están conservados los sonidos graves se mantiene la melodía y la prosodia. La afectación de las frecuencias medias conlleva una mala discriminación de los fonemas vocálicos y consonantes vocálicas.

En relación al grado de hipoacusia, se observa que los niños con pérdidas moderadas tienen dificultades con el timbre de la voz al existir un desequilibrio entre la resonancia oral y nasal. En aquellos que presentan una pérdida severa o profunda se afecta además del timbre, el tono, intensidad, ritmo fonatorio y entonación.

En relación a la entonación ésta es monótona, con una descoordinación fonorrespiratoria que provoca una colocación de pausas errónea y el ritmo fonatorio lento. Este ritmo logra una inteligibilidad aceptable para sílabas y palabras aisladas, pero cuando la secuencia tiene una longitud mayor se altera y resulta incomprensible. El tono y la intensidad de la voz generalmente están afectados en los casos en que no existe una información acústica suficiente, a pesar de portar audífonos adecuadamente adaptados (LAFON, 1987).

Localización multisistémica

Enfermedades inflamatorias-infecciosas

Son procesos que generan edema de mucosa laríngea y de las estructuras resonantes. COHEN (1983) ha observado que el 20% de los trastornos virales frecuentes originan cambios vocales.

Las infecciones virales como el herpes o la varicela provocan en ocasiones lesiones laríngeas y disfonía. Aquellos procesos virales que cursan con neuropatía craneal producen en ocasiones paresia de las cuerdas vocales y disfonía.

Enfermedades neurológicas

Las zonas intracraneales de procesamiento central relacionadas con la fonación se localiza en las

TABLA IV: CLASIFICACION DE DISFONIAS NEUROLÓGICAS (DARLEY, ARONSON y BROWN, 1975)

Localización de la lesión	Miopatía	Características neurológicas
Motoneurona superior.	Espasticidad.	Parálisis pseudo-bulbar.
Motoneurona inferior.	Flaccidez.	Parálisis bulbar. Parálisis laríngea.
Cerebelo.	Ataxia.	Ataxia cerebelosa.
Extrapiramidal.	Hipocinético.	Parkinson.
	Hipercinética (rápida).	Corea.
	Hipercinética (lenta).	Atetosis.
Lesiones mixtas múltiple.	Síntomas mixtos.	Esclerosis lateral amiotrófica. Atrofia muscular progresiva.

áreas frontal, parietal y occipital. Además la producción de la voz precisa la coordinación de los diferentes músculos que intervienen en la fonación. Así los trastornos neurológicos provocan disfonía por lesión en cualquier punto de la vía, afectando al sistema nervioso central y pares craneales, o por formar parte de un proceso sistémico (tabla IV).

La manifestación vocal de la afectación neurológica muestra alteraciones del ritmo fonatorio, de la articulación y de los parámetros acústicos de la voz.

El lector debe acudir al capítulo de «Enfermedades neurológicas» para profundizar en este tema.

Enfermedades metabólicas

La disfonía aparece como signo de trastornos metabólicos bien sea por ausencia o acumulación de metabolitos o como manifestación secundaria a los mismos.

La hipocalcemia causa tetania, hiperexcitando los nervios motores, originando así la aducción de las cuerdas vocales, laringoespasma y obstrucción de las vías respiratorias. Existen diferentes procesos fisiopatológicos que originan la hipocalcemia, tales como el hipoparatiroidismo, síndrome de DiGeorge, hipovitaminosis D, alcalosis, hipocalcemia, hipomagnesemia (NELSON, 1979).

El hipotiroidismo causa hipotonía generalizada, que puede afectar a la musculatura laríngea por infiltración mixedematosa y flaccidez (COHEN, 1983).

Por otra parte, las enfermedades que acumulan lípidos alteran el funcionamiento vocal por infiltra-

ción de metabolitos anormales en las estructuras laríngeas y sistema nervioso central. Son ejemplos de enfermedades que almacenan lípidos la enfermedad de Gaucher, en la que se observa hipertonicidad, disfagia, laringoespasma, y la de Niemann-Pick, donde apreciamos hipotonicidad y deterioro del sistema nervioso central.

Las mucopolisacaridosis, como las enfermedades de Hurler y Hunter, provocan el depósito de metabolitos en las membranas celulares y en la matriz intracelular, dificultando la actividad neuronal y mioneuronal (COHEN, 1983).

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLD, G. E.: «Advances in laryngeal physiology and their clinical application». *Eye Ear Nose Throat Mon.*, 1966; 45: 78-84.
- ARONSON, A. E.: *Psychogenic voice disorders: An interdisciplinary approach to detection, diagnosis and therapy: Audio Seminars in Speech Pathology*. Philadelphia: Saunders, 1973.
- ARONSON, A. E.: *Clinical voice disorders*. New York: Thieme, 1985.
- AVINDANO, M. A., y SINGLETON, G. T.: «Adjuvant drug strategies in the treatment of recurrent respiratory papillomatosis». *Otolaryngol. Head Neck Surgery*, 1995; 112: 197-202.
- BALLENGER, J. J.: *Disease of the nose, throat and ear*. Philadelphia, 1969.
- BELMONT, J. F., y GRUNDFAST, K.: «Congenital laryngeal stridor (laryngomalacia): Etiological factors and associated disorders». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1984; 93: 430-437.
- BENJAMIN, B.: «Congenital laryngeal web». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983; 92: 317-326.
- BENJAMIN, B., y CARTER, P.: «Congenital laryngeal hemangioma». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983; 92: 448-455.
- BENJAMIN, B., y MAIR, E.: «Congenital interarytenoid web». *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surgery*, 1991; 117: 1118-1122.
- BENJAMIN, B.: «Congenital disorders of the larynx». En: Cummings, C. W., editor. *Otolaryngology head and neck surgery* (2.ª ed.). St Louis: Mosby Year Book, 1993; 1831.
- BOLES, R.: «Hoarseness. Differential diagnosis in pediatric otolaryngology». En: Strome, M., editor. Boston: Little Brown, 1975.
- BLUMER, J. R.; BAUMAN, N. M.; KEARNS, D. P., y SMITH, R.: «Distal tracheal stenosis in neonates and infants». *Otolaryngology Head Neck Surgery*, 1992.
- COHEN, S. R.; THOMPSON, J. W., y GELLER, K. A.: «Voice change in the pediatric patient». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983; 92: 437-443.
- COHEN, S. R.: «Congenital glottic webs in children: A retrospective review of 50 patients». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1989; 98: 417-420.
- CORNUT, G., y BOUCHAYER, M.: «Bilan de quinze années de collaboration entre phoniatre et phonochirurgien». *Bulletin d'Audiophonologie*, 1988; 119: 7-50.
- COTTON, R. T., y RICHARDSON, M. A.: «Congenital laryngeal anomalies». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1981; 14: 203-218.
- DARLEY, F. L.; ARONSON, A. E., y BROWN, J. R.: *Motor speech disorders*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1975.

- DEJONCKERE, P. H.: «Pathogenesis of voice disorders in childhood». *Acta Otol. Rhinol. Laryngol. (Belgica Tome)*, 1984; 38: 307-314.
- DELACK, J. B.: «Aspect of infant development in the first year of life». Communication au VIII ICPS, Leeds, 1975, parne en 1978 in *L. Bloomed readings in Language Development*, 94-114.
- DUTOIT-MARCO, M. L.: *Tout savoir sur la voix*. París: Ed. PM Favre, 1985.
- EMERY, P. J., y FERON, B.: «Vocal cord palsy in pediatric practice: A review of 71 cases». *Int. Journ. Pediatric Otorhinolaryngol.*, 1984; 8: 147-154.
- ENGLISH, G. M.: Benign neoplasms of the larynx». En: English, G. M., editor. *Otolaryngology: A textbook*. Hagerstown, Md: Harper & Row, 1976.
- FEARON, B., y ELLIS, D.: «The management of long term airway problems in infants and children». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1971; 80: 669.
- FOMON, S.; BELL, J. W.; LUBART, J.; SCHATTNER, A., y SYRACUSE, V. R.: «Otolaryngology and speech therapy». *Eye Ear Nose Throat Mon.*, 1966; 45: 71-76.
- FREIDMAN, E. M.; VASTOLA, A. P., y MCGILL, T. J.: «Chronic pediatric stridor: Etiology and outcome». *Laryngoscope*, 1990; 100: 277-280.
- HIRSCHBERG, J., y SZENDE, T.: *Pathological cry stridor and cough in infants: A clinical-acoustic study*. Budapest: Akademiai Kiado, 1982.
- HIRSCHBERG, J.; DEJONCKERE, Ph.; HIRANO, M.; MORIK; SCHULTZ-COULON, H. J., y URTICKA, K.: «Voice disorders in children». *Journal Pediatric Otorhinolaryngol.*, 1995; 32: 109-125.
- HOLDER, T. M.; LEAPE, L. L., y ASHCRAFT, K. W.: «Congenital malformations of the trachea, bronchi and esofagus». En: Paparella, M. M., y Shumrick, D. A., editores. *Otolaryngology*. Vol 3: Head and Neck. Philadelphia: Saunders, 1973.
- HOLINGER, P. H., y BROWN, W. T.: «Congenital webs, cysts, laringoceles and others anomalies of the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1967; 76: 744-752.
- HOLINGER, L. D.: «Congenital anomalies of the larynx». En: English, G. M., editor. *Otolaryngology: A textbook*. Hagerstown, Md: Harper & Row, 1976.
- HOLLIEN, H., y MALCEK, E.: «Evaluation of cross-sectional studies of adolescent voice change in males». *Speech Monographs*, 1967; 34: 80-84.
- HUFF, J. S., y MAGIELSKI, J. E.: «Surgical treatment of laryngeal injuries». *Otolaryngol. Clin. North Am.*, 1976; 9: 393-401.
- KAHANE, J. C.: «A morphological study of the human prepubertal and pubertal larynx». *American Journal Anatomy*, 1987; 151: 11-19.
- LAFON, J. C.: *Los niños con deficiencias auditivas*. Barcelona: Masson, 1987.
- LAUFER, M. F., y HORII, Y.: «Fundamental frequency characteristics of infant nondistress vocalizations during the first twenty-four weeks». *Journal of Child Language*, 1977; 4/2: 171-184.
- LAUPUS, W. E., y PASTORE, P. N.: «The larynx». En: Kendig, E. L., editor. *Disorders of the respiratory tract in children*. Philadelphia: W. B. Saunders Co., 1967; 204-212.
- LEHUCHE, F., y ALLALI, A.: *La voz, patología vocal: Semiólogía y disfonías funcionales*. Barcelona: Ed. Masson, 1994.
- LEJEUNE, J.: *Trois cas de délétion partielle du bras court d'un chromosome-5*. París: CR Academie Sciences, 1963; 257: 3098-3102.
- LIEBERMAN, P.; HARRIS, K. S.; WOLFF, P., y RUSSELL, L. H.: «Newborn infant cry and non human primate vocalization». *Journal Speech Hear Research*, 1971; 14: 718-727.
- LUCHSINGER, R.: *Physiology and pathology of respiration and phonation. Voice-speech-language. Clinical communi-cology: Its physiology and pathology*. Belmont: Wadsworth Publishing Co., 1965; 3-334.
- MCGLONE, R. E., y MCGLONE, J.: «Speaking fundamental frequency of eight years old girls». *Folia Phoniatrica*, 1972; 24: 313-317.
- MICHEL, J.; HOLLIEN, H., y MOORE, P.: «Speaking fundamental frequency characteristic of 15, 16, 17 years old girls». *Language Speech*, 1966; 9: 40.
- MOORE, G. P.: «Voice disorders organically based». En: Travis, L. E., editor. *Handbook of speech pathology and audiology*. Applenton-Century Crofts Nw, 1971; 535-570.
- NELSON, W. E.: *Textbook of pediatrics*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1979.
- PRATTER, R. J., y SWITF, R. W.: *Manual de terapéutica de la voz*. Barcelona: Ed. Salvat, 1986.
- RINGEL, R., y KLUPPEL, D.: «Neonatal crying: A normative study». *Folia Phoniatrica*, 1964; 16: 1-9.
- SAUNDERS, W. H.: «The larynx». *Clinical Symposia*, 1964; 16: 67-99.
- SENTURIA, B. H., y WILSO, F. B.: «Otorhinolaryngologic findings in children with voice deviations: Preliminary report». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1968; 77: 1027-1042.
- SHEPPARD, W., y LANE, H.: «Development of the prosodic feature infant vocalizing». *Journal Speech Hear Res.*, 1968; 11: 94-108.
- SILVERMAN, E. M., y ZIMMER, C. H.: «Incidence of chronic hoarseness among school-age children». *Journal Speech Hear Disorders*, 1975; 40: 211-215.
- SMITH, R.: «Laringotraqueal stenosis». *Head, Neck Surgery*, 1987; 10: 38-47.
- TUCKER, G. F.: «Laryngeal development and congenital lesions». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1980; 89: 142-145.
- VAN RIPER, C.: *Speech correction, principles and methods* (5.ª ed.). Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1972.
- WARD, P. H.: «The larynx in the cri du chat syndrome». *Trans. Am. Acad. Ophthalmolog. Otolaryngol.*, 1968; 72: 90-102.
- WARD, P. H.: «Congenital malformations of the larynx». En: Paparella, M. M., y Shumrick, D. A., editores. *Otolaryngology. Vol. 3: Head and Neck*. Philadelphia: Saunders, 1973.
- WEISS, D. A.: «The pubertal change of the human voice». *Folia Phoniatrica*, 1950; 11: 127-158.
- WELLENS, W.: «Insuffisance vélo-pharyngienne: Aspects anatomo-physiologiques». *Bulletin d'Audiophonologie*, 1984; 17: 155-162.
- WOOD, R. P., y NORTHERN, J. L.: *Manual of otolaryngology: A symptom-oriented text*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1979.
- YAIRI, E.; CURRIN, L. H.; BULIAN, N., y YAIRI, J.: «Incidence of hoarseness in school children over a year period». *Journal Communication Disorders*, 1974; 7: 321-328.
- ZALZAL, G. H.; ANOM, J. B., y COLTON, R. T.: «Epiglottoplasty for the treatment of laryngomalacia». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1987; 96: 72.

Secuelas de los traumatismos internos de la laringe

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

La laringe está expuesta a múltiples formas de traumatismos cuyas secuelas pueden alterar la calidad de la voz de forma importante y hasta impedirla. Se sale de los límites de este capítulo tratar los aspectos particulares de cada tipo de trauma y las secuelas que generan, por lo que nos concretaremos a aquellos que afectan la función fonatoria en particular y que en gran medida son debidos a traumas producidos en el transcurso de un procedimiento terapéutico y por tanto considerados como iatrógenos.

Basándonos en esta premisa podemos considerar los traumatismos que sufre la laringe como externos e internos. Los primeros son característicos de la cirugía de la glándula tiroides y paratiroides, de la cirugía del cuello y de la base del cráneo. Los segundos lo son de la intubación forzada o prolongada y de la cirugía endoscópica.

Las secuelas en relación a la voz que producen son la inmovilidad o limitación de los movimientos de abducción y aducción y elongación de la cuerda vocal, así como la alteración de las propiedades físicas de los distintos planos que la constituyen.

La movilidad de la cuerda vocal puede verse alterada por causa traumática tanto en lo que se refiere a los movimientos básicos de aducción y abducción como a los ajustes finos de elongación y acortamiento, pudiendo radicar los efectos de aquéllos sobre la innervación, las articulaciones, la musculatura o la arquitectura del esqueleto laríngeo.

La interrupción de la conducción nerviosa y sus efectos sobre la voz, así como su tratamiento son sujeto de otros capítulos, por lo que prescindimos de su consideración en éste. Incluimos el tratamiento de las parálisis recurrentes bilaterales que, por su difícil diferenciación de la fijación aritenoidea y la coincidencia de tratamiento con aquéllas, consideramos que debe ser tratado en este capítulo junto al resto de los procesos patológicos que fijan los aritenoides.

En relación a los traumatismos y su efecto sobre la función diferenciamos en la glotis dos zonas principales: la región glótica posterior y la región glótica anterior. La región glótica posterior incluye

ambas articulaciones cricoaritenoides, ambos aritenoides y la región subglótica posterior. La región glótica anterior está representada por la porción membranosa de la cuerda vocal y la región subglótica anterior.

TRAUMATISMOS DE LA REGION GLOTICA POSTERIOR

Los mecanismos de producción son el trauma directo agudo y la destrucción tisular progresiva por decúbito. Ambas formas pueden afectar a las estructuras cartilaginosas de la articulación, a los ligamentos y a la mucosa, de forma aislada o combinada.

Las lesiones generadas por decúbito debido a la intubación prolongada son las que afectan a este área con más frecuencia. El proceso pasa por una necrosis inicial, infección subsiguiente y reparación por segunda intención con intensa fibrosis (figs. 1 y 2). El proceso de reparación termina fijando las distintas estructuras entre sí, pudiéndolo hacer en grado diferente y en distintos lugares.

La fijación aritenoidea unilateral, que sitúa habitualmente la cuerda vocal en posición paramediana, no suele llevar consigo un deterioro importante de la voz. Se conserva el tono muscular y la regularidad del borde libre, con lo cual la oclusión es correcta y la ondulación se produce normalmente. Rara vez requiere tratamiento.

La fijación bilateral de los aritenoides, al igual que la parálisis bilateral, puede producir la estrechez del área glótica por posición paramediana de la cuerda o su oclusión completa cuando la situación es mediana. El síntoma principal es la disnea de mayor o menor grado que puede acompañarse de alteración del tono de la voz y fatiga vocal (fig. 3).

No son infrecuentes la asociación de fijación articular de un aritenoides y la fusión cicatricial entre ambos, siéndolo menor la sinequia entre las caras internas de ambos aritenoides o las apófisis vocales por fusión exclusiva de las partes blandas que las recubren sin fijación articular (figs. 4, 5 y 6). En

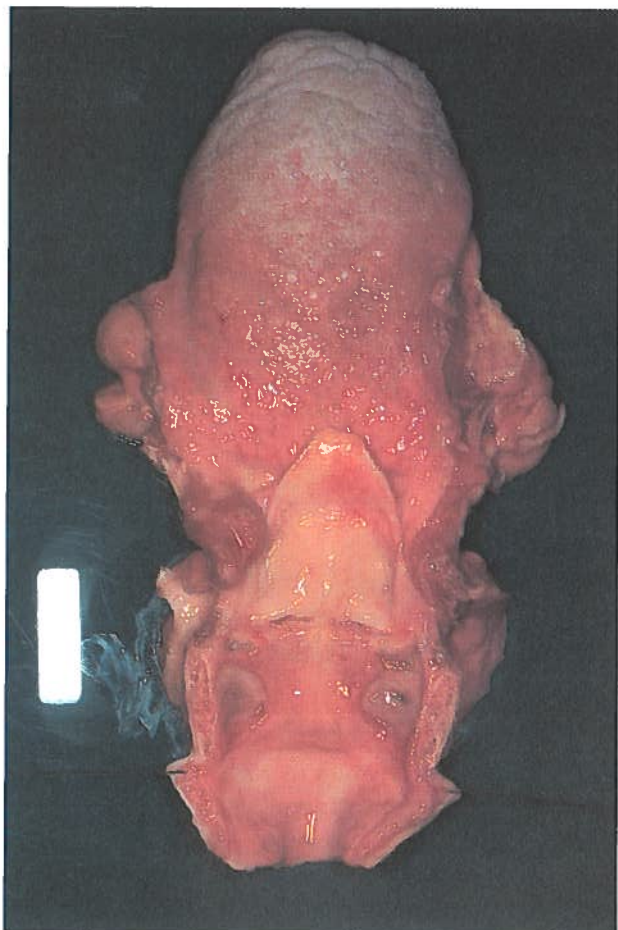


FIG. 1.—Pieza de autopsia después de veinte días de intubación.

ambos casos existe una limitación de la abducción, el cuadro clínico no difiere del que acompaña a la fijación articular, pero sí su tratamiento. Estas situaciones y la frecuente asociación de fijación ar-



FIG. 2.—Detalle de la figura 1. Se aprecia la ulceración bilateral de la laringe en dos áreas diferentes. La superior afecta a la base de ambos aritenoides y apófisis vocales exponiendo el cartílago.

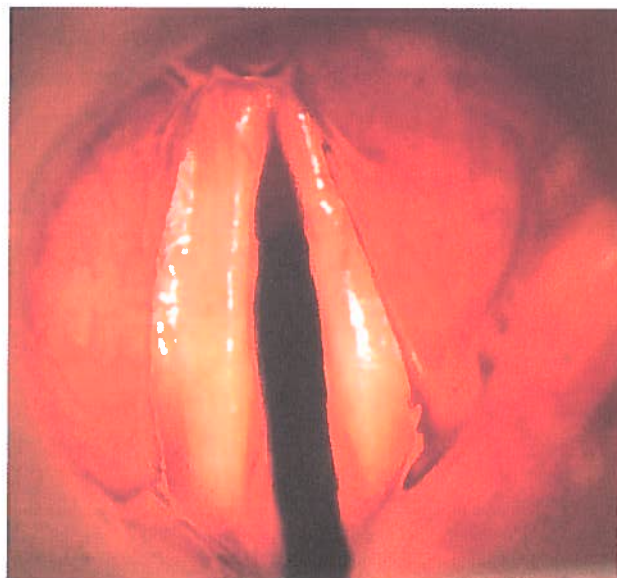


FIG. 3.—Imagen de parálisis bilateral de cuerdas vocales en paramediana, tomada bajo anestesia general. La amplitud bajo esa situación es mayor que en estado de vigilia.

ticular con interrupción de la conducción nerviosa obligan, ante una inmovilidad de cuerdas vocales en posición paramediana o mediana, a un estudio cuidadoso que haga posible llegar a un diagnóstico exacto de la situación y establecer la forma de tratamiento adecuada. Las causas son comunes para los distintos cuadros clínicos, traumatismo externo, traumatismo interno o intubación prolongada, por lo que este aspecto no suele aclarar la situación. Sin embargo, puede aportar datos sobre la evolución del proceso, por lo que un interrogatorio detenido sobre los síntomas iniciales y sus posibles variaciones en el tiempo es absolutamente necesario.

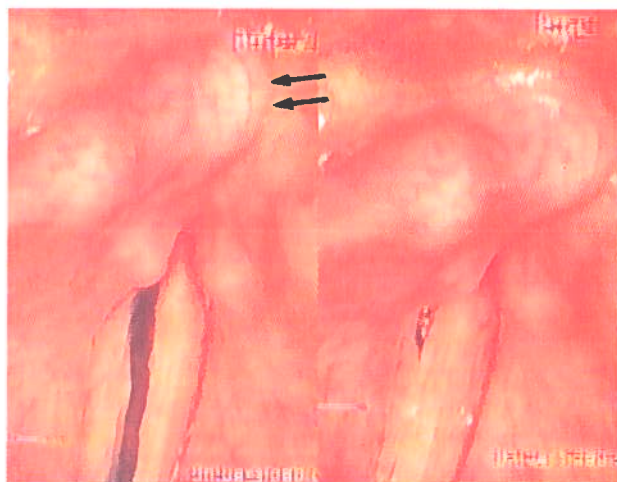


FIG. 4.—Secuela de intubación prolongada. Ambas caras internas de los aritenoides están fusionadas. La exploración directa demuestra la fijación del aritenoides derecho.

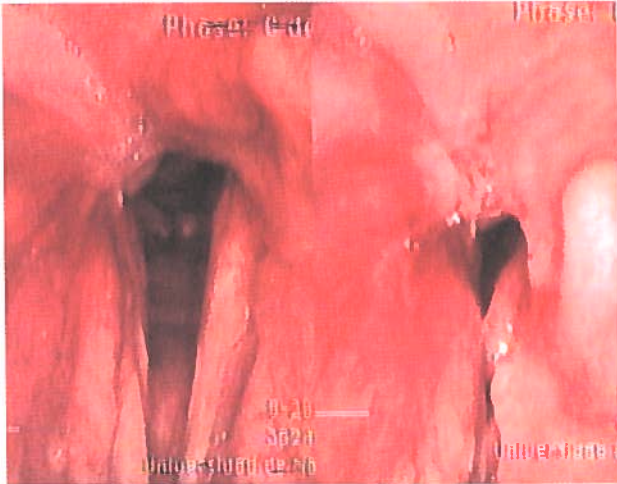


FIG. 5.—Resultado del caso de la figura 4 después de aritenoidectomía y resección de la fusión cicatricial, y colgajo de rotación. Abducción y adducción.

El estudio por tomografía axial computarizada y resonancia magnética, la electromiografía y la valoración endoscópica bajo anestesia general con relajación, lo que permite mediante la compresión hacia afuera de las apófisis vocales determinar si existe o no movilidad del aritenoides, son los métodos que nos permiten confirmar el diagnóstico.

TRATAMIENTO DE LA FIJACION ARITENOIDEA

Tratamiento

La única forma de tratamiento para este tipo de lesiones es la cirugía, la cual se ha facilitado mucho por la utilización del láser CO₂. En los casos en los que la fijación aritenoidea es producida por la sinequia de partes blandas a nivel del ápex aritenoideo, sin fijación articular ni parálisis, la simple sección de la sinequia suele bastar.

Cuando la fusión afecta a caras internas de ambos aritenoides queda después de la resección un área cruenta entre ambos aritenoides que si se deja a su evolución natural reproduce la situación previa a la cirugía. La única forma de evitarlo es la rotación de un colgajo mucoso de la región retrocricóidea para cubrir la zona cruenta.

En la fijación articular de un solo aritenoides con fusión cicatricial entre ambas caras internas de los aritenoides la resección debe incluir el aritenoides fijo y el área cicatricial, lo cual, como en el caso anterior, deja también detrás de sí una zona ampliamente desprovista de cobertura mucosa que debe ser resuelta mediante recubrimiento por colgajo de rotación de la zona cruenta.

En la parálisis bilateral tanto como en la fijación

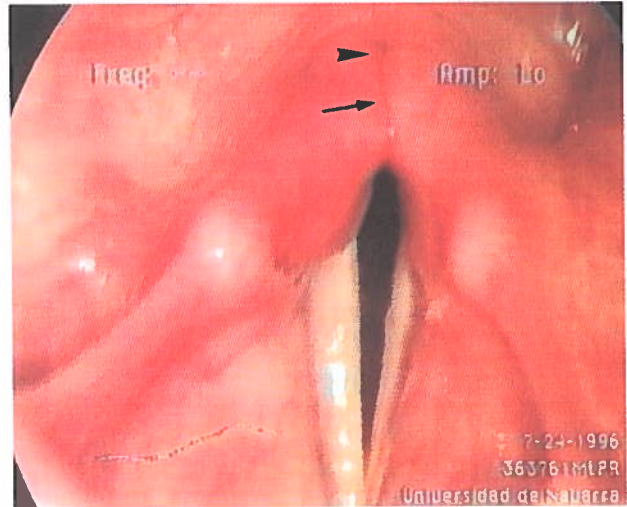


FIG. 6.—Secuela de intubación prolongada. Se aprecia una fusión que afecta sólo a la porción anterior (flecha), dejando un pequeño sinus posterior recubierto de mucosa (triángulo). Con el movimiento de abducción se observa la interrupción brusca de éste.

bilateral articular que no se acompañe de sinequia interaritenoidea la técnica a realizar es la aritenoidectomía.

Ante estos procesos, las técnicas de abordaje externo empleadas clásicamente han dejado su lugar a la cirugía endoscópica mediante láser CO₂, que además de simplificar notablemente la cirugía sobre la región posterior de la glotis aporta entre otras ventajas la posibilidad de evitar la traqueotomía en la mayoría de los casos.

El objetivo del tratamiento quirúrgico es la ampliación del área posterior de la glotis en grado suficiente como para obtener una situación respiratoria que permita realizar actividad física normal con el menor deterioro posible de la voz. Se utilizan dos tipos de técnicas básicas: aritenoidectomía y cordotomía posterior, las cuales pueden ser ampliadas a la demanda según las necesidades físicas por parte del paciente, las dimensiones preoperatorias de la glotis y la asociación con procesos cicatriciales.

El estudio meticuloso previo de las circunstancias de la glotis es obligado. No es lo mismo tratar un caso en el que las cuerdas están situadas prácticamente en línea media que otro en el que existe una amplitud glótica que en reposo es bien tolerada. En el primero será necesario, dada la situación mediana de la otra cuerda, realizar una técnica más agresiva o recurrir a completar la ampliación mediante cirugía en el lado opuesto. En el segundo una técnica menos ambiciosa puede resolver el problema con el menor deterioro posible de la voz. Frecuentemente ocurre que una cuerda se desplaza en su movimiento indirecto de aproximación más que la otra, lo cual es necesario identificar para realizar la cirugía sobre la opuesta. La edad avanzada,

los trastornos neurológicos comitantes o una deficiente función pulmonar pueden ser razón para hacer aconsejable la traqueotomía como medio de paliación.

PROCEDIMIENTO QUIRURGICO

Intubación

Se siguen dos procedimientos diferentes dependientes de que exista traqueotomía previa o no.

En los casos en los que el paciente está traqueotomizado se procede a la intubación por vía del traqueostoma. En los casos en los que las cuerdas están muy próximas entre sí se coloca además un tubo de calibre reducido de 6-7 mm. de diámetro entre las cuerdas vocales con objeto de separarlas para facilitar la disección sin dañar con la resección la pared posterior de la glotis. Una vez colocado entre las cuerdas se desplaza hacia la región anterior mediante el dorso del laringoscopio dejando así el área posterior libre.

Cuando no existe traqueotomía previa se procede a la intubación por vía oral, en la forma convencional, desplazando el tubo en la forma descrita para situarlo en la región anterior de la glotis.

Laringoscopia

Se hace en la forma convencional para la microcirugía laríngea situando el laringoscopio de forma que se obtenga una visión perfecta de la región aritenoides sobre la que se va a operar, así como de la región posterior de la banda ventricular y cuerda vocal.

Técnica quirúrgica

La técnica que se vaya a realizar condiciona la longitud y distribución de la incisión (fig. 7).

Si se va a realizar una aritenoidectomía simple, la incisión se efectúa sobre la proyección del aritenoides en longitud suficiente como para poder acceder a la disección de las tres caras del aritenoides, ampliándose hacia la banda cuando se necesitan exposiciones más amplias (figs. 7 a y b). Una vez expuesto el ápex del aritenoides con el corniculado sobre él, se procede a la disección por medio de láser CO₂ del conjuntivo y músculos que lo rodean.

Se comienza la disección por la cara posteroexterna hasta seccionar la inserción sobre el proceso muscular de los músculos cricoaritenoides posterior y lateral, actuando después sobre la inserción del tiroaritenoides. Una vez realizado este paso se tracciona el aritenoides hacia atrás y hacia afuera, imprimiéndole un efecto de báscula para desconec-

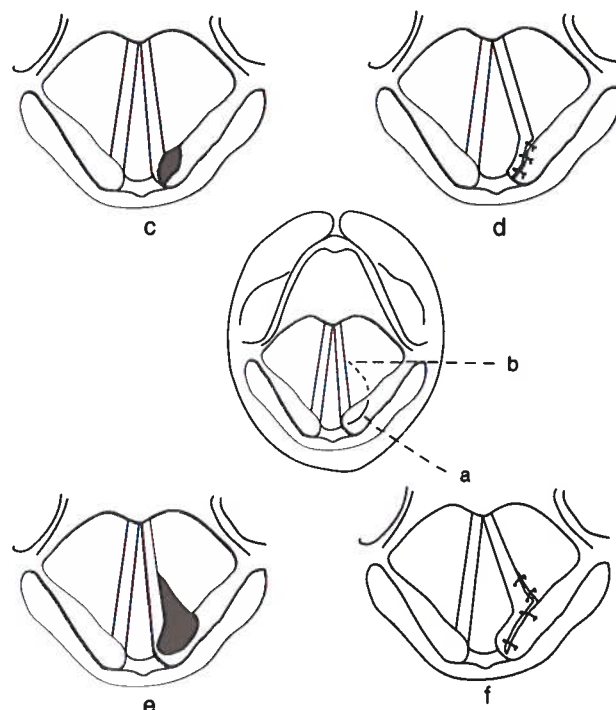


FIG. 7.—Aritenoidectomía.

tar las fibras del músculo vocal en la parte más medial de su cara anteroexterna. La disección de la cara interna de la apófisis vocal y del aritenoides se realiza muy cuidadosamente para evitar su desgarro o vaporización con objeto de mantener una continuidad entre la mucosa de la cuerda vocal y la de la región interaritenoides y evitar la retracción cicatricial en esta zona. Cuando existe una gran adherencia se despega mediante una espátula disectora. Una vez realizada esta maniobra se secciona la apófisis vocal en su extremo más anterior. Se termina de liberar el aritenoides seccionando las adherencias de su base, lo que deja expuesta la carilla articular del cricoides. Una vez retirado el aritenoides se tracciona la mucosa de la cara interna hasta adaptarla sobre la zona cruenta posteroexterna, lo que permite valorar el grado de lateralización y amplitud que se obtiene. Cuando se considera suficiente se suturan los bordes de la herida, lo que entraña una discreta pexia de la cuerda vocal (figs. 7 c y d). Cuando la amplitud del espacio generado se considera insuficiente se completa resecando con el haz del láser un segmento del haz interno del músculo tiroaritenoides con objeto de hacer posible una mayor lateralización. Si aun así se considera insuficiente, se prolonga la incisión hasta la mitad de la banda ventricular, resecando un segmento triangular de la misma. La operación termina aplicando dos-tres puntos de sutura que coaptan los bordes de la herida y lateralizan a una posición fija la cuerda vocal (figs. 7 e y f). Cuando la resección se amplía a la banda ventricular y la

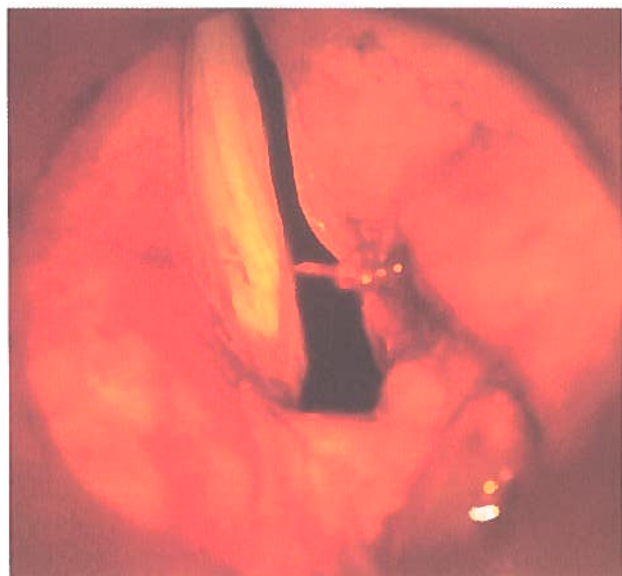


FIG. 8.—Aritenoidectomía sin pexia y sutura.

coaptación se realiza sobre ésta, se produce un ligero ascenso de la región posterior de la cuerda vocal, lo que amplía el espacio posterior al existir una diferente altura entre ambas cuerdas vocales. La maniobra de sutura es la de más difícil realización; utilizamos para efectuarla una pinza de dientes fuerte, que actúa como portaagujas y otra fina que ayuda a la presentación del colgajo mucoso. El nudo se efectúa fuera del laringoscopio, haciéndolo correr hasta el lugar adecuado y dándole la tensión debida mediante el empleo de una horquilla especialmente diseñada para esta maniobra (fig. 8).

Este procedimiento difiere del que empleamos inicialmente, propuesto por LANGNICKEL (1976), para la aritenoidectomía por vía endoscópica y microcirugía convencional en la utilización del láser de CO₂ como elemento de corte y coagulación exclusivamente.

La infiltración con vasoconstrictor no la consideramos necesario dado que utilizando el láser el sangrado general es mínimo y evitamos la deformación del campo quirúrgico y la reducción de eficacia del láser debido al exceso de fluido en los tejidos. El sangrado puntual que genera la arteria aritenoides posterior, de situación anteroexterna con respecto al aritenoides, se controla mediante coagulación por bisturí eléctrico utilizando pinzas aisladas para la coaptación del vaso.

La aritenoidectomía simple puede realizarse por una técnica diferente propuesta por OSSOF (1990) con objeto de simplificarla. Consiste en la demolición del cartílago aritenoides mediante la aplicación directa y exclusiva del haz de láser sobre el cartílago hasta su total eliminación. Cuando el cartílago no está osificado su realización es muy simple; cuando lo está es extremadamente tediosa y lenta.

En individuos en los que debido a su trabajo físico duro se requiere de una amplitud mayor de la adecuada para una vida diaria normal puede practicarse la resección subligamentosa del músculo tiroaritenoides. En los casos en los que la hemos realizado el resultado ha sido óptimo desde el punto de vista respiratorio, sin deterioro significativo de la voz.

Cuando la aritenoidectomía se combina con la resección quirúrgica de una fusión amplia interaritenoides, la resección de partes blandas se realiza a la demanda utilizándose el colgajo de rotación de mucosa de hipofaringe ya mencionado (fig. 9).

Cordotomía posterior

Fue propuesta por DENNIS y KASHIMA (1989), siendo muy bien aceptada de forma general por la sencillez de su realización. A nuestro juicio es una técnica muy útil para tratar aquellos casos en los que las dimensiones de la glotis previas a la operación son relativamente amplias por situarse ambas cuerdas en posición paramediana. El resultado desde el punto de vista respiratorio es bueno y el deterioro de la voz inapreciable cuando se realiza correctamente. La técnica se realiza mediante intubación per oral a no ser que exista traqueotomía previa. Con el tubo alojado en la región anterior de la glotis se procede a la resección de la parte posterior de la porción membranosa de la cuerda vocal, en una extensión que no supera los 2 mm., que se amplía hacia atrás incluyendo la apófisis vocal del aritenoides y hacia afuera incluyendo el segmento correspondiente del músculo tiroaritenoides.

Aunque realizada de esta manera la técnica se facilita mucho, a nuestro juicio la resección debe respetar el plano epitelial que recubre la apófisis vocal en continuación con el de la porción membranosa de la cuerda. La razón de hacerlo así es que la aproximación del margen interno del epitelio al margen externo de la herida, coaptándolos con un punto de sutura, significa un cierre por primera intención y evita el relleno por fibrosis del espacio creado por la cirugía que suele acompañar a la resección cuando se incluye el epitelio. Cuando el grado de ampliación no es suficiente se puede recurrir a practicar la misma operación en el lado opuesto.

Las ventajas de esta técnica radican sobre el hecho de ser de muy rápida y fácil ejecución, limitar al mínimo la posibilidad de aspiración por la presencia del resto del aritenoides y conservar una buena función vocal cuando el grado de ampliación no se extiende más allá de los límites señalados. Si se amplía incluyendo parte de la mitad posterior de la cuerda vocal membranosa el deterioro vocal es acusado (fig. 10).

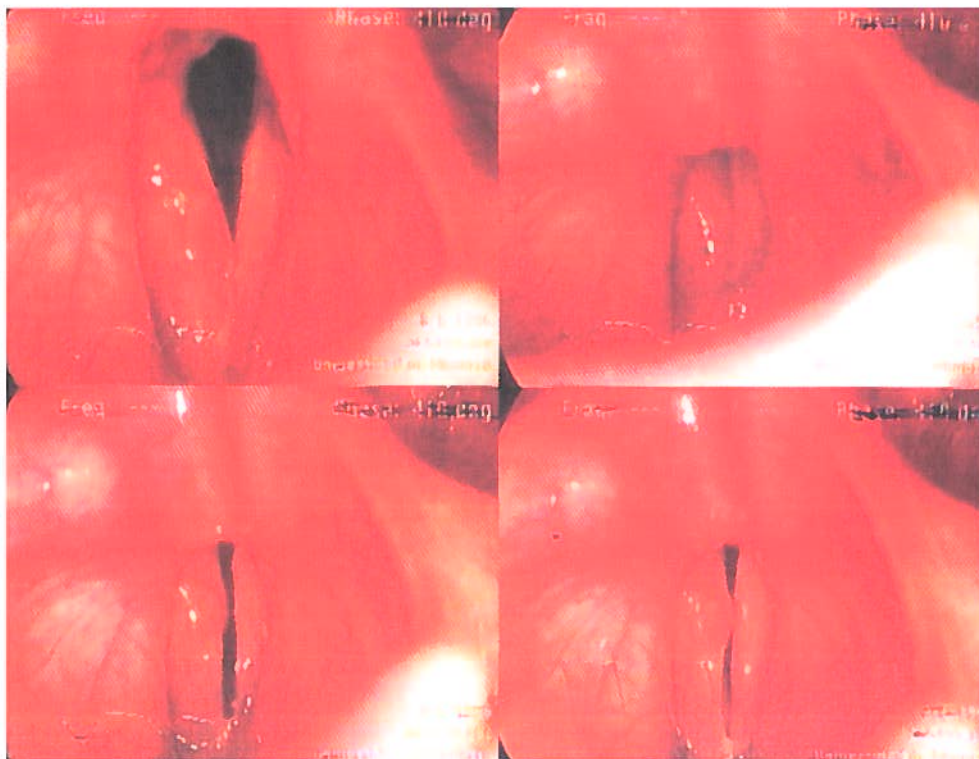


FIG. 9.—Resultado de aritenoidectomía amplia por fijación de aritenoides derecho y fusión interaritenoidea, zona cruenta cubierta con colgajo de rotación. Abducción y aducción. Se observa la amplitud posterior y la oclusión. Resultado fonatorio excelente.

Las complicaciones que hemos observado para las dos técnicas han sido escasas. La más importante es la reducción posterior del espacio respiratorio por retracción cicatricial que requiere de una segunda intervención quirúrgica. En un sólo caso hemos observado un granuloma por reacción de cuerpo extraño ante un punto de nylon que no recidivó una vez extraído éste. En ningún caso hemos apreciado la existencia de aspiración más allá de las cuarenta y ocho primeras horas del postoperatorio.

Luxación aritenoidea

El número de casos de luxación aritenoidea publicados es muy reducido, por lo que se considera muy infrecuente, aunque como señala SATALOFF (1988) puede ser debida su rareza, al hecho de que se reconozca en muy pocas ocasiones.

La subluxación consiste en un desplazamiento del aritenoides que se sitúa en posición anormal pero manteniéndose en contacto parcial con la carilla articular cricoidea, circunstancia que lo diferencia de la dislocación en la que el aritenoides se separa completamente de los límites de la articulación.

En la mayoría de los casos observados se relaciona la subluxación con un trauma directo sobre el aritenoides producido por una intubación forzada.

Aunque la luxación puede tener lugar tanto en dirección anterior como posterior, el desplazamiento

to hacia adelante es el más frecuente debido a que la fuerza que violenta al aritenoides durante la intubación actúa de atrás adelante. La sintomatología inicial es poco evidente, dolor espontáneo o a la deglución, con disfonía no muy intensa, lo que se atribuye a un mínimo trauma por intubación ante el que no se considera necesaria una revisión laringoscópica. Con ello se pierde la posibilidad del diagnóstico precoz que depende de la observación de dos signos característicos: defecto de la movili-

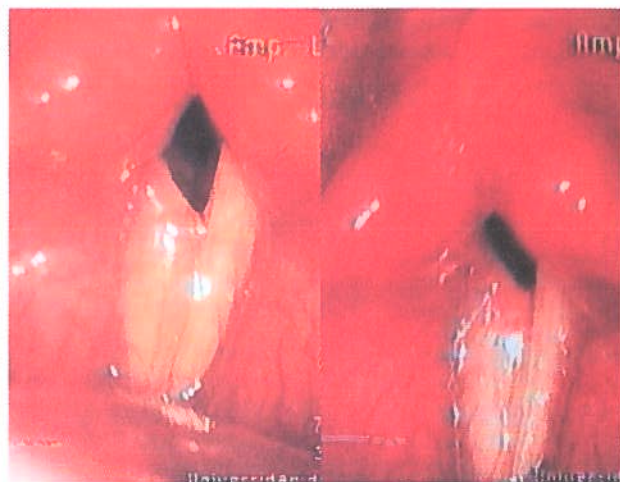


FIG. 10.—Parálisis bilateral en mediana. Cordotomía posterior derecha demasiado amplia. La respiración es muy buena, pero la fonación es ligeramente defectuosa.

dad de una cuerda vocal y edema con posible hematoma de la región aritenoides afecta.

En los casos de subluxación posterior, la apófisis vocal suele situarse ligeramente más alta que la opuesta, haciéndolo en situación más baja cuando la subluxación es anterior. Los movimientos de abducción y adducción pueden ser asimétricos con respecto a los de la otra cuerda o estar ausentes. El diagnóstico diferencial con las parálisis puede ser difícil. El examen visual con luz normal y estroboscópica y el TAC laríngeo hecho por corte fino de 2 mm. son los procedimientos diagnósticos más efectivos.

La reducción quirúrgica es el tratamiento de elección. SATALOFF recomienda en los casos de dislocación posterior la utilización de la espátula laringoscópica de MILLER, que situándola en la cara posteroexterna de la articulación y mediante un apalancamiento en dirección anteromedial repone el aritenoides en situación normal. La reducción de la luxación anterior se realiza con un laringoscopio habitual, de diámetro reducido, situándolo por debajo de la cara interna del aritenoides y aplicando una fuerza de dirección anterior y externa.

TRAUMATISMOS DE LA REGION ANTERIOR DE LA GLOTIS

En nuestra experiencia la intubación prolongada y la cirugía funcional endoscópica sobre la cuerda vocal son las causas más frecuentes, seguidas por los traumatismos externos severos sobre el esqueleto laríngeo que lleven consigo lesiones de partes blandas internas.

Tanto unos como otros producen en esta región alteraciones de las propiedades mecánicas de la cuerda vocal y la reducción de su longitud por sinequias cicatriciales, dependiendo el grado de secuela funcional de la extensión en longitud y profundidad de la lesión.

LESIONES SUPERFICIALES

Las lesiones superficiales de la cuerda vocal pueden dar lugar a la fibrosis del epitelio o la coalescencia cicatricial entre el epitelio y el plano intermedio de la lámina propia, lo que supone la pérdida de las propiedades mecánicas del plano superficial, constituido por el espacio de Reinke, y con ello la ausencia de ondulación. Lesiones más profundas funden entre sí los planos superficiales e intermedio de la lámina propia con el plano profundo y hasta con el músculo vocal. En el primero de los supuestos mencionados la lesión puede afectar a un área limitada del epitelio y generar una ausencia de ondulación focal o afectar a una gran porción o a toda la longitud de la banda ondulante, lo que supone una pérdida casi total o total de esa propiedad mecánica.

La lesión localizada suele ser consecuencia de la exéresis de una placa de queratosis o de la exéresis inadecuada de nódulos y pólipos. La decorticación es la causa más frecuente de la ausencia global de ondulación. Cuando la pérdida de ondulación afecta a ambas cuerdas vocales el deterioro de la voz es muy importante.

Si la pérdida de ondulación, tanto circunscrita como global, afecta a una sola cuerda, siendo la otra funcionalmente normal, el deterioro vocal es de menor grado siempre que el borde de la cuerda afecta sea rectilíneo y permita la oclusión completa de la glotis. Bajo estas circunstancias es un solo oscilador el que trabaja sin que se asocien por parte de la cuerda afecta irregularidades del borde libre que lleven consigo la generación de turbulencias.

Tratamiento

Nuestra experiencia con este tipo de lesiones nos lleva a indicar la inhibición terapéutica quirúrgica sobre el área de la lesión, limitándonos en lo que al tratamiento se refiere a la rehabilitación logopédica encaminada a evitar la hiperfunción. En líneas generales mejoran con el tiempo de forma notable.

Cuando la irregularidad se suma al defecto o ausencia de ondulación en grado tal que no nos permite suponer una corrección natural con el paso del tiempo, el procedimiento más eficaz es la regularización quirúrgica del borde libre de la cuerda vocal afecta. En casos en los que observamos el defecto muy próximo en el tiempo a la exéresis o traumatismo, lo cual es muy infrecuente salvo en el caso que sea nuestro, la inyección subepitelial de corticoides es aconsejable con objeto de reducir la fibrosis.

Las lesiones unilaterales que afectan en profundidad a los tres planos superficiales y al músculo si se acompañan de irregularidad manifiesta del borde libre los tratamos mediante la resección con láser CO₂ de todo el borde libre de la cuerda vocal, lo cual genera una cicatrización lineal y muy frecuentemente un aumento de volumen, con lo que se obtiene la oclusión y una mejoría importante de la voz.

En el momento actual el tratamiento lógico que es la cobertura de la cuerda vocal cicatricial por mucosa ondulante no está conseguido. Quizá el futuro nos traerá técnicas que hagan posible el desideratum que es la reproducción de las propiedades mecánicas normales del espacio de Reinke y con ello la ondulación de la mucosa.

SINEQUIAS

Las sinequias o unión entre sí de partes próximas constituyen un capítulo aparte debido a la al-

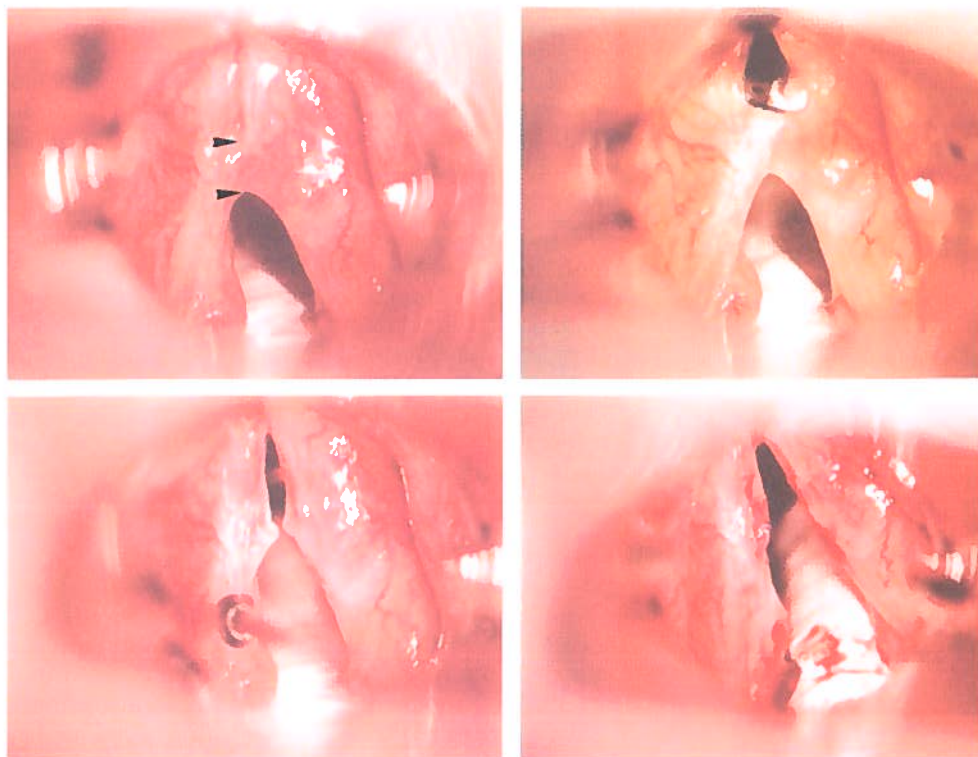


FIG. 11.—*Laringoscopia directa y exéresis de sinequia de centro de porción vibrátil. Secuela de tratamiento quirúrgico de edema de Reinke bilateral. Recibido con diagnóstico de sinequia de comisura anterior. Se comprobó por estroboscopia la ausencia de fusión del segmento anterior de cuerdas vocales. Configuración por dilatación con pinza recta de la extensión de la cirugía. Abajo izquierda: excisión con tijera de la sinequia. Abajo derecha: microflap sobre cuerda izquierda y exéresis de pólipo posterior izquierdo. Normalización de la voz.*

teración funcional que producen y a la dificultad de su tratamiento.

La más común es la de la comisura anterior, que puede presentarse de forma aislada o en combinación con una sinequia de apófisis vocales. La sinequia del centro de la cuerda vocal es muy infrecuente y su pronóstico bueno cuando no es extensa (fig. 11). La disfunción que generan las sinequias intercordales dependen del grado de extensión de la zona afectada. Cuando es amplia, la voz se agudiza por el acortamiento de la longitud de la cuerda vocal y de su porción ondulante, acompañándose generalmente de fatiga vocal e hiperfunción. Cuando es reducida la secuela funcional suele ser menor y en algunos casos inapreciable.

Tratamiento

Las formas de tratamiento propuestas para la sinequia de comisura son muy numerosas, lo que da la medida de los pobres resultados que se obtienen en general. La aplicación de un tipo de abordaje u otro depende de su extensión y distribución.

Las sinequias simples, que unen ambos bordes libres de las cuerdas vocales sin extenderse a la subglotis, son tributarias de cirugía endoscópica en la mayoría de los casos. Cuando la fusión cicatricial engloba tanto la comisura anterior de las cuerdas vocales como la subglotis el abordaje clásicamente

aconsejado es la vía externa mediante laringofisura, lo que facilita el injerto de mucosa y la colocación de un separador en la comisura anterior.

Técnica quirúrgica

Actualmente para nosotros la utilización del láser CO₂ por vía endoscópica es el procedimiento de elección para el tratamiento de la mayoría de las sinequias, incluso el de aquellas que se extienden hasta la vertiente inferior de las cuerdas vocales. Para evitar la readhesión entre las superficies cruentas producidas por la exéresis seguimos tres tipos de procedimientos diferentes:

El procedimiento clásico de resección y colocación de un separador para evitar la reproducción de la sinequia lo realizamos también mediante vía endoscópica y láser de CO₂ para la resección. Si el paciente no está traqueotomizado se sigue el procedimiento habitual para la microcirugía laríngea empleando un tubo de diámetro reducido que se sitúa en comisura posterior, lo cual deja libre la región intermembranosa y región anterior de la subglotis para poder realizar tanto la exéresis como la colocación del separador.

El separador que empleamos es de dos tipos. El destinado a ser situado solamente entre ambas cuerdas vocales consta de una lámina de silicona rectangular de 25 × 18 mm. de lado y 0,5 mm. de

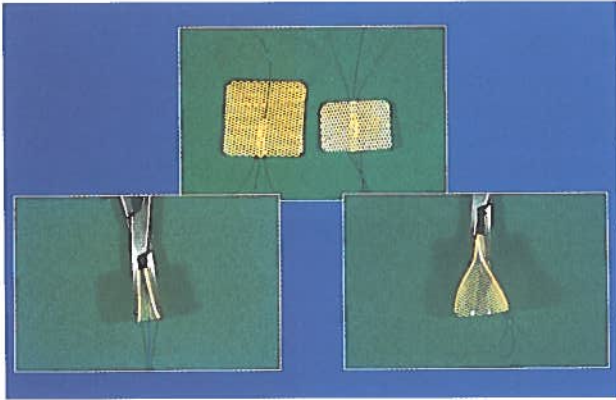


FIG. 12. — Separadores de silicona.

espesor y un tubo del mismo material de 2 mm. de diámetro externo que se sueldan entre sí mediante pegamento de silicona de grado médico. El destinado a la región intercordal y subglotis está configurado por una lámina del mismo tipo de material de forma cuadrangular y 25×25 mm. de lado. La diferencia con el anterior radica en que el tubo de silicona es más corto que la longitud craneocaudal de la lámina, lo que facilita su adaptación a la forma circular de la subglotis (fig. 12).

Para su colocación se pasan dos agujas de inyección desde fuera que atraviesan piel y tejido celular, así como cartílago tiroides y membrana crico-tiroidea, respectivamente. La aguja superior se sitúa sobre el nivel de la vertiente superior de la glotis, quedando la inferior por debajo de la vertiente inferior de las cuerdas vocales. Una vez situadas en el lugar deseado, se pasa por cada luz un hilo de nilón de dos ceros cuyos extremos se prenden con una pinza exteriorizándolos a través del tubo de laringoscopia. Una vez fuera los dos hilos se enhebra la prótesis a través del tubo de silicona, se anudan los dos extremos, se introduce la prótesis y se sitúa con la ayuda de una pinza y se hace correr desde fuera el hilo hasta que aparece el nudo que las une en el exterior, quedando longitud de hilo suficiente como para utilizar uno solo de ellos para fijar externamente la prótesis y graduar la presión de ésta contra la pared cartilaginosa de la comisura anterior (fig. 13).

Como todos los dilatadores produce tejido de granulación, por lo que no se debe mantener durante más allá de tres a cuatro semanas y bajo protección antibiótica.

El segundo procedimiento, propuesto por McGuirt (1984), lo utilizamos en los casos de membranas amplias en las que se definen perfectamente los bordes de las cuerdas vocales y son de espesor reducido.

La técnica consiste en la disección de un colgajo epitelial basado en una de las dos cuerdas que se

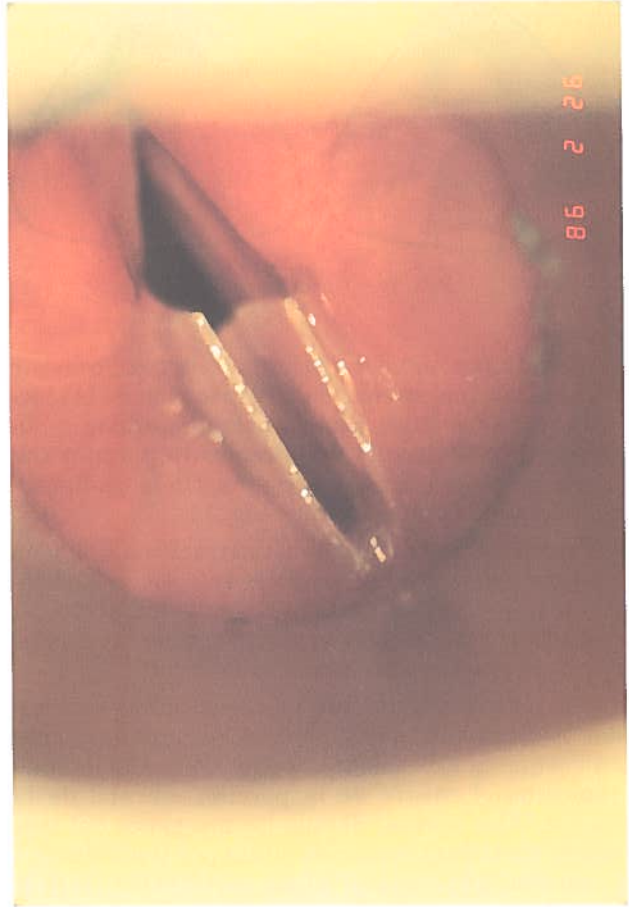


FIG. 13. — Separador in situ.

diseca mediante la realización de una incisión con láser CO_2 a baja potencia que discurre desde la comisura anterior, por la parte más interna posible de la cara ventricular de la cuerda, incurvándose hacia la línea media al llegar a la altura del margen posterior de la sinequia, continuándose paralela a éste hasta alcanzar el borde libre de la otra cuerda. Definidos los márgenes se procede a la elevación del colgajo mediante láser CO_2 en el que sólo se incluye mucosa. Una vez disecado se procede a la resección de todo el tejido conjuntivo que forma la sinequia hasta formar la configuración deseada. Obtenida ésta se recubre el borde cruento de la cuerda vocal en la que se basa el colgajo mediante la adaptación del fragmento mucoso, lo que elimina una de las superficies cruentas evitando la fusión cicatricial.

Esta técnica no es fácil de realizar, sobre todo en los casos en los que la situación del borde libre de la cuerda no se intuye, y es ineficaz cuando la superficie del colgajo mucoso es reducida y espesa la sinequia.

El tercer procedimiento, del que no tenemos referencia bibliográfica, pero nos consta que ha sido

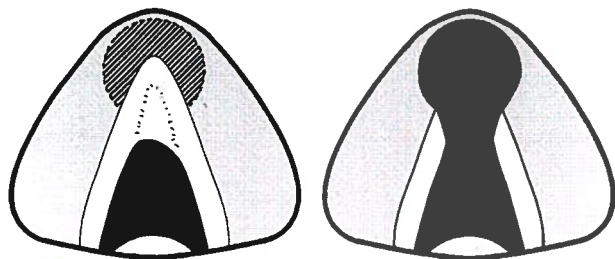


FIG. 14.—Ojo de cerradura.

propuesto por alguien distinto a nosotros, consiste en realizar una extensión de la resección de la sinequia hacia los lados y hacia delante en toda la dimensión craneocaudal de la comisura anterior con objeto de generar un área cruenta con la configuración del ojo de una cerradura (fig. 14).

Esto hace posible que la cicatrización de la zona cruenta anterior muy amplia se retrase en el tiempo en su progresión hacia la línea media, lo que facilita la cicatrización y epitelización de los bordes libres en prácticamente toda su longitud.

Con este procedimiento hemos obtenido resultados francamente satisfactorios en aquellos casos en los que la extensión posterior de la sinequia no superaba el centro de la porción vibrátil de la cuerda. Aun a pesar de que los márgenes del segmento tratado estén constituidos por tejido fibroso y mucosa adherida al plano conjuntivo, la frecuencia fundamental se mantiene dentro de un rango eficaz con un jitter dentro de la normalidad (figs. 15 y 16).

La patología cicatricial de la región glótica posterior y anterior siempre es de difícil tratamiento y los resultados de éste, sea cual sea el procedimiento empleado, están en la mayoría de los ca-

sos lejos de lo que podríamos considerar como perfectos.

Las alteraciones de la región posterior de la glotis nos obligan a escoger entre una función respiratoria adecuada y una fonación normal. Las alteraciones de la región anterior deterioran la voz de forma importante, siendo muy difícil normalizar las propiedades físicas de la cuerda vocal. Son circunstancias a las que la frase de «más vale prevenir que curar» se adapta a la perfección. Es sobre este aspecto sobre el que es necesario insistir. Se debe evitar la intubación prolongada, los tubos deben ser de tamaño adecuado y los cuidados propios de esta situación deben ser asiduos. La revisión por el otorrinolaringólogo debe ser inmediata a la desintubación, pues ese es el momento en el que puede alterarse el curso tórpido de una lesión que se encuentra en su primera fase. La limpieza quirúrgica de la herida, el desbridamiento y la adaptación de mucosa sana sobre la zona cruenta puede evitar la lesión funcional definitiva.

Los procedimientos quirúrgicos sobre la cuerda vocal deben ser realizados con un conocimiento amplio de la fisiología de la cuerda vocal. El respeto por esa pequeña banda del tejido ondulante del borde libre de la cuerda vocal debe ser máximo. La decorticación como forma de tratamiento del edema de Reinke ha pasado a la historia. La biopsia de áreas sospechosas debe realizarse de forma extremadamente precisa, limitando la exéresis a aquellas zonas macroscópicamente patológicas y siempre mediante la técnica de disección subepitelial. La comisura anterior ha de respetarse en el sentido de evitar la lesión de ambos lados simultáneamente.

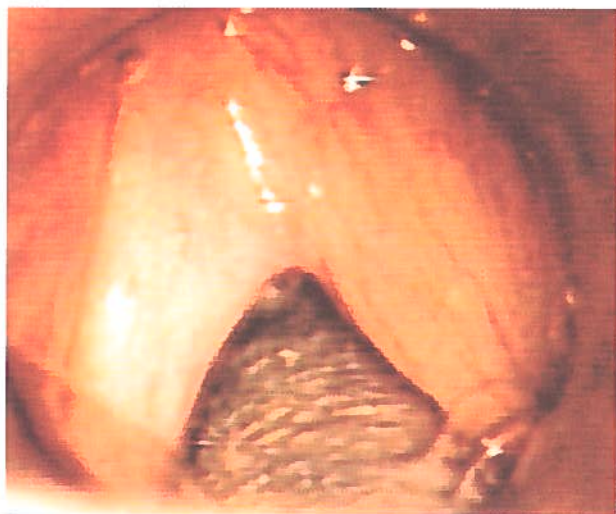


FIG. 15.—Sinequia yatrógena postcirugía de edema de Reinke bilateral.

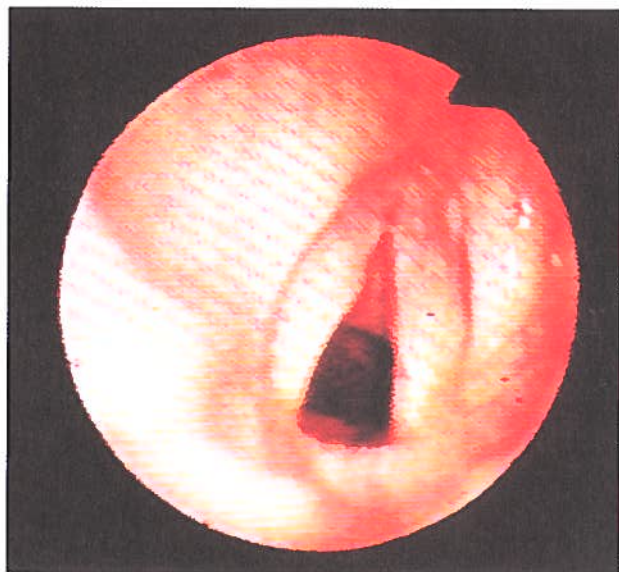


FIG. 16.—Resultado postoperatorio.

BIBLIOGRAFIA

- DENNIS, D. P., y KASHIMA, H.: «Carbon dioxide laser posterior cordectomy for treatment of bilateral vocal cord paralysis». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1989; 98: 930-934.
- DEDO, H. H.: «Endoscopic laser repair of posterior glottic, subglottic and trach-al stenosis by division of micro-trapdoor flap». *Laryngoscope*, 1984; 94: 445-450.
- SATALOFF, R. T.; FELDMAN, M.; DARBY, K. S.; CARROLL, L. M.; SPIEGEL, J. R., y SCHIEBEL, B.: «Arytenoid dislocation». *J. Voice*, 1988: 368-377.
- MCGUIRT, W. F.; SALMON, J.; BLALOCK, D., y WINSTON-SALEM, N. C.: «Normal speech for patients with laryngeal webs: An achievable goal». *Laryngoscope*, 1984; 94: 1176-1179.

TRATAMIENTO DE LA PATOLOGIA DE LA VOZ

FonOMICROCIRUGÍA

I. COBETA MARCO, A. MICO MARTIN y A. VEGAS MIGUEL

FONOCIRUGIA

El término fonocirugía fue introducido por VON LEDEN y ARNOLD (VON LEDEN, 1971) a finales de los años sesenta; actualmente podemos considerar como fonocirugía todas aquellas actuaciones quirúrgicas sobre patología no oncológica que tienen como objetivo modificar, mejorar o restaurar la emisión vocal (FORD, 1991).

La fonocirugía es una parte de la otorrinolaringología que no es nueva; desde el principio de la especialidad hemos actuado para mejorar la emisión vocal. Podemos considerar nuevo el mejor conocimiento de la anatomía y la fisiología de las estructuras que tratamos, el interpretar más adecuadamente la fisiopatología de las lesiones que asientan en ellas y el disponer de medios para que los diagnósticos sean más exactos. La fonocirugía es el resultado de un avance global de los conocimientos médicos y técnicos que han tenido lugar de forma concentrada en el tiempo.

La fonocirugía la dividimos en fonomicrocirugía (FMC) o microcirugía instrumental y cirugía del esqueleto laríngeo (CEL), que incluye las tiropplastias. MARC BOUCHAYER (1991), en Lyon, ha sido el gran impulsor de la FMC tal como ahora la entendemos, y NOBUHIKO ISSHIKI (1989), en Kyoto, quien ha desarrollado todas las técnicas de la CEL; a ellos les debemos el tributo de nuestro reconocimiento.

PRINCIPIOS BASICOS DE LA FONOMICROCIRUGIA

La FMC se basa en un perfecto conocimiento de la anatomía y la fisiología de la glotis y de la fisiopatología de las lesiones que asentando en ella vamos a tratar. En esta cirugía es muy válido el principio hipocrático de *primum non nocere*. COUREY (1995) al hablar del tratamiento quirúrgico de las lesiones vocales benignas dice: «Así como a nadie se le ocurriría tratar una fractura de tobillo cortando el pie, tampoco se deben tratar las lesiones vocales benignas con extirpaciones excesivas.» Por nuestra parte creemos que de la misma forma que nadie trataría una lesión benigna del párpado co-

giéndola con una pinza y arrancándola, tampoco las lesiones de las cuerdas vocales se deben tratar de forma imprecisa y agresiva. Tenemos que cambiar nuestro concepto y pensar que además de extirpar las lesiones debemos hacerlo sin dañar la anatomía, tratando de recuperar la fisiología glótica.

Al extirpar las lesiones benignas de las cuerdas (nódulos, pólipos, edemas de Reinke, quistes submucosos o de retención y sulcus vocalis, fundamentalmente) debemos mantenernos siempre en la mucosa o en el espacio submucoso o, lo que es lo mismo, en la lámina propia intermedia o espacio de Reinke.

Para esta cirugía y para este tipo de lesiones es imprescindible no lesionar el ligamento vocal: la interrupción del ligamento puede dar lugar a adherencias de la mucosa con la zona lesionada, con lo que la vibración del epitelio y la progresión de la onda mucosa se interrumpen en ese punto. Debemos recordar que la disfonía se produce por uno o dos de estos hechos:

- Falta de vibración del epitelio.
- Existencia de un defecto de cierre glótico que dé lugar a aire turbulento no eficaz.

La extirpación debe hacerse quitando sólo la mucosa imprescindible: cuanto más mucosa quitemos mayor probabilidad habrá de producir una retracción cicatricial. Por regla general debemos pensar que si una lesión glótica de implantación sésil ocupa más de un tercio de la porción membranosa de la cuerda deberemos hacer un pequeño colgajo de base superior para que cubra, como una tapa, la zona denudada del borde libre glótico.

Estas técnicas nos van a permitir actuar en las dos cuerdas de un mismo tiempo quirúrgico, pues la mayoría de las manipulaciones son en el espacio subcutáneo, e incluso si son en el borde libre tampoco importa siempre y cuando respetemos 3 mm. de comisura anterior con el fin de evitar sinequias iatrógenas; recordemos que la porción membranosa de las cuerdas tienen unos 15 mm.

PREPARACION PARA LA CIRUGIA

Esta cirugía, de todos conocida, la realizamos bajo anestesia general; el tubo endotraqueal debe ser

el de menor diámetro posible para que el paciente tenga una correcta ventilación: hasta el número 6,5 en los hombres, hasta el 6 en las mujeres y hasta el 5 en los niños (mayores de diez años). El anestesista debe saber que los tiempos quirúrgicos serán un poco mayores que los que habitualmente empleamos para estas lesiones; también debemos sugerirle una adecuada relajación y que al despertarse el paciente no tosa.

El microscopio quirúrgico debe tener un objetivo con una distancia focal de 350-400 mm. para que quepan bien los instrumentos por el laringoscopio sin tropezarse. Antes de empezar la operación debemos asegurarnos que vemos bien las cuerdas con ambos oculares para tener visión estereoscópica (sensación de profundidad).

El laringoscopio que empleemos debe ser el mayor posible que nos permita tener una visión correcta por ambos ojos. Para introducir el laringoscopio el paciente debe estar bien relajado; una vez introducido debemos asegurarnos que el vestíbulo laríngeo no está blanquecino por la presión del laringo, lo que indicaría que es demasiado grande. En ocasiones es difícil, y de eso todos tenemos experiencia, poder ver la glotis completa, incluida la comisura anterior. Está muy difundida la creencia de que extendiendo mucho el cuello se ve mejor la comisura anterior, pero eso es erróneo: es mejor elevar un poco el cabecal del resto de la mesa y flexionar ligeramente la cabeza después. También es de bastante ayuda poner un esparadrapo de seda ancho sobre la laringe del paciente, pegado a un lado y a otro del cabecal, comprimiendo anteriormente la laringe de forma estable para ver mejor la comisura: esto evita que un ayudante esté presionando.

Es recomendable trabajar con los brazos apoyados en una mesa de Mayo colocada a la altura de los ojos del paciente con el fin de disminuir al máximo los movimientos no quirúrgicos (fig. 1).

MANIPULACIONES BASICAS

Siempre deberemos actuar de manera delicada y precisa, evitando la fuerza y los movimientos bruscos, especialmente al hacer la presa en la mucosa y al disecar submucosamente junto al ligamento vocal. Dado que el campo que ofrece el laringoscopio es pequeño, debemos aprender a utilizar las dos manos para no cruzarlas.

Las pequeñas hemorragias impedirán ver el campo, por lo que trataremos de controlarlas con alguno de estos procedimientos:

- Compresión suave con un mínimo algodón embebido en adrenalina al 1/10.000.
- Cauterización aplicada con un microcauterio especialmente diseñado para coagulación

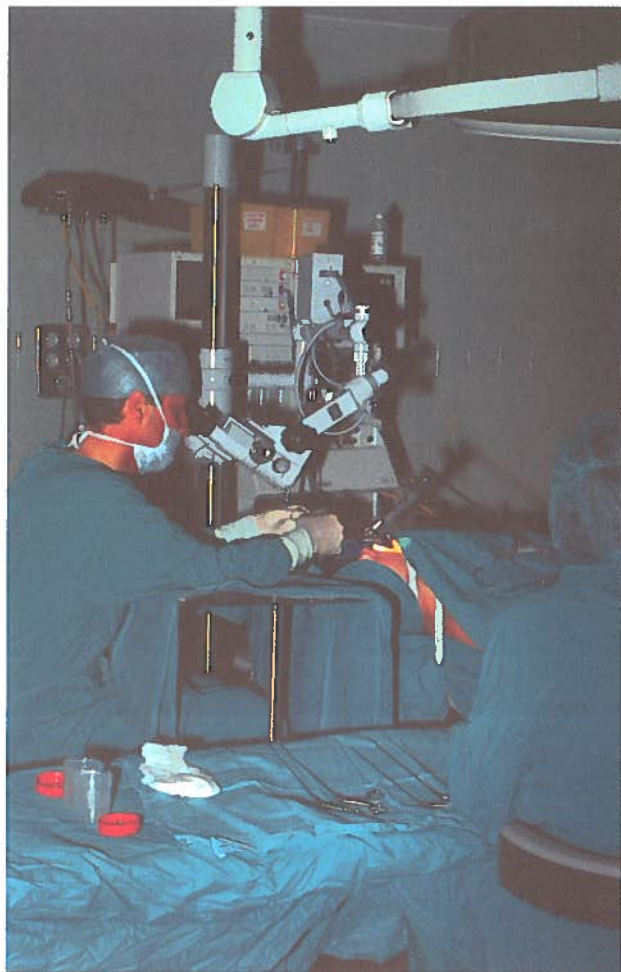


FIG. 1.—Disposición del quirófano para la fonOMICROCIRUGÍA.

monopolar. La idea de la cauterización puede producir rechazo por doble motivo: por el mítico peligro de una deflagración gaseosa laringotraqueal y por miedo a producir iatrogenia por cauterización submucosa. Ninguna de las dos cosas sucede: la mezcla de gases que se emplea no es deflagrante, pero además podemos asegurar que el balón endotraqueal sella bien la tráquea. Para no cauterizar en exceso la mucosa debemos empezar cauterizando con una intensidad de 2 mAp e ir subiendo si fuese necesario; habitualmente se utilizan 3,5 mAp. La mucosa tiene un grosor aproximado de 1,1-1,2 mm. y con esa potencia, sin pinchar la mucosa, sólo apoyando el cauterio, nunca llegaremos al ligamento. La cauterización la empleamos más que para cohibir la hemorragia para prevenirla, quitando el aporte sanguíneo a la zona que vamos a incidir. También la utilizamos para evitar la recidiva de los pólipos y para tratar las hemorragias submucosas de repetición en los cantantes.



FIG. 2.—Micropinzas de cocodrilo a la derecha y a la izquierda.

La enfermera debe darnos los instrumentos de tal forma que no quitemos la vista del microscopio.

En aquellas lesiones que han exigido una gran manipulación, en especial cuando se ha hecho una cordotomía, aplicaremos corticoides intracordalmente. La inyección debe ser de 0,7 c.c., aproximadamente, de Urbasón® 40 mg. en la parte profunda y lateral del músculo tiroaritenodeo, de forma que apenas arquee la cuerda.

La primera revisión la podemos hacer a la semana de la intervención. El postoperatorio de estos pacientes no requiere cuidados especiales: deben guardar reposo vocal absoluto durante veinticuatro horas y reposo vocal relativo (hablar pocas frases cortas para una sola persona en ambiente silencioso) durante cuarenta y ocho horas más. Cuando nos hayamos acercado a la comisura anterior debemos indicar reposo vocal absoluto setenta y dos horas, haciendo varias inspiraciones forzadas y rápidas cada hora. Cuando las manipulaciones han sido mínimas la recuperación es muy rápida: buena vibración, buena onda mucosa y superficie de contacto completa. Cuanto más profesional sea el uso de la voz más tardará en alcanzar su máximo rendimiento: los cantantes tardan seis semanas en tener el mismo rango vocal que antes de aparecer la clínica.



FIG. 3.—Pinzas triangulares a la derecha y a la izquierda.

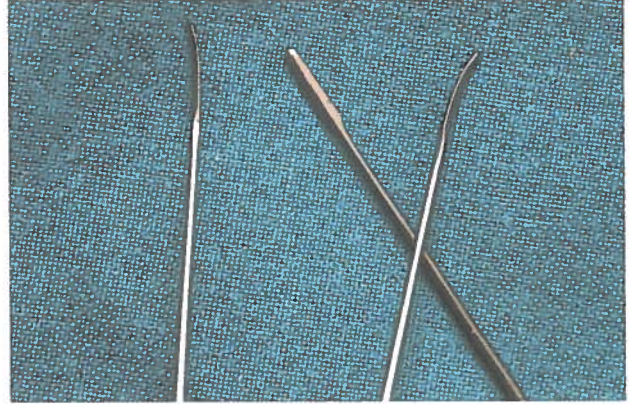


FIG. 4.—Disectores a la derecha, a la izquierda y recto.

INSTRUMENTAL

Es imprescindible que el instrumental que empleemos esté en perfectas condiciones, para lo cual sugerimos que haya una caja de FMC, independiente de otra con la que también hagamos biopsias. Las piezas deben estar inmovilizadas dentro de las cajas para que no se golpeen y no se despunten, cosa que a los bisturíes (lanceolado y de hoz) los hace inútiles.

Es preferible disponer de pocos instrumentos, pero muy útiles, para las técnicas que describiremos. Los instrumentos que consideramos imprescindibles son:

- Micropinzas curvas (de cocodrilo) a la derecha y a la izquierda (fig. 2).
- Pinzas triangulares a la derecha y a la izquierda (fig. 3).
- Disectores a la derecha y a la izquierda (fig. 4).
- Microtijeras a la derecha y a la izquierda.
- Cauterio monopolar (fig. 5).
- Bisturí lanceolado (fig. 6).
- Aspirador (fig. 7).

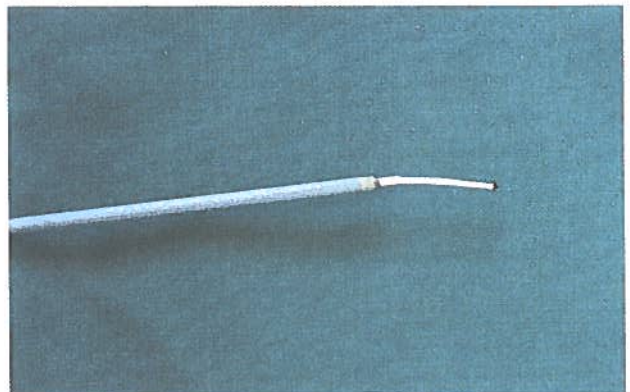


FIG. 5.—Cauterio monopolar con terminación en bayoneta.

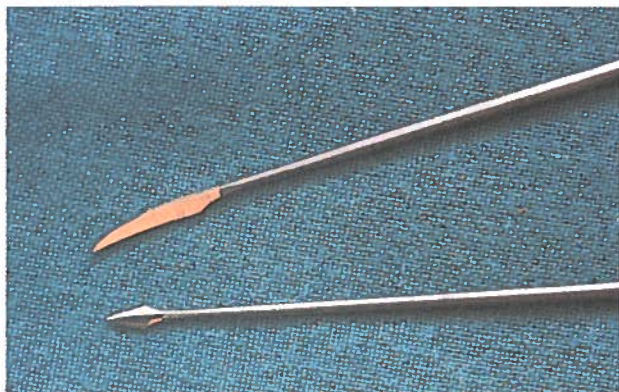


FIG. 6.—Bisturíes de hoz y lanceolado.

- Aguja de bayoneta para inyección intracordal del número 11 (fig. 8).

También pueden ser necesarios los siguientes instrumentos:

- Pinzas de cazoleta a la derecha y a la izquierda.
- Pinzas rectas.
- Bisturí de hoz.
- Separador de comisura anterior.
- Microtijeras rectas.
- Microtijeras hacia arriba.

TECNICAS BASICAS

Sección a ras

La sección a ras o sección a nivel consiste en la extirpación de las lesiones que asientan en el borde libre de las cuerdas vocales, igualando la zona extirpada con la mucosa sana anterior y posterior. Esta técnica es para extirpar lesiones que no estén incluidas parcial o totalmente en el espesor de la cuerda, sino que sobresalgan del borde libre.

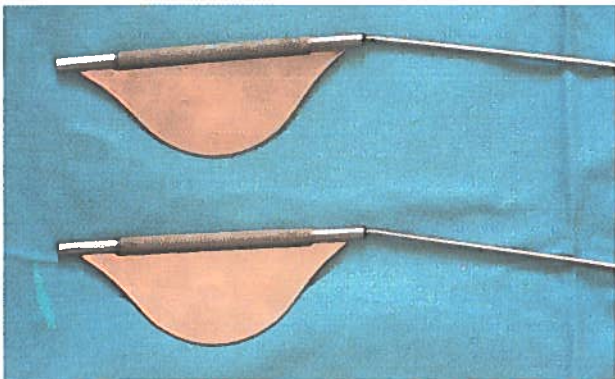


FIG. 7.—Mangos de aspirador.



FIG. 8.—Aguja de bayoneta para inyección intracordal del número 11.

La sección a ras debe implicar:

- Extirpación completa de la lesión.
- No penetrar en el ligamento vocal.
- No dejar indentaciones en el borde libre de la cuerda.

Para realizar adecuadamente esta técnica hay que contar con:

- Conocimiento anatomofisiológico.
- Diagnóstico correcto.
- Material necesario.

Para extirpar completamente la lesión es necesario un diagnóstico correcto; el diagnóstico se hace con más seguridad si entre las exploraciones preoperatorias disponemos de estroboscopia. En alguna ocasión durante la cirugía y tras ver y palpar la cuerda con las micropinzas podemos darnos cuenta de un diagnóstico erróneo y cambiar la indicación quirúrgica. Esto ocurre sobre todo en lesiones que hemos pensado que eran engrosamientos de la cuerda, como una lesión nodular, y ha resultado ser o un pequeño edema o un quiste submucoso: en el primer caso sería correcta la sección a ras, pero con los otros diagnósticos habría que hacer una cordotomía.

Para no penetrar en el ligamento vocal y en mayor medida para no dejar indentaciones debemos tener buen conocimiento anatómico y buen instrumental. El instrumental más útil son las pinzas triangulares (derecha e izquierda). Estas pinzas nos permiten sujetar la lesión a ras de la mucosa normal y cortar junto a la pinza, con lo que nos aseguramos una buena alineación con el resto de la mucosa. La lesión se puede cortar con microtijeras o con bisturí de hoz.

Si no se dispone de pinzas triangulares se puede correr el riesgo de estirar excesivamente de la lesión y hacer una «tienda de campaña», con lo que al cortar por lo que nosotros creemos que es la base

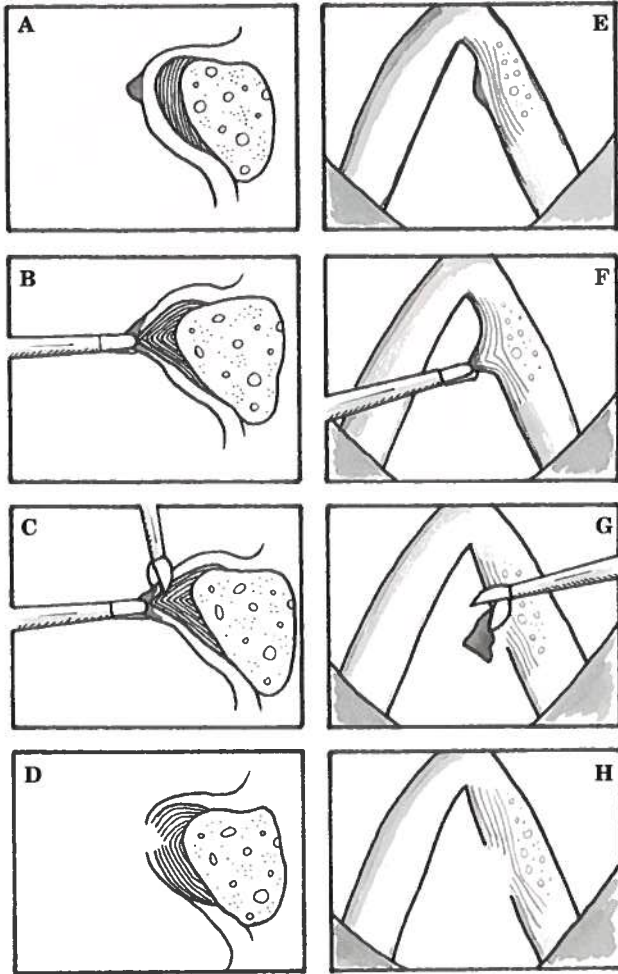


FIG. 9.—Mecanismo por el que se puede producir una lesión iatrógena irreversible al estirar excesivamente la cuerda.

de la lesión podemos estar cortando por el espacio submucoso o por el propio ligamento (fig. 9). Las pinzas triangulares permiten también un corte

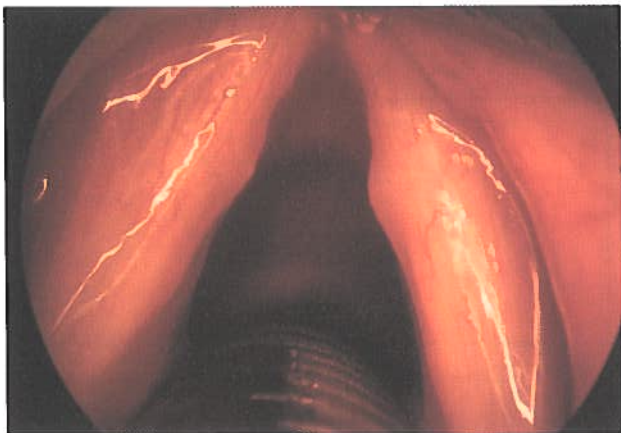


FIG. 10.—Nódulo vocal derecho con una zona reactiva en el lado izquierdo.

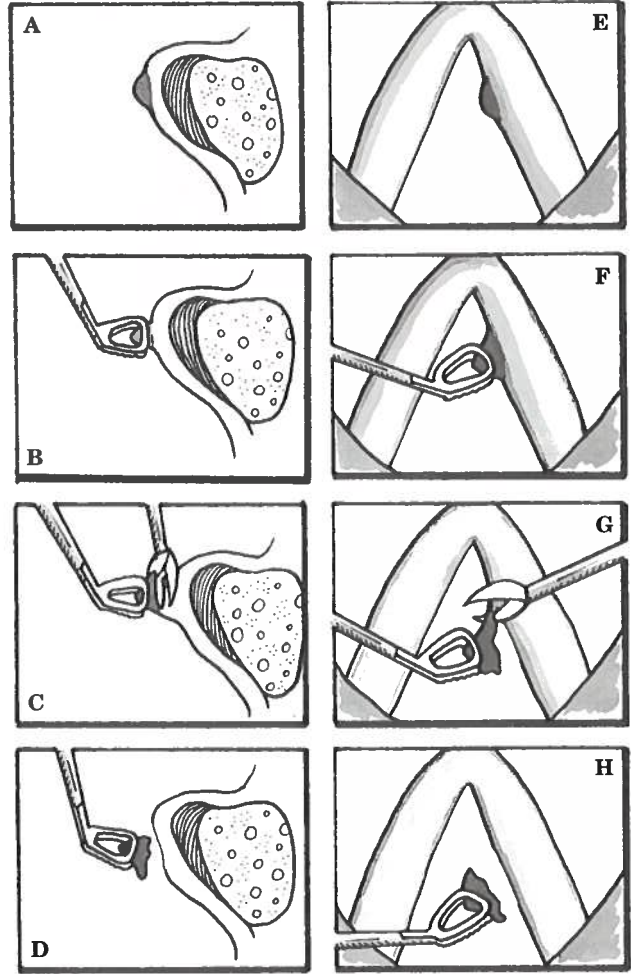


FIG. 11.—Extirpación nodular. Representación esquemática de la extirpación de un nódulo vista de forma transversal (A-D) y su correspondiente visión superior (E-H).

más recto. Siempre es preferible cortar la mucosa que arrancarla; cuando pretendamos hacer los ajustes finales de la extirpación, en donde no cabe utilizar las microtijeras, podemos hacer mínimos y controlados arrancamientos en dirección contraria al punto de amarre para evitar sacar tiras de mucosa.

La mayoría de las veces las lesiones nodulares son simétricas, pero en el caso de que en un lado haya lesión y en el otro sólo inflamación reactiva creemos que es más práctico extirpar la lesión reactiva en el mismo acto quirúrgico. Conviene recordar nuevamente que no hay problema en hacer los dos lados siempre que queden 2-3 mm. de mucosa íntegra en la comisura anterior.

Como maniobra final de la sección a ras debemos pasar un mínimo algodón con adrenalina por la zona cruenta para hacer hemostasia y sobre todo para ver si la mucosa queda perfectamente alineada y hacer leves retoques si fuese necesario.

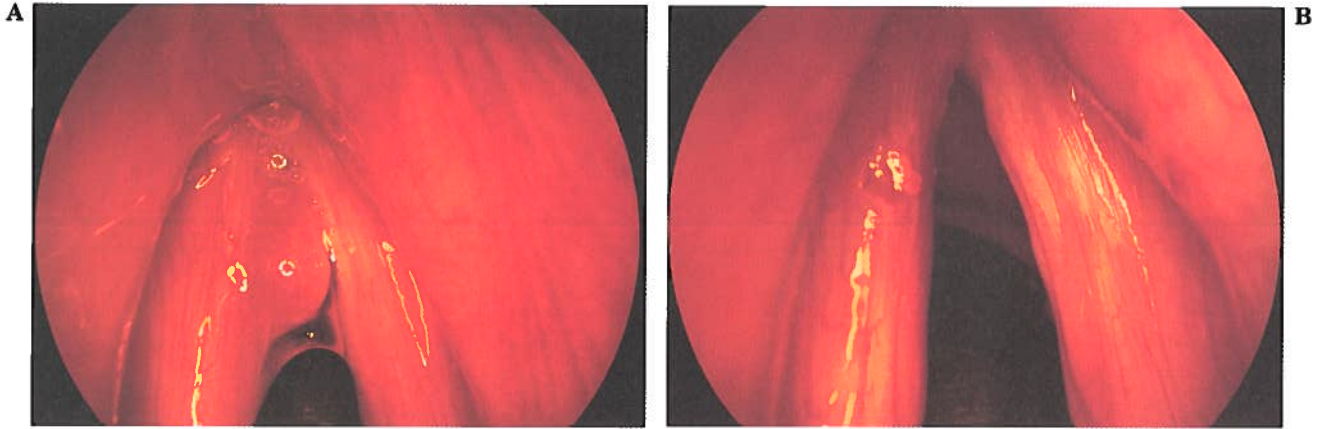


FIG. 12.—A: Pólipo vocal. B: Visión postquirúrgica, en donde además se aprecia un sulcus, probablemente de tipo 1, en la CV derecha.

Lesiones extirpables

Nódulos

Los nódulos, como se ha descrito, corresponden a engrosamientos de la mucosa en la zona media de

la porción membranosa de ambas cuerdas vocales (fig. 10). Tradicionalmente se habla de nódulos fi-

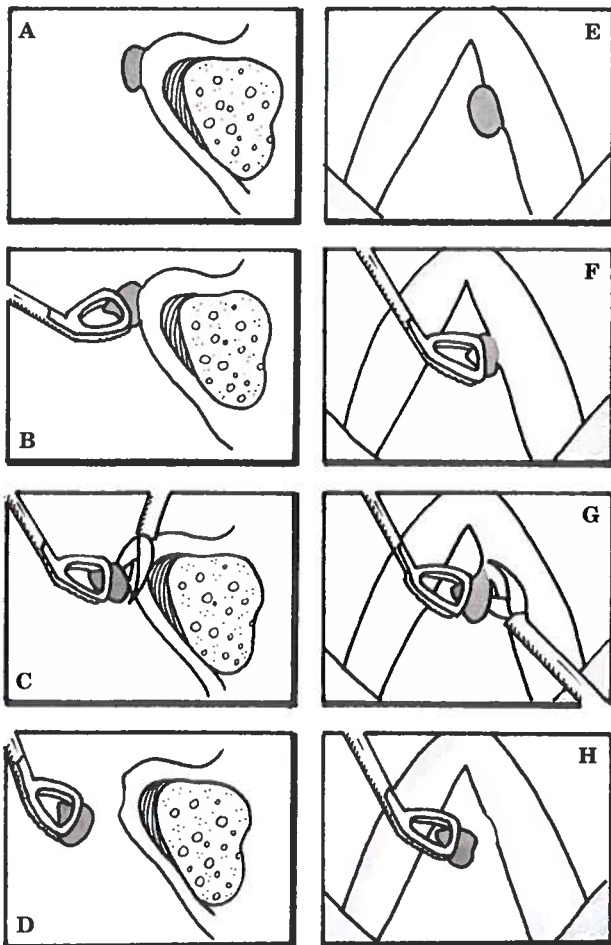


FIG. 13.—Extirpación de un pólipo pediculado. Representación esquemática de la extirpación de un pólipo vista de forma transversal (A-D) y su correspondiente visión superior (E-H).

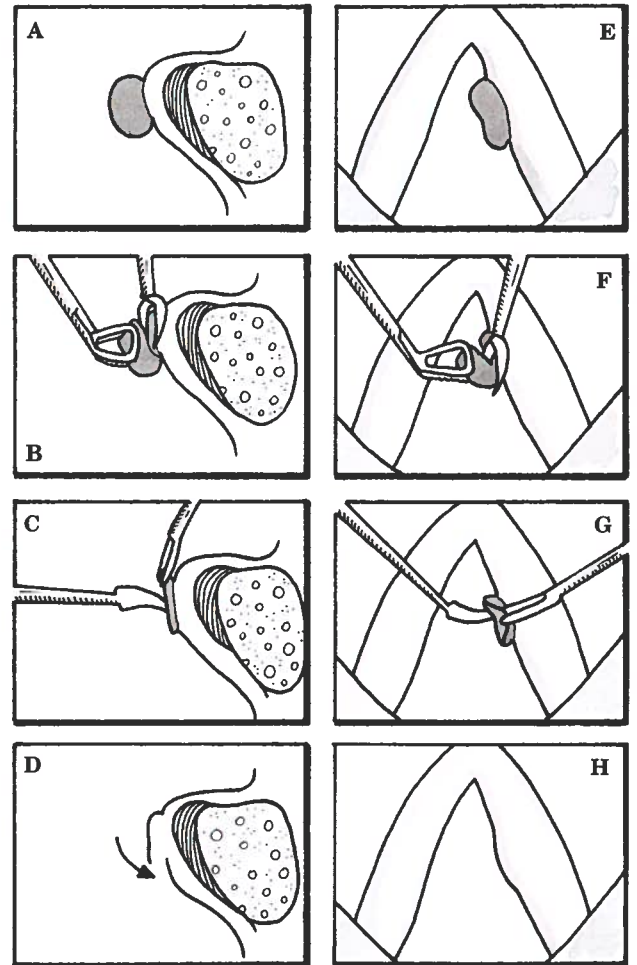


FIG. 14.—Extirpación de un pólipo sésil. Representación esquemática de la extirpación de un pólipo sésil vista de forma transversal (A-D) y su correspondiente visión superior (E-H). Cuando el pólipo es muy alargado se debe conservar un mínimo colgajo superior con el que cubriremos la zona cruenta para evitar retracciones.

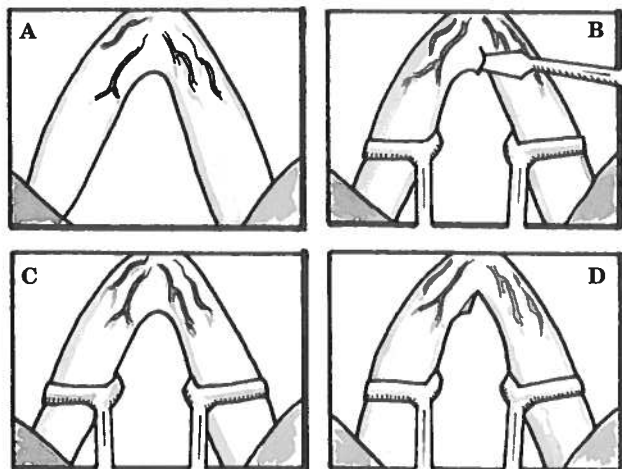


FIG. 15.—*Microsinequia anterior con un área rica en vasos. Las cuerdas se separan con un retractor de cuerdas y se hace una mínima incisión anterior no central lateralizada.*

brozos y nódulos serosos (duros y blandos), correspondiendo el primero, el nódulo verdadero, a engrosamiento de la mucosa a expensas de su porción más

superficial con un corion edematoso o fibroso, pero sin células inflamatorias; el nódulo seroso muestra un corion muy edematoso, con una mucosa adelgazada y con el aspecto de contenido seroso. El debate sigue siendo si los nódulos serosos son la fase inicial de los nódulos fibrosos o son dos entidades diferentes.

Se ha discutido mucho si el tratamiento de los nódulos debe ser inicialmente quirúrgico o rehabilitador vocal; si el aspecto de los nódulos es fibroso (sólido en la estroboscopia) y llevan más de seis meses de evolución debe ser quirúrgico. Otras indicaciones de tratamiento quirúrgico son el tamaño de los nódulos y las características profesionales de la persona que los padece: los profesionales de la voz deben tratarse con cirugía y hacer corrección fonoterápica posteriormente.

Los nódulos constituyen la patología típica para emplear la sección a ras (fig. 11). Esta técnica cuando está bien indicada da muy buenos resultados con casi ninguna complicación. Existen circunstancias en donde es difícil decidirse a realizarla por estar

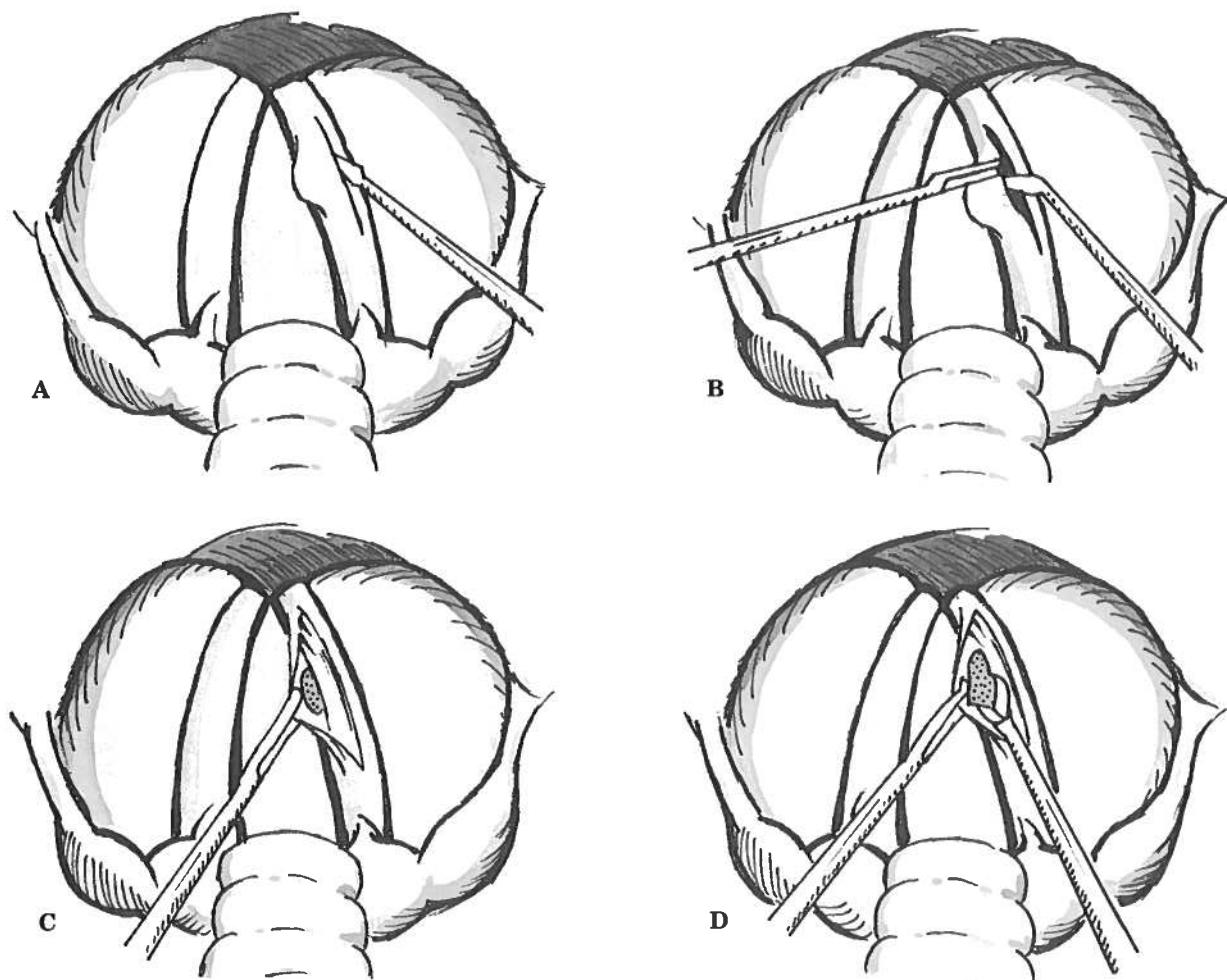


FIG. 16.—*Técnica básica de la cordotomía para lesiones submucosas: se incide la mucosa y se penetra en el espacio de Reinke.*

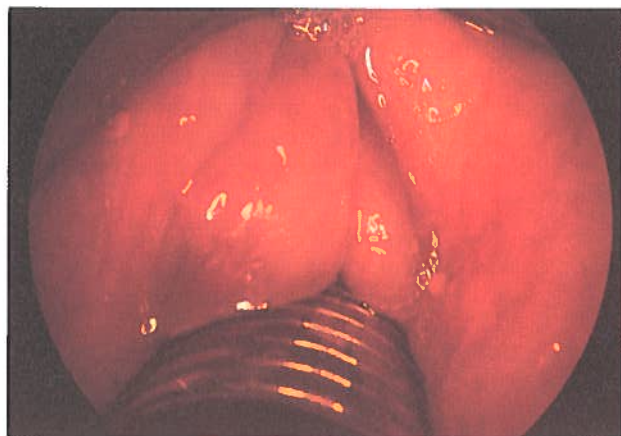


FIG. 17.—Edema de Reinke.

el diagnóstico diferencial poco claro; tal es el caso de engrosamiento difuso, poco concentrado en los niños, que también podría ser un quiste epidérmico o un quiste de retención mucosa. En estos casos, afortunadamente poco frecuentes, es en donde la palpación con las micropinzas se muestra esencial, pues nos ayudará a aclarar si se trata de una lesión nodular o de un quiste. Si aún con todo siguiésemos con la duda, deberemos hacer una cordotomía y buscar el quiste submucosamente para no cortar a ras y dejarnos un trozo de quiste en la cuerda, o si lo quitamos por esa vía dejar una indentación. Recordamos ahora nuevamente la importancia que tiene la exploración sistemática de ambas cuerdas antes de hacer ningún tipo de manipulación en las cuerdas.

Todos los pacientes que han sido intervenidos de nódulos deberían incluirse en un programa de rehabilitación vocal que podría ser breve (12 sesiones) y que tendría como finalidad mejorar el rendimiento vocal y dar consejos mínimos de utilización de la voz.

Pólipos

Hemos visto que se trata de lesiones inflamatorias de la capa submucosa vocal formada por exudado fibrinoso y un rico entramado vascular en su espesor. En ocasiones estos vasos son muy llamativos o se rompen y por esa razón existen dos tipos de pólipos: edematosos y vasculares. Pueden tener dos formas de implantación: pediculados y sésiles (fig. 12). El tamaño es variable, siendo mayores los pediculados. Casi siempre son unilaterales, aunque en el lado contrario existe una zona reactiva hiperqueratósica. Cuando hagamos la cirugía debemos explorar primero las cuerdas y tratar de buscar lesiones asociadas, como quistes submucosos o sulcus.

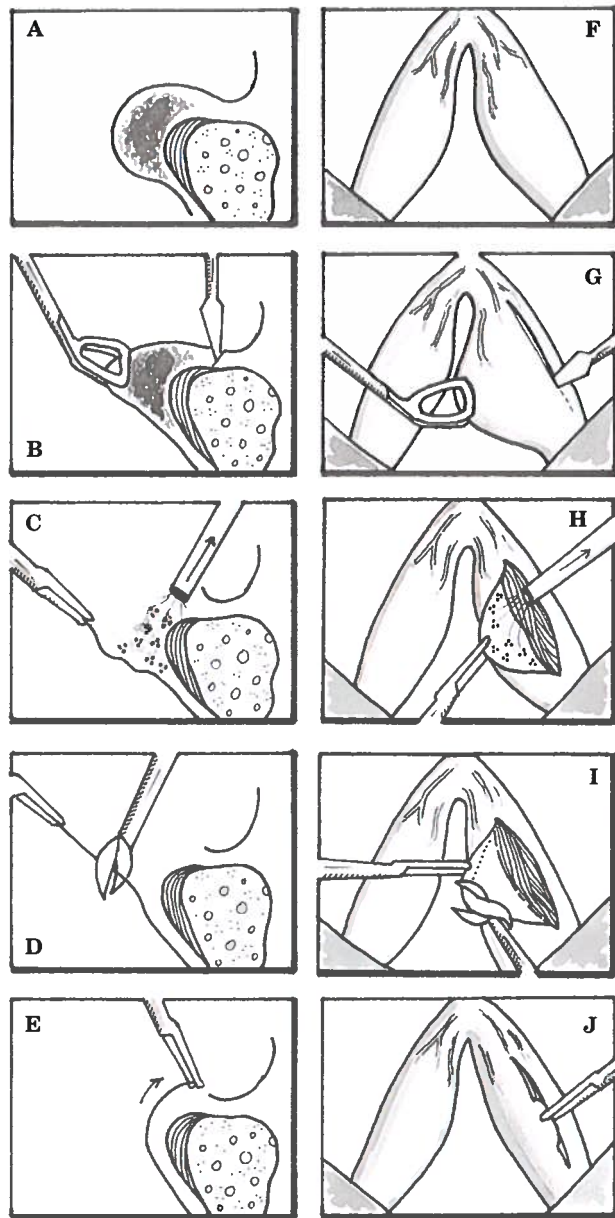


FIG. 18.—Extirpación de un edema de Reinke. Representación esquemática de la extirpación de un edema de Reinke vista de forma transversal (A-E) y su correspondiente visión superior (F-J). La incisión debe ser muy lateral, hay que disecar bien el espacio submucoso y aspirar el contenido. Se recoloca la mucosa y se corta la que sobra.

La FMC es el tratamiento de elección en estas lesiones. El tratamiento siempre debe ser quirúrgico (fig. 13). Los pólipos pediculados suelen ser más sencillos de extirpar y no dan complicaciones posteriores. Al comienzo de la intervención, tras la exploración de las cuerdas, debemos cauterizar de forma minuciosa los vasos que puedan nutrir al pólipo.

Los pólipos sésiles requieren una cierta estrategia antes de comenzar la extirpación; es necesario

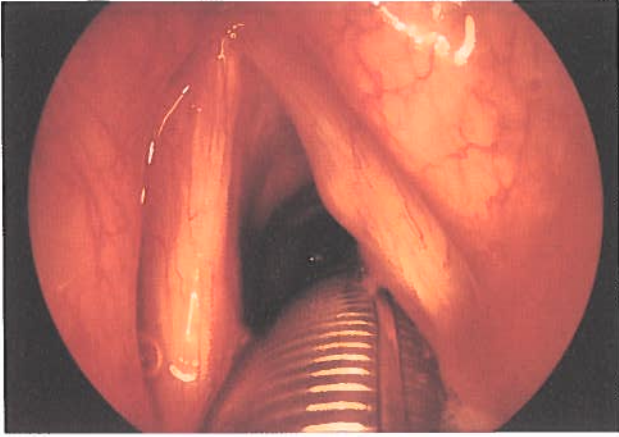


FIG. 19.—Quiste submucoso.

conocer los límites anterior, posterior, superior e inferior. Si la implantación es mayor que una tercera parte de la porción membranosa de la cuerda es conveniente crear un colgajo mucoso de base superior que cubra el borde libre cruento de la cuerda con el fin de evitar retracciones secundarias que bloqueen la vibración (fig. 14). Como regla general en los pólipos que para su exéresis sea necesario más de tres-cuatro cortes de las microtijeras es recomendable seccionar primero la mucosa superior (si es muy grande dejando el colgajo) y después la inferior con el fin de ver bien qué estamos cortando.

El pronóstico de estas lesiones es muy bueno. El postoperatorio es igual que para los nódulos. En los pólipos también deberemos indicar un plan conciso de logoterapia.

Microsinequias

Las microsinequias se localizan en la comisura anterior y se asocian frecuentemente con nódulos, por tanto el tratamiento consiste en la extirpación quirúrgica combinada de los nódulos y la microsinequia. La sección se debe llevar a cabo en laringes suficientemente amplias como para que no vuelva a sinequiarse la comisura; por esa razón es mejor no seccionarla todavía en los niños menores de diez años. Para ver bien la comisura anterior se puede utilizar un separador de comisura, pero si no se dispone de él se puede explorar la comisura separando con las micropinzas el tercio anterior de cada cuerda. Si existe la microsinequia la debemos seccionar con el bisturí lanceolado, pero no lo haremos en la línea media, sino algo en diagonal (fig. 15). En caso de cirugía y no disponer del separador de comisura podemos emplear las micropinzas a la izquierda, con la mano izquierda, abriéndolas horizontalmente con la concavidad hacia arriba, apoyándolas en cada cuerda.

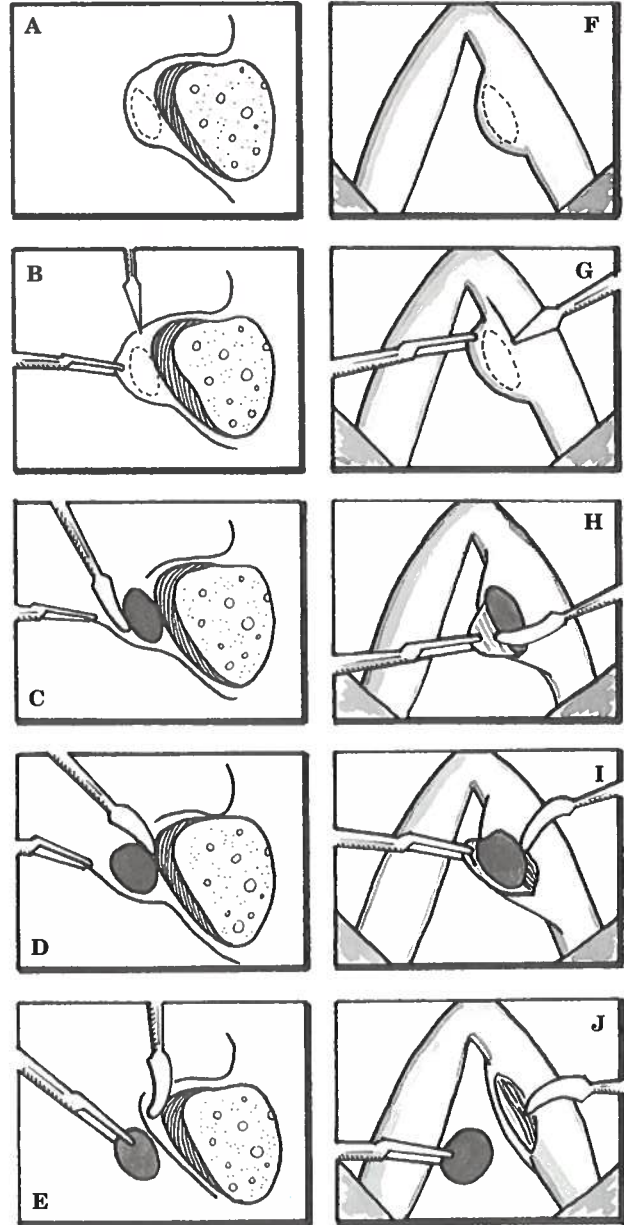


FIG. 20.—Extirpación de un quiste mucoso. Representación esquemática de la extirpación de un quiste mucoso vista de forma transversal (A-E) y su correspondiente visión superior (F-J). La incisión debe ser lateral al quiste; hay que disecar bien el espacio submucoso y tratar de no lesionar el ligamento.

Cordotomía

La cordotomía es una técnica de abordaje quirúrgico que consiste en la incisión de la cara superior de la cuerda con disección del espacio submucoso para la extirpación de lesiones allí contenidas y que cursan con integridad de la mucosa.

La cordotomía debe implicar:

- Extirpación completa de la lesión.
- No penetrar en el ligamento vocal.

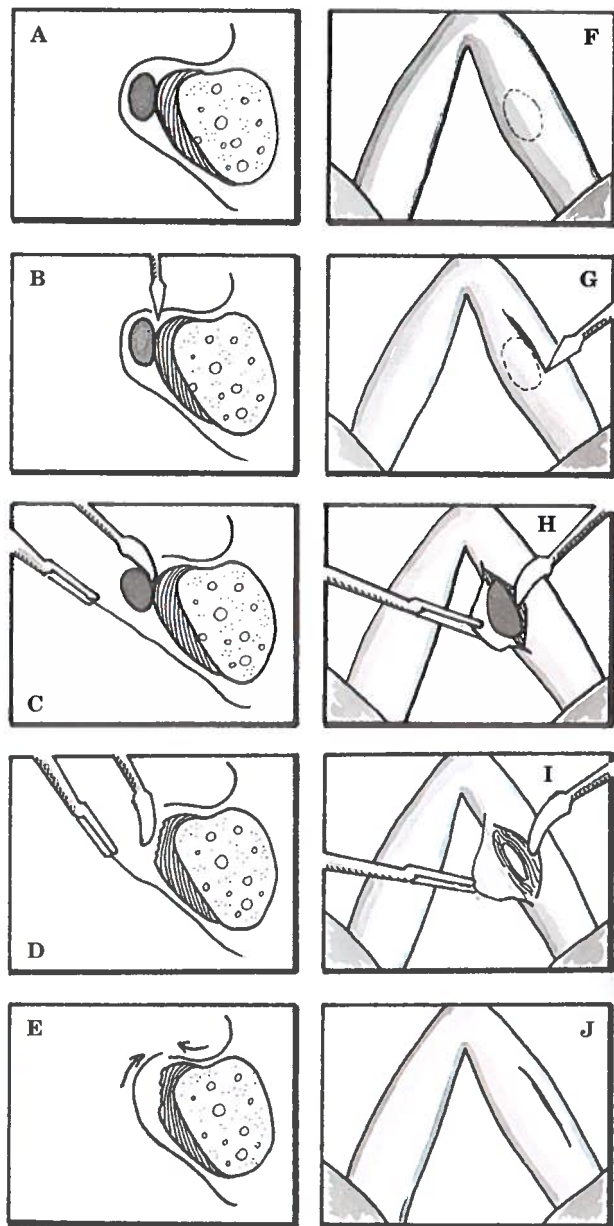


FIG. 21.—Extirpación de un quiste epidermoide. Representación esquemática de la extirpación de un quiste epidermoide vista de forma transversal (A-E) y su correspondiente visión superior (F-J). La incisión debe ser lateral al quiste; hay que disecar bien el espacio submucoso y tratar de despegarlo del ligamento sin lesionarlo.

- No lesionar la mucosa medial despegada.
- Dejar un buen alineamiento de la zona disecada.

Para realizar adecuadamente esta técnica hay que contar con:

- Conocimiento anatomofisiológico.
- Diagnóstico correcto.
- Material necesario.

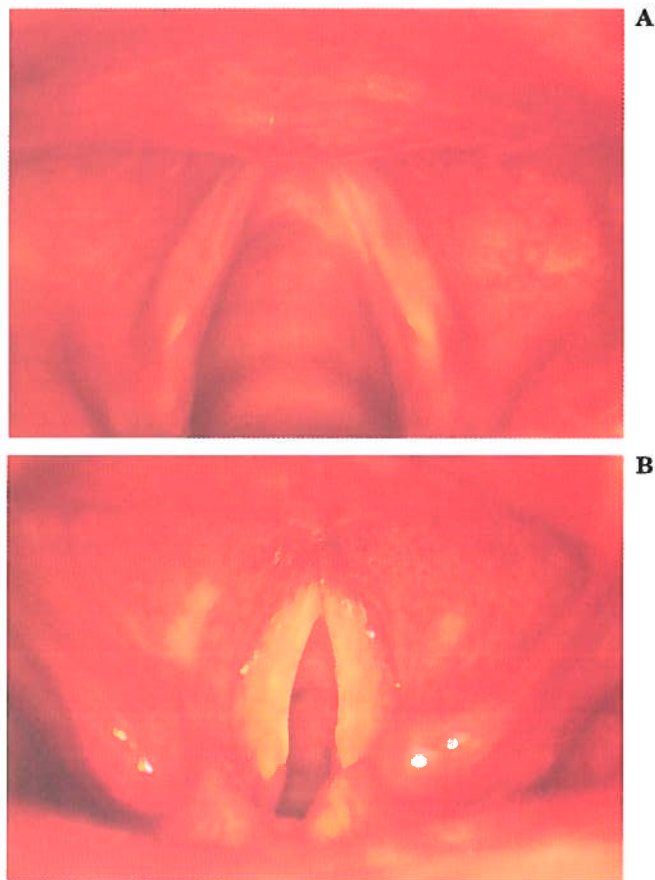


FIG. 22.—Sulcus vocal en estría, tipo 2. A: En separación se aprecia una depresión en el borde libre de la cuerda que corresponde a la atrofia de la lámina propia. B: En aducción se ve un arqueamiento de la cuerda por retracción del borde libre.

La extirpación completa de la patología implica una perfecta disección del espacio submucoso y el aislamiento de toda la lesión. Con esta técnica al estar más cerca del ligamento vocal debemos ser muy cuidadosos. El instrumental más útil son las micropinzas de cocodrilo, los disectores y los bisturíes. La incisión se debe hacer en la cara superior de la cuerda, lateral a la lesión que queramos extirpar y no mucho mayor que ella. Nuevamente debemos recordar que en esta técnica hay que mantenerse siempre en el espacio submucoso sin lesionar el ligamento vocal. Una vez incidida la mucosa entramos en el espacio de Reinke: debemos despegar la mucosa y desplazarla medialmente, sujetándola con las micropinzas, sin desgarrarla o traumatizarla en exceso; para ello no debemos aplicar excesiva tensión (fig. 16).

Para disecar el espacio submucoso empleamos los disectores. Para disecar zonas laxas del espacio submucoso también se puede emplear una minitorunda de algodón montada en una pieza recta. Una vez aislada la lesión estaremos en condiciones de manipularla y extirparla.

Como maniobra final de la cordotomía debemos

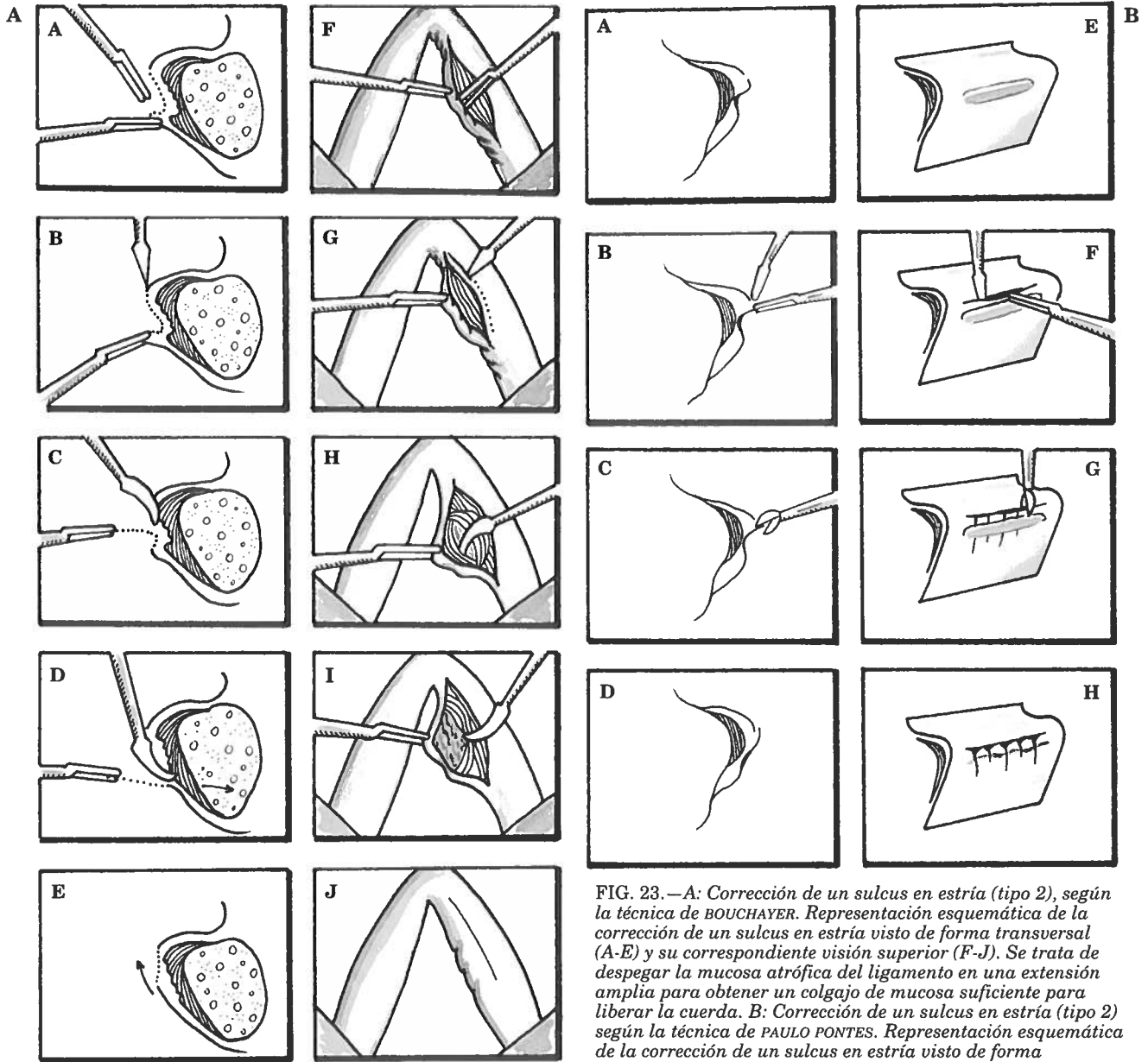


FIG. 23.—A: Corrección de un sulcus en estría (tipo 2), según la técnica de BOUCHAYER. Representación esquemática de la corrección de un sulcus en estría visto de forma transversal (A-E) y su correspondiente visión superior (F-J). Se trata de despegar la mucosa atrófica del ligamento en una extensión amplia para obtener un colgajo de mucosa suficiente para liberar la cuerda. B: Corrección de un sulcus en estría (tipo 2) según la técnica de PAULO PONTES. Representación esquemática de la corrección de un sulcus en estría visto de forma transversal (A-D) y su correspondiente visión oblicua (E-H). Se trata de despegar la mucosa atrófica del ligamento y darle varios cortes verticales para liberar la tensión y que reepitelice por segunda intención.

pasar un algodón por la mucosa despegada con el fin de ver si está perfectamente alineada y si los bordes de la incisión están bien apuestos, sin mucosa redundante. Nosotros no empleamos cola de fibrina para sujetar el colgajo mucoso; por lo general simplemente lo recolocamos, aunque en alguna ocasión hemos hecho una minicauterización en el borde de la mucosa para sujetarla temporalmente.

Lesiones extirpables

Edema de Reinke

Consiste en un edema organizado del espacio submucoso, por tanto sólo de la porción membranosa,

con un marcado componente de vascularidad y cubierto por una mucosa con abundantes cambios, entre ellos zonas de engrosamiento o adelgazamiento y con vasos muy evidentes (fig. 17). El aspecto de las cuerdas es muy típico. El tamaño es variable, oscilando desde pequeños engrosamientos de las cuerdas hasta edemas en bandeleta que aparece y desaparece al ritmo de la respiración. Dada su laxitud nunca se produce disnea.

La incisión debemos hacerla bastante lateral, cerca del ventrículo (fig. 18). Si la mucosa está muy adelgazada y el bisturí que tenemos no corta perfec-

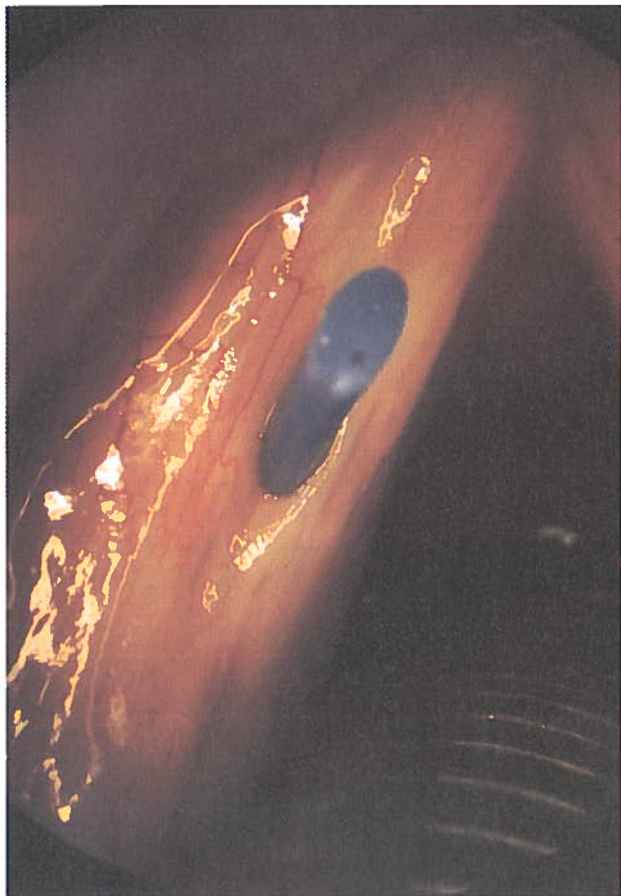


FIG. 24.—*Sulcus vocal en bolsillo (tipo 3). Se aprecia una pequeña cavidad virtual en la cara superior de la CV izquierda de 2 mm. aproximadamente donde se ha introducido un fragmento de vessel-loop.*

tamente podemos emplear las microtijeras para seccionar la mucosa. A continuación disecamos el espacio submucoso de Reinke con disector o algodón y aspiramos el contenido, de esta forma nos quedará el espacio vacío y un exceso de mucosa. Debemos lateralizar la mucosa y cortar la que nos sobre para cubrir la cuerda hasta la incisión. Es importante no quitar un exceso de mucosa, especialmente la que constituye el borde libre; en caso de duda es preferible pecar por defecto que por exceso. Una vez recolocada la mucosa haremos pequeños retoques.

La cordotomía tiene la ventaja adicional que nos permite extirpar el edema de ambos lados en el mismo acto quirúrgico. Cuando el edema es muy grande pasan varias semanas hasta que la vibración se normaliza.

Quiste de retención mucosa

Se forma por la obstrucción de una glándula mucosa en el espacio de Reinke, dando lugar a un

quiste de contenido mucoso y aspecto gris amarillento.

En ocasiones es difícil reconocerlo y puede confundirse con una lesión nodular (fig. 19). La exploración estroboscópica revela un borde libre sin apenas vibración. Ese debe ser el signo mayor de sospecha. El diagnóstico nos lo dará la palpación bimanual con las micropinzas; en caso de que tampoco la palpación nos sacase de dudas haríamos una cordotomía exploratoria. Todo menos seccionar a ras un quiste porque nos dejaríamos parte y si lo quitásemos mediante la sección a ras nos quedaría una zona indentada con evidente disfonía iatrogénica.

Una vez realizada la cordotomía haremos una delicada disección (fig. 20). Dado que las paredes del quiste son muy delgadas no es raro que salga el contenido mucoso durante la disección; si eso ocurriese lo que habría que hacer es tratar de despegarlo de dentro de la mucosa y del ligamento vocal con las pinzas de cazoleta.

Quistes epidermoides

La descripción de estas lesiones debe verse en el capítulo de «Lesiones congénitas».

El tratamiento debe ser quirúrgico mediante cordotomía (fig. 21). El tratamiento se basa en quitar todo el quiste sin lesionar la mucosa de la cuerda ni el ligamento vocal. Hay que reconocer el tipo de lesión y no aplicar la sección a ras porque podríamos dejar parte del quiste, que volvería a reproducirse. Si quitásemos el tumor sin cordotomía, mediante la extirpación de parte de la mucosa de la cuerda y recortando lateralmente el quiste, podría quedar una indentación perenne en la cuerda, con disfonía iatrogénica.

Hay que hacer una cordotomía lateral al quiste, mayor en unos milímetros al diámetro del propio quiste y realizar una disección cuidadosa del mismo, tanto en su porción lateral para despegarlo del ligamento vocal (donde hay unas fibras compartidas) como en su porción medial para despegarlo de la mucosa de la cuerda, que en ocasiones está atrofica y es muy difícil mantenerla íntegra. Es más fácil despegarlo del ligamento que de la mucosa. En caso de percibir la mucosa muy adelgazada debemos hacer la incisión del colgajo más lateral, junto al ventrículo, para tener una zona mucosa más resistente con el fin de hacer bien la presa. Si el quiste tuviese alguna apertura en el borde libre de la cuerda la disección medial todavía sería más difícil. Una vez que está disecado lateral y medialmente se encuentran con facilidad unos pedículos fibrosos anterior y posterior que se seccionan con las microtijeras.

El quiste hay que extraerlo entero para que no recidive. Siempre hay que hacer una revisión meticu-

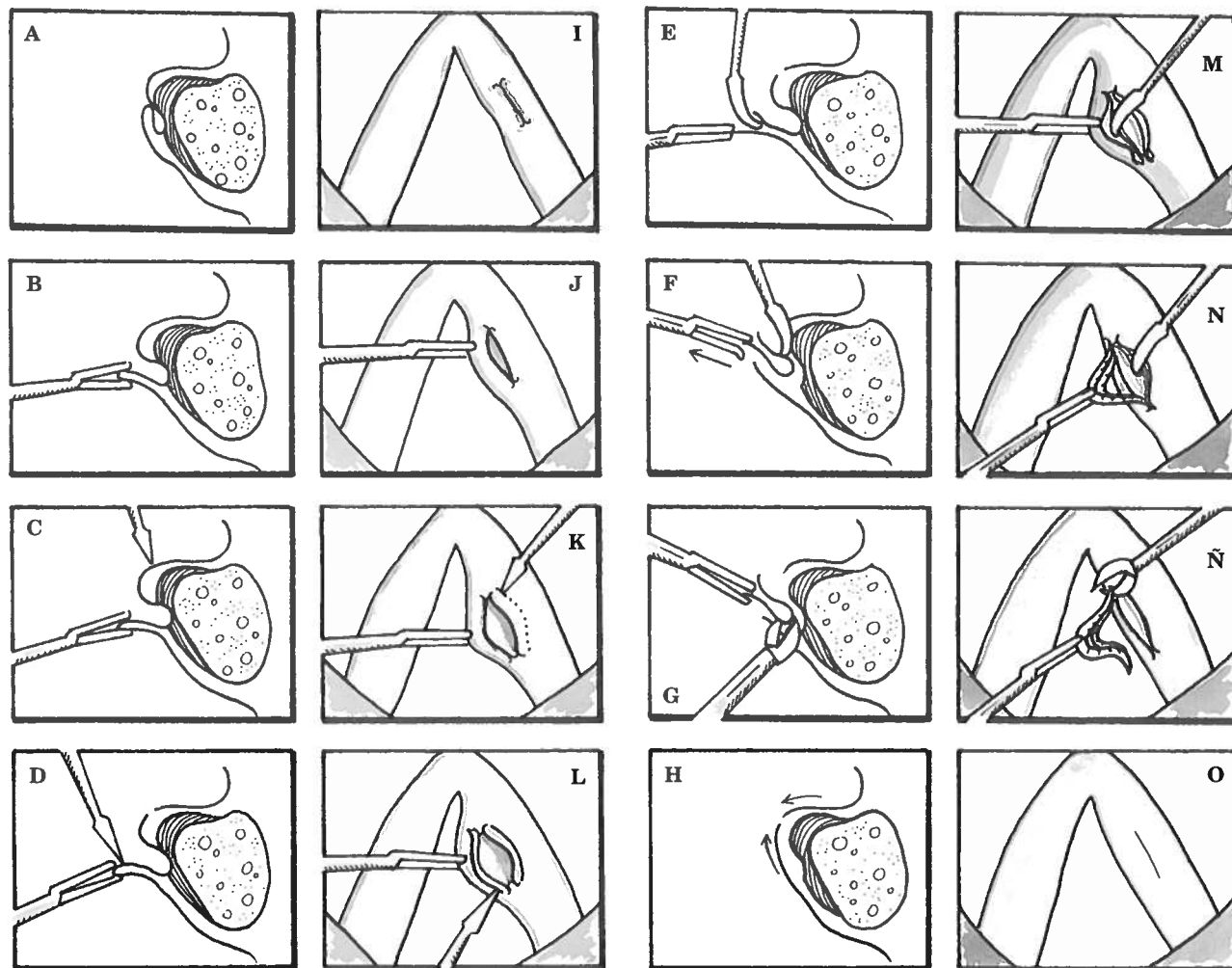


FIG. 25.—Corrección de un sulcus en bolsillo (tipo 3). Representación esquemática de la corrección de un sulcus en bolsillo visto de forma transversal (A-H) y su correspondiente visión superior (I-O). Se trata de cortar y disecar la mucosa que recubre las dos paredes del bolsillo, aislandola de la mucosa de la cuerda y del ligamento, reponiendo la mucosa de la cuerda. Nótese que la técnica es semejante a la del quiste epidermoide.

losa del lecho por si quedase algún resto de pared, cosa que puede ocurrir sobre el ligamento vocal; no es excepcional que pueda existir un segundo quiste, más pequeño, en la zona más profunda de donde se quitó el primero. Al final de la intervención, como siempre que se hace una cordotomía, se debe infiltrar el espesor del músculo vocal con corticoides.

Sulcus vocalis

La descripción de estas lesiones debe verse en el capítulo de «Lesiones congénitas».

A la hora de indicar un tratamiento quirúrgico debemos ser prudentes porque los resultados no son brillantes y la técnica es difícil.

En el sulcus tipo 2 (estría) la cirugía la indicaremos en caso de voz muy disfónica, que no responda al tratamiento rehabilitador (fig. 22). La idea bási-

ca de la cirugía es liberar la cuerda de la tensión que hace que esté arqueada y rígida; tenemos que solucionar el hecho de que haya poca mucosa para la longitud de la cuerda debido a su atrofia por ausencia de lámina propia (fig. 23).

Existen dos técnicas diferentes, cada una con dos partes, siendo la primera parte común a ambas técnicas. La parte común consiste en hacer una cordotomía en la cara superior de la cuerda, justo lateral a la estría, con el fin de tratar de despegar la mucosa glótica que está sobre el ligamento vocal: hay que hacer un colgajo de mucosa atrofada medial a la incisión; al estar esta mucosa adelgazada por ausencia de la lámina propia, la disección tiene gran dificultad. Una vez despegada la mucosa, en la primera técnica se trata de despegar aún más del ligamento vocal la parte inferior de la misma, que ya será mucosa normal, a fin de liberarla bien y que no tense. En la segunda técnica, una vez despegada

da la mucosa, se trata de darle tres-cuatro cortes verticales, cada uno de diferente longitud al contiguo, con el fin de destensar la tirantez de la mucosa; con esta técnica, desde luego, quedan unos espacios triangulares en los cortes, al destensarse, que reepitelizarán por segunda intención. Esta última técnica ha empezado a dar resultados esperanzadores (PONTES, 1993; FORD, 1996).

En el *sulcus tipo 3 (sulcus verdadero o bolsillo)* (fig. 24) debemos ser quirúrgicamente conservadores para no extirpar un exceso de mucosa que podría producir cicatrices secundarias. La idea quirúrgica es incidir lateral y medialmente al bolsillo hasta llegar al fondo en el ligamento vocal (fig. 25). Tras las incisiones debemos separar, mediante disección roma, la pared lateral del bolsillo de su unión con el ligamento vocal y la pared medial del bolsillo de la mucosa de la cuerda vocal; cuando la disección esté hecha cogeremos ambas paredes del sulcus con la pinza y cortaremos delante y detrás para extirpar el sulcus. En ocasiones el fondo del sulcus también está unido al ligamento vocal. Una vez extirpada la lesión quedará la mucosa de la cuerda sobre el ligamento vocal. Para facilitar que la mucosa cubra todo el defecto deberemos liberar en unos pocos milímetros la mucosa que está en el fondo del bolsillo de su unión con el ligamento vocal.

Para realizar esta cirugía es importante contar con un bisturí de lanceta muy bien afilado. La presa con la pinza sobre la mucosa de la cuerda debe ser muy suave, sin estirar, para evitar que se desgarré. Cuanto más medial esté el sulcus tanto más difícil será la disección de la mucosa de la cuerda.

Puentes mucosos

En la mayoría de los casos el puente es muy estrecho y es susceptible de una extirpación simple.

La técnica consiste en la simple extirpación por sección anterior y posterior. A veces el puente es tan ancho que de su simple extirpación se derivaría una indentación de la cuerda con pérdida de sustancia, aunque aún recubierta por la mucosa de la cuerda, lo que daría un defecto de cierre. En caso de que estemos seguros de que el puente se comporta como un sulcus podríamos tratarlo como si tuviésemos un sulcus tipo 3, pero en vez de extirpar el bolsillo extirparíamos las dos mucosas enfrentadas que forman el puente como si fuese un anillo mucoso interior. De esta forma conseguiríamos una cuerda sin fisuras. Puede darse el problema de quedar una cicatriz rígida en el espesor de la cuerda.

BIBLIOGRAFIA

- BOUCHAYER, M., y CORNUT, G.: «Instrumental microsurgery of benign lesions of the vocal folds». En: Ford, C. N., y Bless, D. M., editores. *Phonosurgery. Assessment and surgical management of voice disorders*. Nueva York: Raven Press, 1991.
- COUREY, M. S.: «Surgical management of benign voice disorders». En: Rubin, J. S.; Sataloff, R. T.; Korovin, G. S., y Gould, W. J., editores. *Diagnosis and treatment of voice disorders*. Nueva York: Igaku-Shoin, 1995.
- FORD, C. N., y BLESS, D. M.: *Phonosurgery. Assessment and surgical management of voice disorders*. Nueva York: Raven Press, 1991.
- FORD, C. N.; INAGI, K.; BLESS, D. M.; KHIDR, A., y GILCHRIST, K. W.: «Sulcus vocalis: A rational analytical approach to diagnosis and management». *Ann. Otol. Laryngol.*, 1996; 105: 189-200.
- ISSHIKI, N.: *Phonosurgery theory and practice*. Tokio: Springer-Verlag, 1989.
- VON LEDEN, H.: «Fonocirugía». *Acta ORL Ibero-Americ.*, 1971; 22: 291-299.
- PONTES, P., y BEHLAU, M.: «Treatment of sulcus vocalis: Auditory perceptual and acoustic analysis of the slicing mucosa surgical technique». *J. Voice*, 1993; 7: 365-376.

Tiroplastia

I. COBETA MARCO y J. GUERRERO RIOS

INTRODUCCION

El término tiroplastia fue introducido por ISSHIKI (1974) para describir cuatro operaciones en las que actuaba sobre el cartílago tiroideos con el fin de modificar o mejorar la voz. Posteriormente utilizó el título «cirugía del esqueleto laríngeo» (CEL) para incluir también la aducción del aritenoides (ISSHIKI, 1980). Estas técnicas, junto a las que actúan sobre las cuerdas vocales para mejorar la voz (fonomicrocirugía-FMC), constituyen la fonocirugía (VON LEDEN, 1971).

PAYR (1915) fue el primero en modificar la estructura cartilaginosa tiroidea para tratar defectos de cierre de las cuerdas vocales introduciendo un colgajo de cartílago tiroideo a la altura de la cuerda vocal, pediculado en su parte anterior. SEIFFERT (1942) utilizó por vez primera un implante de cartílago costal de cadáver para mantener la medialización de la CV. MEURMAN (1952) también utilizó este tipo de implante, pero no daba buenos resultados porque se reabsorbía o era rechazado. ISSHIKI (1989) universalizó la técnica describiendo ampliamente sus cuatro tipos de tiroplastia para la corrección de las parálisis de la CV y para las correcciones del tono vocal.

Debido a que la endolaringe está en íntima relación con el cartílago tiroideos, las modificaciones que hagamos en el cartílago con una determinada finalidad podrán cambiar la posición, la longitud y la tensión de las cuerdas vocales, dando como resultado una variación y mejoría de la emisión vocal. La tiroplastia se utiliza de diversas maneras: para corregir el defecto de cierre glótico llevando la cuerda vocal a la línea media; para disminuir la hiperfunción laríngea llevando la cuerda vocal hacia fuera; para disminuir la longitud y la tensión de la cuerda (disminuir el tono/voz más grave) llevando la comisura anterior hacia atrás, y para aumentar la longitud y la tensión de la cuerda (aumentar el tono/voz más aguda) llevando la comisura anterior hacia adelante (fig. 1).

La CEL se divide en:

- *Tiroplastia tipo I*. Medialización.
- *Tiroplastia tipo II*. Lateralización.

- *Tiroplastia tipo III*. Retrusión de la comisura anterior.
- *Tiroplastia tipo IV*. Protrusión de la comisura anterior.
- Aducción del aritenoides.

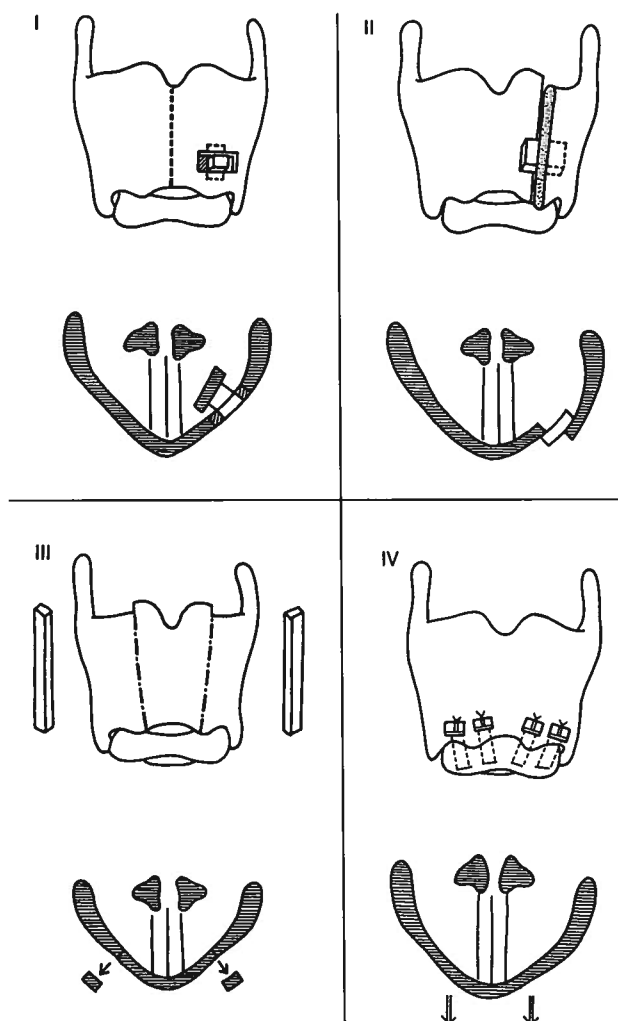


FIG. 1.—Esquema de los cuatro tipos de tiroplastia: *Tiroplastia tipo I* (medialización). *Tiroplastia tipo II* (lateralización). *Tiroplastia tipo III* (retrusión de la comisura anterior). *Tiroplastia tipo IV* (protrusión de la comisura anterior).

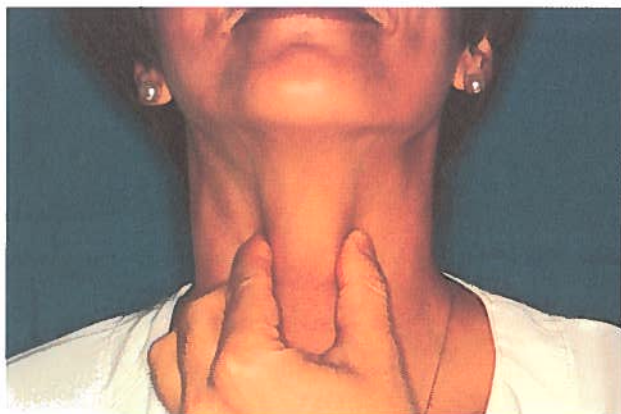


FIG. 2.—Compresión lateral del cartilago tiroides para probar la medialización de la cuerda.

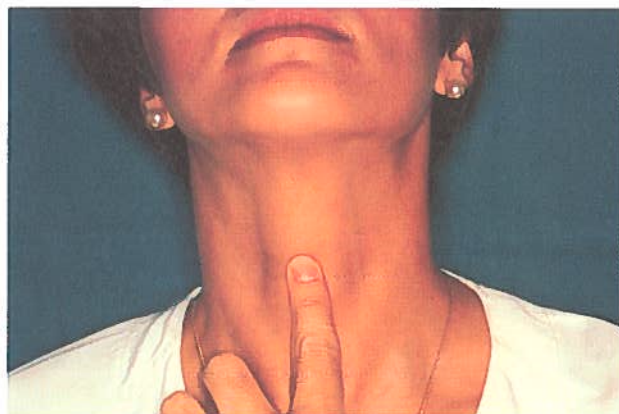


FIG. 3.—Compresión anterior del cartilago tiroides para probar el acortamiento de las cuerdas.

PRUEBAS LARINGEAS DE COMPRESION MANUAL

Las pruebas laríngeas de compresión manual (TAIRA, 1986) tienen como finalidad remedar cómo quedarían las cuerdas vocales tras modificar la posición de los cartílagos laríngeos en la operación y valorar psicoacústicamente los resultados aproximados de la misma. El paciente también se puede hacer idea de los resultados. En general se puede decir que si las manipulaciones manuales son satisfactorias, la operación también lo será. Si las manipulaciones son negativas, no siendo el paciente muy obeso, habrá que asegurar, antes de realizar nuevas pruebas, que el test está bien hecho y que no hay calcificación completa del cartilago tiroides.

Existen cuatro pruebas de compresión manual, aunque empleamos sobre todo tres:

- *Prueba de compresión lateral* (fig. 2). Se emplea para valorar las posibilidades quirúrgicas en los pacientes que tienen un defecto de cierre glótico, sobre todo en las parálisis laríngeas en separación. En menor grado se emplea en la atrofia vocal. La prueba consiste en presionar laterolateralmente la parte central del cartilago tiroides con el pulpejo del pulgar en un lado y el pulpejo del índice y el medio en el otro mientras le pedimos al paciente que diga /a/. La emisión vocal debe mejorar con la compresión pasando de voz aérea a voz normalizada.
- *Prueba de compresión anteroposterior* (fig. 3). Se emplea para valorar las posibilidades quirúrgicas de un paciente que desea disminuir el tono vocal (hacer la voz más grave) disminuyendo la longitud de las cuerdas vocales (retrusión de la comisura anterior). La prueba se realiza colocando el pulpejo del pulgar en la parte central del cartilago tiroides y los otros cuatro dedos en la parte posterior del cuello a la vez que le pedimos que diga /a/ y

presionados ligeramente; también se puede hacer presionando ligeramente con el índice sobre la comisura anterior.

- *Prueba de aproximación cricotiroides* (fig. 4). Se emplea para valorar las posibilidades quirúrgicas de un paciente que desea aumentar el tono vocal (hacer la voz más aguda) estirando la longitud de las cuerdas vocales (protrusión de la comisura anterior). La prueba se realiza colocando el pulpejo del índice en el borde superior del cartilago tiroides e introduciendo el pulpejo del pulgar en la parte inferior del cricoides a la vez que le pedimos al paciente que diga /a/. Es más fácil hacerlo con una mano en cada lado de la laringe. El tono se debe elevar cada vez que presionemos.

TIROPLASTIA TIPO I (MEDIALIZACION)

Esta es, sin duda, la tiroplastia que más se realiza. Constituye el tratamiento de elección para la

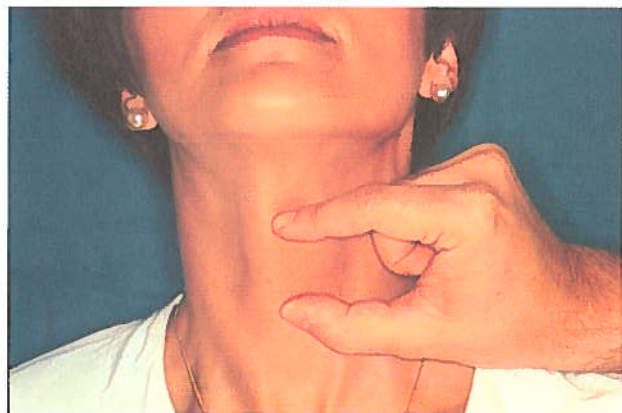


FIG. 4.—Aproximación de los cartílagos tiroides y cricoides para probar el alargamiento de las cuerdas.

mayoría de los casos de insuficiencia glótica, pues tiene menos complicaciones que la inyección de materiales inertes en las cuerdas (teflón) y sus resultados son más predecibles que los de los materiales bioimplantables (grasa). La base de la técnica es llevar la cuerda vocal insuficiente a la línea media para que no haya escape aéreo.

Indicaciones

La tiroplastia de medialización está indicada en aquellos casos en que existe una insuficiencia glótica uni o bilateral y que no comprometa la respiración tras la intervención. La indicación principal es la parálisis de la CV que produce voz aérea de más de seis meses de evolución. En todos los casos de parálisis vocal, y antes de establecer la indicación, hay que buscar la causa de la parálisis.

Otras indicaciones son: la atrofia senil de las CV (presbifonía) u otra forma de atrofia o arqueamiento de las CV. Se ha utilizado, sin buenos resultados, para tratar el sulcus vocal.

La tiroplastia tiene ciertas ventajas sobre otras correcciones del cierre glótico, como son: no interferir con el mecanismo de producción vocal (vibración de la cuerda), ser una intervención reversible y modificable y poder hacer ajustes en la medialización mientras el paciente emite la voz. Cuando el test de compresión manual lateral es positivo es muy probable que la cirugía sea efectiva.

Técnica quirúrgica

La técnica consiste en la realización de una ventana en el ala tiroidea por la que se introduce una prótesis que empujará al músculo tiroaritenoides que a su vez hará que la CV se sitúe en la línea media.

La cirugía se realiza bajo anestesia local con sedación, lo que le da el valor añadido de poder hacer ajustes precisos en la medialización mediante observación psicoacústica y fibrolaringoscopia cuando el paciente emite sonido vocal.

La anestesia local se debe poner en la parte central del hemicuello correspondiente sobre el cartílago tiroideos y realizarla con lidocaína al 1 por 100 con adrenalina al 1:100.000 mediante un Abbocath® del número 22. Hay que infiltrar todo el espesor del cuello hasta el pericondrio externo.

Conviene disponer de lápiz estéril para marcar la quilla tiroidea, el borde inferior del cartílago tiroideos en la línea media y el borde superior del cricoides. La incisión, que se hace a mitad de altura del cartílago tiroideos, debe ser de unos 5 cm. de longitud y ocupar un poco más del hemitiroideos correspondiente, pasando algo la línea media. Se

puede rechazar o seccionar la musculatura prelaríngea del lado correspondiente hasta exponer el ala tiroidea, respetando el pericondrio externo (fig. 5).

El primer problema que nos encontramos es la localización exacta del nivel de la CV abordándola desde el exterior. La comisura anterior se encuentra en el punto medio de la línea que va desde la quilla tiroidea hasta el borde inferior del cartílago (la distancia quilla-borde inferior es aproximadamente 20 mm. en el varón y 15 en la mujer); el plano del borde superior de la cuerda se averigua proyectando una línea desde este punto medio (comisura anterior) hacia atrás, perpendicular al borde posterior del cartílago tiroideos. Esta importante línea va a ser el borde superior de la ventana en el cartílago.

La segunda distancia que vamos a establecer es la que debe existir desde la línea media anterior hasta el borde anterior de la ventana para no distorsionar, al introducir la prótesis, el tercio anterior de la porción membranosa de la CV. Esta distancia oscila entre 5 y 7 mm. Nosotros hacemos la ventana a 5 mm. del borde anterior tiroideo, pues debido al diseño de la prótesis que utilizamos la medialización de la comisura anterior es mínima, evitando así el riesgo de hipermedialización anterior o de posible rotura del pericondrio al meter la prótesis por su proximidad a la cuerda.

Inicialmente realizábamos exposiciones y medidas completas del ala tiroidea para aplicar la fórmula de KOUFMAN (1986), pero según íbamos ganando experiencia vimos que la medida de 4 x 10 mm. era un adecuado diseño inicial que se podía agrandar ligeramente en los varones. Un dato muy importante es que el límite inferior de la ventana debe estar lo suficientemente bajo para empujar toda la cuerda, pero manteniendo un marco cartilaginoso lo suficientemente grande para que no se rompa espontáneamente o al introducir la prótesis, cosa que resultaría fatal, pues ésta no tendría fuerza medializadora.

La ventana se puede hacer de varias formas: en las mujeres y en los varones jóvenes se puede utilizar un bisturí triangular largo del número 11, pero no se debe usar en personas que tengan el cartílago calcificado. En estos casos, y ahora nosotros lo empleamos en todos, utilizamos una fresa cortadora cilíndrica de 1 mm. o, en su defecto, una fresa cortadora esférica de 2 mm. Con la fresa se controla mejor el diseño de la ventana, llegando muy bien al pericondrio interno, que se debe conservar siempre íntegro. Hay que fresar hasta cerca del pericondrio y eliminar la última parte con un desplegador roma. Una vez alcanzado el pericondrio éste se despegue en la parte próxima al cerco de la ventana, por debajo del cartílago, con el fin de disponer de espacio suficiente para medializar la cuerda e insertar la prótesis (fig. 6).

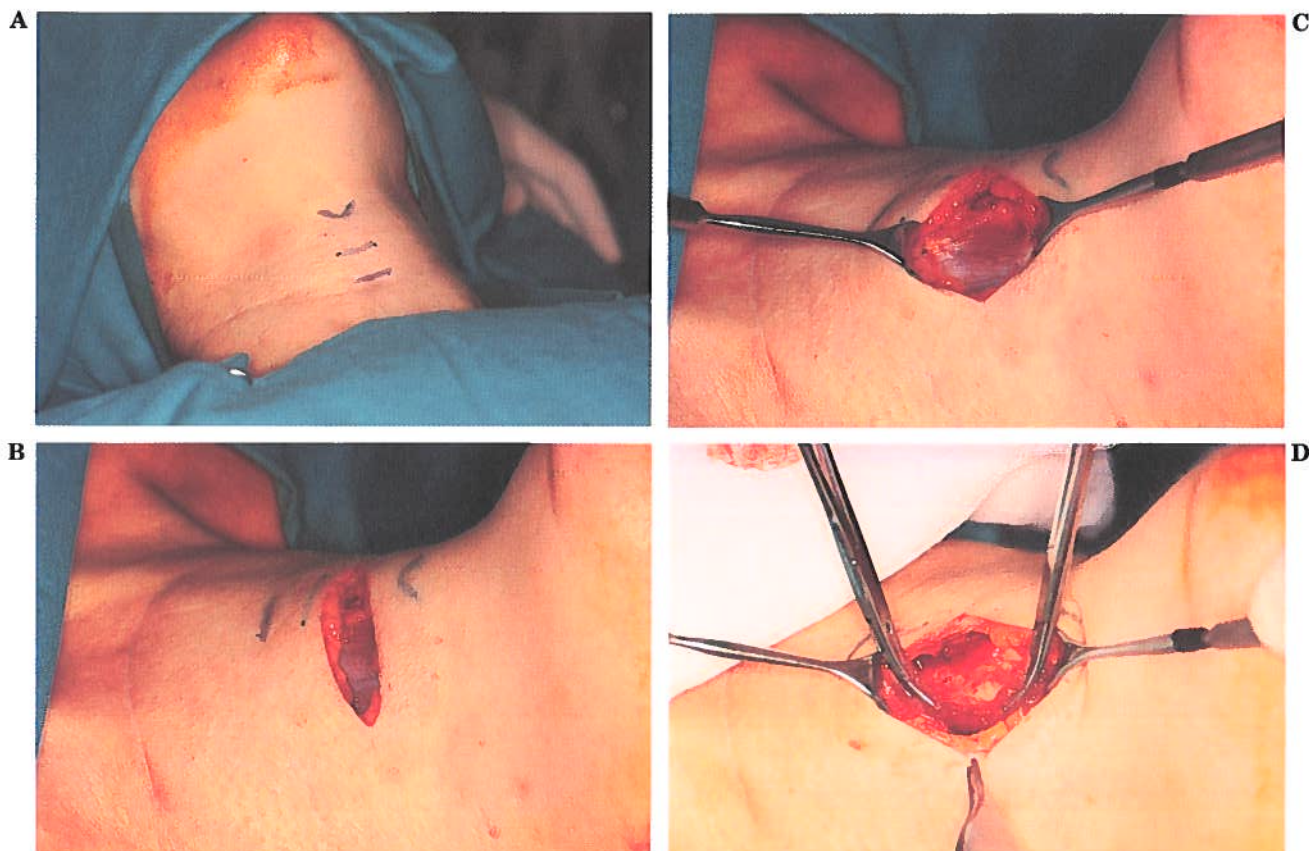


FIG. 5.—Tiroplastia tipo I. A: Marcas sobre tiroides y cricoides. B: Incisión en la parte media del tiroides. C: Musculatura prelaríngea. D: Exposición del pericondrio externo del tiroides.

Se ha discutido mucho si es mejor quitar todo el cartílago de la ventana o seguir la técnica original de ISSHIKI, consistente en marcar la ventana y dejar una isla de cartílago que, una vez despegado el pericondrio de alrededor, se empuja hacia adentro y se sujeta con una prótesis de silicona dispuesta en sentido contrario al de la ventana (vertical). Nos inclinamos a favor de la extirpación porque el control que obtenemos sobre la medialización nos parece mejor.

Una vez despegado el pericondrio y creado un «bolsillo» subcartilaginoso ya podemos medializar la cuerda. Para saber exactamente cuántos milímetros tenemos que medializarla lo más práctico es utilizar algún medializador especialmente diseñado (caja de tiroplastia de Netterville® o caja de tiroplastia de VoCoM®) que nos dice los milímetros que estamos empujando el pericondrio en una escala que llevan y que leemos directamente a ras del cartílago (fig. 7). Para saber funcionalmente cuál es la mejor medialización tenemos dos métodos:

- Hacer una fibroendoscopia laríngea por vía nasal.
- Pedirle al paciente que cuente hasta encontrar la mejor emisión vocal.

Nosotros utilizamos los dos métodos simultáneamente.

Cuando sabemos los milímetros de medialización tenemos que disponer de una prótesis que introducida por la ventana quede estable en el bolsillo. Debido a la disposición de la glotis (cuerdas unidas anteriormente y separadas por detrás) la prótesis debe ser más ancha en la parte posterior que en la anterior. En nuestro servicio empleamos una prótesis de silicona de dureza intermedia que esculpimos nosotros basándonos en la prótesis de Netterville (1993): preparamos tres tamaños distintos y una vez en el quirófano hacemos los retoques últimos para obtener los mejores resultados funcionales.

Para introducir la prótesis por la ventana hay que hacer cierta presión ayudándonos con pinzas de hemostasia y despegadores; una vez colocada la prótesis queda fija: en sentido lateral porque el bolsillo que forma el pericondrio con el cartílago impide el desplazamiento, y en sentido anteroposterior porque la prótesis tiene una pestaña que queda metida en la ventana (fig. 8). En caso de que se haya desgarrado el pericondrio podremos fijar la prótesis con monofilamento al cartílago adyacente a la ventana. Actualmente acaba de salir al mercado europeo la prótesis VoCoM® de hidroxilapatita: vie-

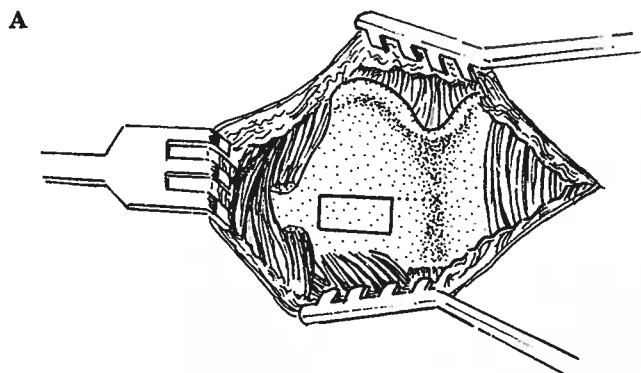


FIG. 6.—Tiroplastia tipo I. A: Nivel de la ventana. B: Plantilla milimetrada que se coloca sobre el pericondrio para diseñar la ventana. C: Ventana en el ala tiroidea.

ne en una caja de seis tamaños (de 1 a 7 mm.) y con una pieza de bloqueo del tamaño de la ventana para que no se desplace; este bloqueo permite colocar la prótesis de forma que la medialización máxima se pueda hacer en cuatro lugares de la ventana.

El cierre lo realizamos por planos empleando Vicryl® 3-0 y monofilamento de 4-0. Dejamos un pequeño drenaje de Penrose. El paciente se puede ir de alta al día siguiente y le hacemos la primera revisión a la semana. Debe guardar reposo vocal relativo durante tres-cuatro días.

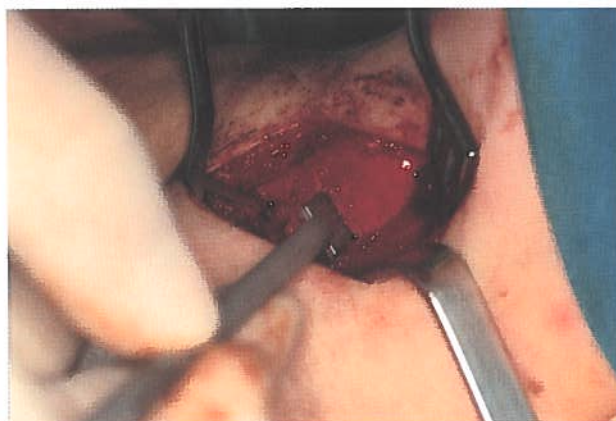


FIG. 7.—Medializador milimetrado introducido en la ventana.

Puede haber complicaciones tempranas y tardías. Entre las primeras tenemos el edema de las CV, prácticamente constante en el postoperatorio, que desaparece en dos-tres semanas, tiempo en el cual la voz alcanzará sus resultados óptimos. Podremos encontrar desplazamientos inmediatos de la prótesis que requerirán reintervención. El hematoma es una complicación frecuente que puede afectar tanto a la cuerda como a la banda. Están descritas insuficiencias respiratorias agudas por hematoma o desplazamiento inmediato de la prótesis, aunque son poco frecuentes. También se pueden producir infecciones de la herida, seromas, etc. Otra complicación debida a mala técnica es la hipertrofia ventricular debido a la medialización de la banda, que en ocasiones requerirá recolocación de la prótesis. Entre las complicaciones tardías está la hipocorrección del cierre glótico en fonación, el cual requerirá reintervención para colocar una nueva prótesis de mayor tamaño. Tardíamente también se puede dar, aunque es inusual, la extrusión de la prótesis.

En nuestra serie hemos encontrado una mejoría, estadísticamente significativa, en los parámetros de tiempo máximo de fonación, rango dinámico, rango vocal, shimmer y relación armónico/ruido. En el primer enfermo fue necesaria la reintervención por desplazamiento de la prótesis que impedía un buen cierre glótico, dando como resultado cierta hiperfonación. La incidencia de complicaciones se debe a errores de técnica y probablemente a falta de experiencia. La cirugía tiene muchos pasos y debemos ser precisos y minuciosos en cada uno de ellos, pues pequeñas variaciones dan resultados bastante diferentes.

TIPOPLASTIA TIPO II (LATERALIZACION)

De todas las tiroplastias ésta es la técnica que menos se utiliza. Tiene como finalidad disminuir la



FIG. 8.—A: Prótesis sobre la ventana. B: Prótesis introducida en la ventana.

fuerza de cierre glótico. La lateralización del cartílago se consigue cortando el cartílago verticalmente y haciendo un solapamiento o interponiendo una cuña para conseguir un efecto mayor. El que los resultados a largo plazo no sean buenos y el que su principal indicación (disfonía espasmódica) se trate mejor con otras técnicas justifican su escasa utilización.

Indicaciones

La principal indicación la constituía la disfonía espasmódica, que actualmente se trata mejor con infiltración con toxina botulínica, e incluso la tiroplastia de retrusión (tipo III) da iguales o mejores resultados porque actúa sobre ambas cuerdas vocales. Como métodos quirúrgicos para tratar la disfonía espasmódica compiten la sección del nervio recurrente (DEDO, 1976) y la lisis con láser del músculo tiroaritenoides (GARCIA TAPIA, 1996). Las disfonías funcionales que cursan con hiperaducción apenas se tratan con tiroplastia de lateralización porque se corrigen bien con reeducación vocal.

La tiroplastia de lateralización está contraindicada en casos en que la tos sea un claro mecanismo de defensa en una determinada patología: enfermedades crónicas pulmonares.

Técnica quirúrgica

La técnica empleada en esta tiroplastia puede hacerse tanto con anestesia local como con general: en cualquier caso de lo que se trata es de descubrir el ala tiroidea y hacer una incisión vertical en el tercio anterior del hemicartílago. El método que empleemos en la sección del cartílago debe dejar indemne el pericondrio interno para evitar entrar en la endolaringe y, por tanto, para evitar la inestabilidad: nosotros preferimos en esta técnica la fresa cilíndrica de 1 mm. o la esférica cortadora de

1 mm. Una vez seccionado el cartílago debemos despegar el pericondrio interno a lo largo de toda la incisión en una distancia suficiente que permita el acabalgamiento de la parte posterior del cartílago sobre la anterior; en caso de necesitar una mayor lateralización se puede meter en el acabalgamiento una cuña de cartílago que saquemos del borde superior del hemicartílago tiroides sobre el que estemos actuando.

Para darle estabilidad a la maniobra podemos emplear monofilamento de 2-0; también se han ensayado con éxito las miniplacas (WOO, 1990).

TIROPLASTIA TIPO III (RETRUSION)

El éxito de esta operación, al igual que ocurría con la tiroplastia tipo I, es que es bastante predecible por las maniobras manuales. La tiroplastia tipo III no debería indicarse en ningún paciente que no haya hecho un período previo de al menos cuatro meses de reeducación vocal. Esta intervención tiene como finalidad, llevando hacia atrás la comisura anterior, disminuir la tensión de las cuerdas vocales y disminuir el tono de la voz (hacer la voz más grave). La intervención se puede realizar de dos maneras según veremos en la técnica; la segunda de ellas combina la retrusión con la lateralización de la cuerda o expansión de la glotis.

Indicaciones

Es útil en aquellas patologías en donde la tensión excesiva de las cuerdas vocales participe decisivamente en la patogenia. Son tres las indicaciones principales de esta cirugía:

- Fracasos en la mutación vocal en varones adultos jóvenes. El problema de la presente indicación, como sugiere ISSHIKI (1989), es

que lo que hace que la voz sea aguda e inestable no se percibe en la exploración visual y por eso puede parecer excesiva una intervención quirúrgica, pero las maniobras manuales son de gran ayuda.

- Tono vocal agudo debido a cierta rigidez de las cuerdas. En este caso suele tratarse de una lesión congénita.
- Disfonía espasmódica, en donde el alivio de la tensión hace que mejore el espasmo.

No debe indicarse la intervención sin haber realizado antes un tratamiento de reeducación vocal de al menos cuatro meses de duración, sobre todo en las alteraciones de la muda vocal.

Técnica quirúrgica

Esta técnica se lleva a cabo con anestesia local. Existen dos métodos para realizarla:

- Se quita un segmento del ala tiroidea en cada lado con el fin de hacerlas más pequeñas y de acortar las cuerdas.
- Se secciona verticalmente cada ala del cartílago y se encaja el diedro anterior, el que contiene a la comisura anterior, por debajo del resto de las alas (TUCKER, 1985). Con este último método se consigue acortamiento y lateralización: ideal para la disfonía espasmódica.

Para los dos métodos el abordaje es el mismo: se hace una incisión cutánea horizontal en el punto medio entre la quilla y el borde inferior del cartílago tiroideos; una vez alcanzada la línea media se separan o seccionan los músculos prelaríngeos y se expone la parte anterior de ambas alas tiroideas. Con una fresa cortadora se hacen dos incisiones verticales en cada lado del ala, a la altura del tercio anterior, teniendo muchísimo cuidado de no incidir el pericondrio interno. El cartílago que hay entre las incisiones se extirpa, con lo que se produce el acortamiento de las cuerdas. Al quitar el cartílago debemos saber que un acortamiento moderado de una cuerda obliga a eliminar una tira unilateral de 2-3 mm. y que un acortamiento mayor se debe lograr quitando 4-5 mm. en un lado o 2-3 en cada lado en caso de querer acortar las dos. Los fragmentos de cartílago que permanecen quedan inestables; para lograr la estabilidad hay que fijarlos con puntos de colchonero con monofilamento o con miniplacas.

La última innovación de esta técnica (FORD, 1996) consiste en hacer un solo corte a cada lado despegando cuidadosamente el pericondrio interno hasta que tenga el suficiente espacio para que empujando el diedro anterior los dos extremos laterales (corte vertical) se introduzcan por debajo del resto del ala tiroidea (fig. 9).

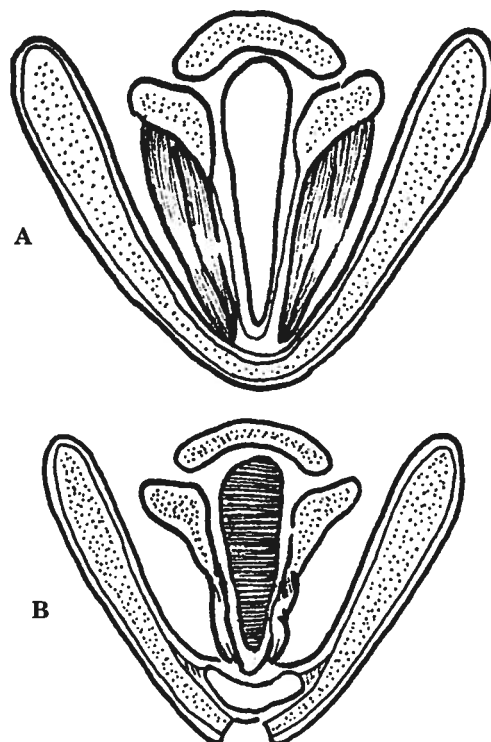


FIG. 9.—Visión esquemática de la retrusión de la comisura anterior. El pericondrio interno debe quedar íntegro.

TIROPLASTIA TIPO IV (APROXIMACION CRICOTIROIDEA)

Esta intervención tiene como finalidad conseguir el alargamiento de las CV, con lo que aumenta la frecuencia fundamental y la voz se hace más aguda. Este objetivo también se puede conseguir con otros dos procedimientos como son: aumentar la dimensión anteroposterior del cartílago tiroideos, inyectar corticoides en el espesor de la cuerda o hacer una sinequia iatrógena anterior. Con este tipo de tiroplastia se puede agudizar la voz hasta una octava, pero el paciente debe ser consciente de que en ocasiones los resultados son aleatorios y no se pueden controlar adecuadamente. Igualmente puede ocurrir que de forma inesperada, sobre todo al principio, la voz sea inestable con pérdidas instantáneas del tono («gallos»).

Indicaciones

La indicación general es un tono vocal bajo en ausencia de patología vocal que se pueda tratar de otra manera. En principio, todas aquellas formas en las que se pretenda conseguir un tono de voz más agudo, como son:

- Androfonía (mujeres con voz grave): Síndrome adrenogenital, enfermedad de Addison, miodema, acromegalia.

- Voces definitivas tras tratamientos con adrogénos o anabolizantes.
- Parálisis del músculo cricotiroides.
- Transexualidad.

El tratamiento fonocirúrgico de los transexuales debe ser el procedimiento final en toda su serie de intervenciones; este tratamiento se debe acompañar de una intensa reeducación vocal y tratamiento psicológico.

Técnica quirúrgica

Esta cirugía se realiza también con anestesia local bajo sedación y mediante una incisión horizontal de unos 4 cm. que se realiza en el borde inferior del cartílago tiroideos. Hay que disecar los músculos prelaríngeos hasta exponer todo el cartílago tiroideos y el cricoides.

La aproximación cricotiroides eleva el tono vocal porque remeda, mediante tensión con suturas, la contracción del músculo cricotiroides. Se dan puntos monofilamento 3-0 en cuatro sitios a lo largo del cricoides y del tiroideos para disminuir la presión ejercida sobre los propios cartílagos y que no se rompan, pero manteniendo la fuerza de aproximación. En la descripción original, ISSHIKI realizaba la sutura en el cricoides a través de su espesor, pero es más sencillo y más efectivo pasar las suturas por debajo del cricoides, dándole la vuelta. En ocasiones es difícil pasar cuatro puntos y pueden ser suficientes dos. Las suturas se sujetan en el tiroideos, reforzándolo, mediante unos pequeños moldes de silicona que impiden que las suturas se deslicen y que la tracción directa sobre el cartílago lo corte (fig. 10).

Los puntos se distribuyen de tal forma que resulten casi paralelos al fascículo recto (anterior) del músculo cricotiroides. Es conveniente dar primero los puntos y atarlos después alternativamente a un lado y al otro, mientras se mantienen presionados, para acercarlos, tiroideos y cricoides. Los cartílagos cricoides y tiroideos deben aproximarse tanto como sea posible, aunque a veces esto dificulte la vocalización, pero se debe tener en cuenta que después, debido a que ceden un poco las suturas, el tono de voz revierte y se hace algo más grave que el conseguido en la cirugía.

En el postoperatorio el paciente puede tener casi afonía que no debe preocupar. Es aconsejable reposo vocal durante una semana.

ADUCCION DEL ARITENOIDES

Esta técnica de medialización de la CV es complementaria, en ocasiones, de la tiroplastia tipo I. Fue descrita por ISSHIKI (1974) y es una técnica extendida entre los fonocirujanos.

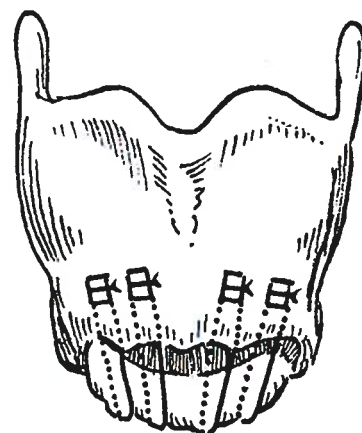
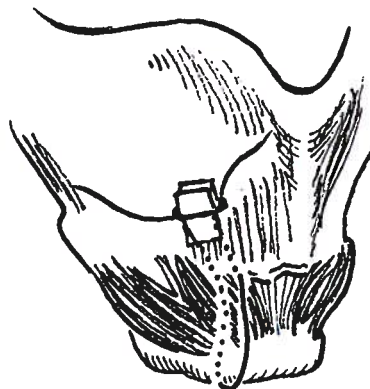


FIG. 10.—Aproximación cricotiroides mediante cuatro puntos entre tiroideos y borde inferior de cricoides.

La aducción aritenoides utiliza los mecanismos de la articulación cricoaritenoides remediando la acción del músculo cricoaritenoides lateral. Tiene una dificultad técnica importante que alarga el tiempo quirúrgico respecto a la tiroplastia de medialización.

Con la aducción aritenoides se consigue aumentar la longitud de la porción membranosa de la CV, rectificar el ángulo existente entre los segmentos membranoso y cartilaginoso y cerrar el defecto glótico posterior (fig. 11), siendo el resultado de dicha corrección una mejoría objetiva de la función vocal.

Indicaciones

Parálisis vocales unilaterales en las que exista durante la fonación una glotis con forma triangular asociada a importante defecto de cierre posterior; el defecto posterior se corrige de forma incompleta con la tiroplastia de medialización (MAHIEU, 1996).

La aducción aritenoides también está indicada cuando la cuerda paralizada se encuentra más elevada que la del lado sano: como la articulación cri-

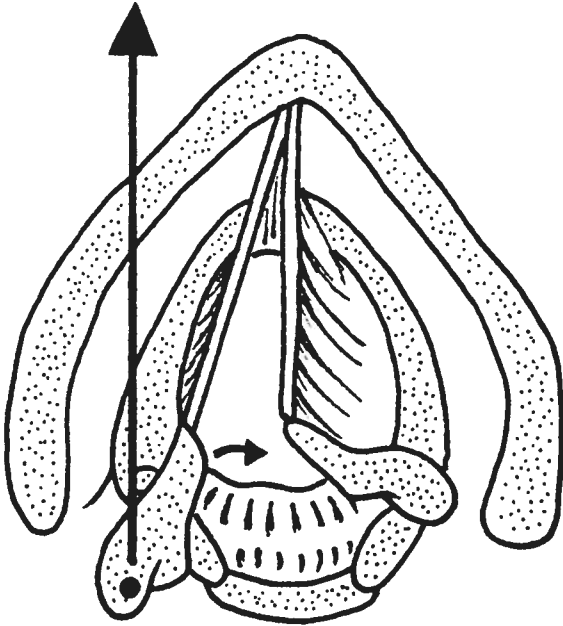


FIG. 11.—Representación esquemática de la aducción quirúrgica del aritenoides. La flecha indica la dirección del punto de sutura, que corresponde a la de los haces del músculo cricoaritenoides lateral.

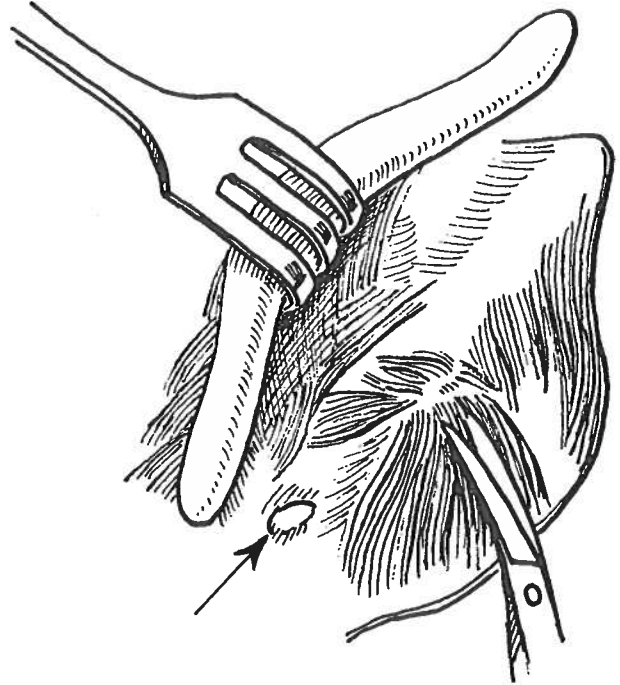


FIG. 12.—Localización de la apófisis muscular del aritenoides una vez separada la articulación cricotiroides (flecha).

coaritenoides tiene una forma cilíndrica, se entiende que el movimiento de rotación alrededor del eje mayor de la articulación se asocia a una diferente altura de la CV paralizada en las hendiduras glóticas amplias.

La aducción aritenoides es muy eficaz en los casos de aspiración crónica con defecto posterior y en fijaciones de la articulación cricoaritenoides, mientras que por el contrario es ineficaz en los casos en los que existe una trofia de la CV (arqueamiento de la cuerda): en estos casos la asociaremos con la tiroplastia de medialización.

Técnica quirúrgica

La intervención se realiza también bajo anestesia local y sedación y con control fibroscópico de la laringe.

La incisión será igual que en la tiroplastia tipo I pero ampliada hacia atrás, casi incluyendo unos 2 cm. del músculo ECM para permitir una buena exposición del borde posterior del ala tiroidea. Una vez incidida la musculatura prelaríngea se descubre el ala y se secciona el músculo constrictor inferior, rotando para ello la laringe. En este punto se debe realizar una disección roma del pericondrio interno del ala tiroidea, depegando el margen posterior y la superficie interna del ala tiroidea. A continuación hay que dislocar la articulación cricotiroides. Para la obtención de un mejor campo quirúrgico se puede sec-

cionar sólo el cuerno inferior o la parte posterior del ala tiroidea también.

Para localizar la apófisis muscular de la articulación cricoaritenoides, que es el siguiente paso, es importante separar los tejidos blandos manteniéndose pegados al borde del cricoides para evitar entrar en el seno piriforme. La apófisis muscular no es fácil de localizar, pues se encuentra cubierta por una capa muscular que aparentemente forma una superficie homogénea pero con una tendencia de las fibras musculares de converger hacia la apófisis muscular (fig. 12). ISSHIKI da unas pistas para su identificación que son de gran ayuda:

- Siempre se encuentra al mismo nivel de la CV.
- Está a 1 cm. del borde superior de la articulación cricotiroides.
- Está situada en el borde más superior del cricoides.
- Si el cirujano palpa con su dedo índice sobre los músculos se aprecia una pequeña prominencia del tamaño de un grano de arroz.

Una vez localizada la articulación se abre, apareciendo la característica superficie nacarada; no debemos luxar el aritenoides. A continuación, y ésta es una maniobra difícil, daremos un punto sobre la apófisis muscular que incluya músculo, pericondrio y cartílago, con una sutura monofilamento de 3-0 o de 4-0. MAHIEU (1995) aconseja la utilización del nuevo material «goretex», que por su fiabilidad permite mantener la tensión, pero con cierta movili-

dad. Este punto traccionará de la apófisis muscular medializando secundariamente la cuerda vocal; el punto debe atravesar el ala tiroidea en su zona anteromedial, en la zona en donde mejor medialice, cosa que comprobaremos mientras el paciente emite voz (contar números) y le hacemos una fibroendoscopia. Si el cartilago está muy osificado utilizaremos una fresa para hacer dos orificios por donde pasar el punto.

Se puede asociar la aducción aritenoides con la tiroplastia tipo I. Se empieza por la tiroplastia y si la medialización con la prótesis es insuficiente para corregir el defecto posterior se asociará la aducción aritenoides.

Complicaciones

Aparecen en un porcentaje muy superior (33%) a las de la tiroplastia tipo I. Entre las complicaciones podremos tener: infección de la herida, deslizamiento de la sutura aritenoides, fistula laringocutánea, lesión de la carótida y obstrucción de la vía respiratoria.

BIBLIOGRAFIA

- DEDO, H. H.: «Recurrent laryngeal nerve section for spastic dysphonia». *Ann. Otol. Rhino. Laryngol.*, 1976; 85: 451-459.
- FORD, C. N.: *Thyroplasty. Indications, techniques, outcome*. En: Fried, M. P., editor. San Luis: Mosby, 1996.
- GARCIA-TAPIA, R., y FERNANDEZ-GONZALEZ, S.: *Thyroarytenoid muscle resection as primary treatment for adductor spasmodic dysphonia*. IVth International Symposium on Phonosurgery. Filadelfia, 1966.
- ISSHIKI, N.; MORITA, H.; OKAMURA, H., y HIRAMOTO, M.: «Thyroplasty as a new phonosurgical technique». *Acta Otolaryngol.*, 1974; 78: 451-457.
- ISSHIKI, N.: «Recent advances in phonosurgery». *Folia Phoniatr.*, 1980; 32: 119-154.
- ISSHIKI, N.: *Phonosurgery theory and practice*. Tokio: Springer-Verlag, 1989.
- KOUFMAN, J. A.: «Laryngoplasty for vocal cord medialization: An alternative to teflon». *Laryngoscope*, 1986; 96: 726-731.
- VON LEDEN, H.: «Fono-cirugía». *Acta ORL Ibero-Americ.*, 1971; 22: 291-299.
- MAHIEU, H.: *Thyroplasty surgical technique*. II Curso Internacional de Diagnóstico y Tratamiento de la Patología Vocal. Hospital Universitario de Alcalá de Henares. Universidad de Alcalá, 1995.
- MAHIEU, H., y NORBERT, T.: *Voice improvement following thyroplasty type I as compared to a combination of thyroplasty type I and arytenoid adduction*. IVth International Symposium on Phonosurgery. Filadelfia, 1966.
- MEURMAN, Y.: «Operative mediofixation of the vocal cord in complete unilateral paralysis». *Arch. Otolaryngol.*, 1952; 55: 544-553.
- NETTERVILLE, J. L.; STONE, R. E.; LUKEN, E. S.; CIVANTOS, F. J., y OSSOFF, R. H.: «Silastic medialization and arytenoid adduction: The Vanderbilt experience. A review of 116 phonosurgical procedures». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1993; 102: 413-424.
- PAYR, A.: «Plastik am schildknorpel zur Behebung der Folger einseitiger Stimmbandlähmung». *Dtsch. Med. Wochenschr. (Stuttgart)*, 1915; 43: 1265-1270.
- SEIFFERT, A.: «Operative Wiederherstellung des Glottisschlusses bei Reinseitiger Recurrenslähmung und stimmbanddefekten». *Arch. Ohr. Nas. Kehlk-Heilk.*, 1942; 152: 366-368.
- TAIRA, T.; ISSHIKI, N., y KAWANO, M.: «Laryngeal manual compression test as a therapeutic measure for functional voice disorders». *Pract. Otol. Kyoto.*, 1986; 79: 1283-1289.
- TUCKER, H. M.: «Anterior commissure laryngoplasty for adjustment of vocal fold tension». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1985; 94: 547-549.
- WOO, P.: «Laryngeal framework reconstruction with miniplates». *Ann. Otol. Rhino. Laryngol.*, 1990; 99: 772-978.

El láser en la fonocirugía

R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

Desde su aplicación inicial a la microcirugía endoscópica laríngea, llevada a cabo por STRONG y JAKO en 1972, la utilización del láser CO₂ se ha situado como un procedimiento de elección ante algunos tipos de patología laríngea. Su aceptación como elemento de reconocida eficacia radica sobre las ventajas que ofrece en relación a la cirugía convencional: coagulación de vasos de pequeño calibre, inferiores a 0,6 mm. de diámetro; destrucción tisular periférica reducida y escasa reacción al traumatismo térmico. Más allá de estas ventajas el láser no aporta nada especial como forma de tratamiento en sí, no ejerce ningún efecto exclusivo que lleve consigo mayor número de curaciones de determinados procesos patológicos; simplemente facilita la cirugía, la hace más precisa al trabajar sobre un campo exangüe, reduce el edema postoperatorio, dejando detrás de sí un lecho cruento de superficie uniforme que facilita la cicatrización, también uniforme, no exudativo ni sangrante, cuya cicatrización se produce en un período de tiempo reducido, y que cursa con mínimo dolor.

El haz de láser se caracteriza por ser una radiación electromagnética amplificada, cuyas propiedades son: alto grado de colimación, lo que significa la unidireccionalidad del haz con mínima divergencia, monocromaticidad o radiación dentro de un rango de longitud de onda muy estrecho, y coherencia, dado que todos los fotones están en fase, tanto en el espacio como en el tiempo.

El láser de anhídrido carbónico produce una emisión de luz infrarroja, invisible para el ojo humano, de una longitud de onda de 10.600 nm., cuyo punto de impacto se controla visualmente mediante un haz visible, producido por una fuente de emisión lumínica de baja potencia de helio-neón, que coincide exactamente con la trayectoria de la emisión producida por el CO₂. La radiación emitida por el láser de CO₂ al incidir sobre los tejidos es absorbida por el agua intracelular, produciendo sobre el lugar de impacto un ascenso de la temperatura y la alteración tisular. El grado de destrucción depende de la duración de la irradiación, de la potencia que se emplee y de las características físicas del tejido, en lo que se refiere a su contenido en agua y a la capacidad para conducir el calor. Temperaturas entre 60 y 80° C producen una desnaturalización de

las proteínas y, por tanto, la coagulación. Temperaturas superiores, entre 80 y 100° C, producen la deshidratación por evaporación del agua intracelular, lo que genera efecto de corte por vaporización en el punto de impacto.

Las primeras unidades de láser con las que comenzamos a operar en 1980 impactaban sobre los tejidos con un diámetro de 600-800 μ m., el cual bajo el concepto microquirúrgico era inadecuado. Producía además un efecto térmico periférico a la lesión considerable, que generaba un alto grado de carbonización, fibrosis y calcificación. Esta situación proscribía su uso ante lesiones benignas de pequeño tamaño, en las que lo que se pretende es obtener un buen resultado fonatorio. La evolución experimentada por los aparatos de láser de CO₂ ha llevado consigo la reducción del diámetro del láser hasta dimensiones que oscilan entre 250 y 160 μ m., lo cual se consigue gracias a la utilización de micromanipuladores especiales. Estos aportan la posibilidad de focalización, con lo que se consigue aplicar una gran energía sobre un punto de diámetro muy reducido partiendo de una potencia inicial baja, y resuelven la falta de paralelismo de los anteriores al hacer coincidir exactamente el haz de helio-neón con el haz del láser CO₂ (fig. 1).

En el momento actual existen micromanipuladores de distancia focal variable, lo que supone poder reducir más aún el diámetro del spot al utilizarlo con focales inferiores a 400 mm., que además am-

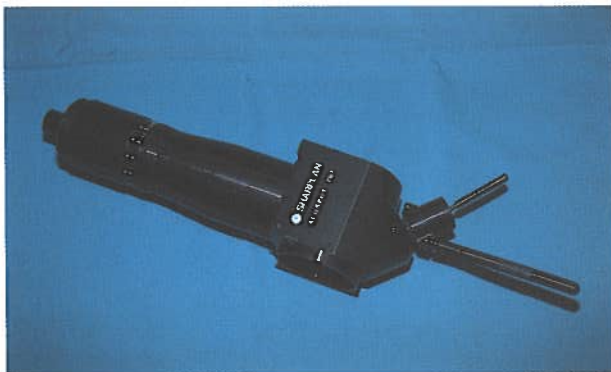


FIG. 1.—Micromanipulador Sharplan 710/711 Acuspot. Diámetro de punta de impacto 250 μ m. a 400 mm. de distancia focal.

plían la luminosidad en el ocular por el distinto sistema de reflexión del haz de láser que utilizan.

A estas indudables mejoras ópticas se suman las distintas formas de liberación de potencia y de exposición a los tejidos del haz del láser CO₂, lo que ha hecho posible realizar una cirugía mucho más precisa y eficaz y una reducción de los efectos térmicos periféricos indeseables, ampliándose con ello la aplicación a la microcirugía.

MODO DE ACTUACION DE LA UNIDAD DE LASER

Se basa en dos tipos distintos de regulación. Uno, destinado a regular la forma de operación del láser, y otro, que regula la forma de exposición a los tejidos, lo cual puede hacerse de tres modos distintos para cada factor:

— Modos de operación del láser:

- Onda continua.
- Onda superpulsada.
- Onda pulsada.

— Modos de exposición:

- Continuo.
- Pulso único.
- Pulso repetido

MODOS DE OPERACION

En el modo de operación continua el haz del láser es emitido en un rango de potencia determinada por las características de cada aparato. Los destinados a la microcirugía de laringe suelen disponer de una potencia máxima de 30 W.

En el modo de operación superpulsado el haz del láser es emitido en un tren de pulsos sucesivos, separados entre sí por milisegundos, cuyo pico de potencia es muy alto.

En el modo de operación pulsada el haz de láser se emite mediante pulsos de alta frecuencia regulables, cuyo rango de potencia media es de 1-25 W y un rango de pulsación de 0,2 a 1,0 s.

Ambos sistemas hacen posible la aplicación de potencias altas durante un período de tiempo muy corto, lo que reduce los efectos térmicos periféricos (fig. 2).

MODOS DE EXPOSICION

Regulan la duración de la exposición a los tejidos del láser CO₂. En el modo continuo el haz de láser

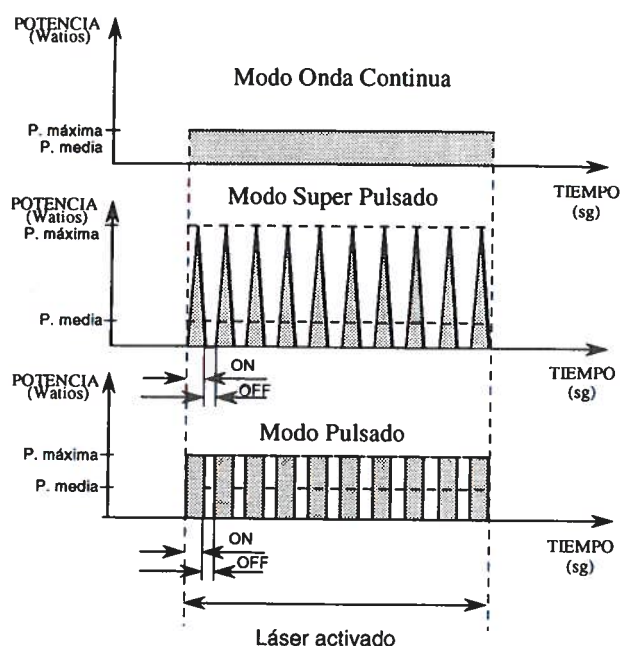


FIG. 2.—Modos de operación.

es emitido durante el tiempo en el que el pedal de disparo está activado. En el modo de pulso único el láser es emitido como un solo pulso de duración previamente establecida tanto para el modo de actuación en onda continua como para los modos pulsado y superpulsado. La duración es regulable, entre 0,01-1,0 segundos para el modo en onda continua. Para los modos pulsado y superpulsado la duración de la exposición es entre 0,2 y 1 segundo (fig. 3).

En el modo de pulso repetido el láser es emitido en forma de series de pulsos mientras se mantenga activado el pedal de disparo. La duración de cada pulso puede graduarse entre 0,2 y 1,0 segundos. El intervalo entre pulsos es regulable entre 0,01 y 1,05 segundos. La combinación entre los tres modos de operación y los tres de exposición da lugar a nueve posibilidades de actuación quirúrgica.

La capacidad de incisión se incrementa con la potencia, reduciéndose el efecto térmico periférico con

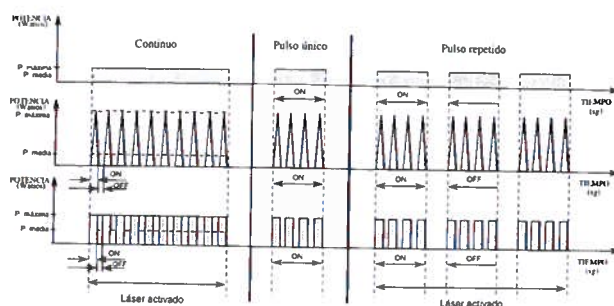


FIG. 3.—Modos de exposición.

la disminución de la duración de la exposición, que da más tiempo a los tejidos para enfriarse. La selección del sistema de actuación es determinado por las características de la lesión a tratar, el efecto que se pretende obtener y el que se desea evitar. Las reglas básicas para la aplicación del láser CO₂ con concepto fonocirúrgico son: evitar la aplicación en forma de exposición continua y utilizar el modo superpulsado con el período más corto de tiempo de exposición en pulso único o pulso repetido.

TECNICA DE ANESTESIA

En relación a la cirugía con láser CO₂ la técnica de anestesia adquiere un significado más importante que cuando se realiza cirugía convencional.

Las diversas formas de ventilación aplicables a la anestesia en microcirugía laríngea son: intubación orotraqueal, ventilación por jet de baja frecuencia, jet por alta frecuencia y neuroleptoanalgesia; la más utilizada es la orotraqueal. Este procedimiento permite realizar sin dificultad y sin riesgos añadidos la mayoría de las intervenciones microquirúrgicas en el adulto. Garantiza siempre una buena ventilación, la protección de la vía respiratoria inferior de la entrada de sangre, una buena relajación con inmovilidad de cuerdas vocales y la utilización de fármacos de rápida eliminación.

Uno de los inconvenientes de esta forma de ventilación, frecuentemente mencionado, es la potencial limitación de la visión por la presencia del tubo en la glotis. En nuestra experiencia esta circunstancia no ha supuesto limitación alguna para la microcirugía convencional de la laringe ni para la utilización del láser CO₂ sobre las estructuras que configuran la glotis cuando el tubo es de diámetro adecuado. La situación del tubo en la región posterior de la laringe no sólo permite una buena visión de toda la longitud de la cuerda membranosa, sino que, en gran medida, facilita su visión por la compresión hacia atrás que genera la presencia del tubo laringoscópico apoyado sobre el de anestesia, lo cual facilita la distensión y ampliación anteroposterior de área glótica.

Cuando la región a operar u observar es la posterior, el desplazamiento del tubo anestésico a la región intermembranosa de la glotis mediante el dorso del tubo laringoscópico ofrece una visión perfecta de la región posterior, manteniendo además separados los aritenoides. Esta maniobra, posible en casi todos los casos con los laringoscopios clásicos, puede realizarse mediante un tubo conformado especialmente para dirigir y estabilizar el de anestesia.

También se ha señalado como inconveniente en relación al empleo del láser CO₂ el riesgo que supone la presencia de un tubo de material inflamable o perforable en presencia de una proporción de oxígeno

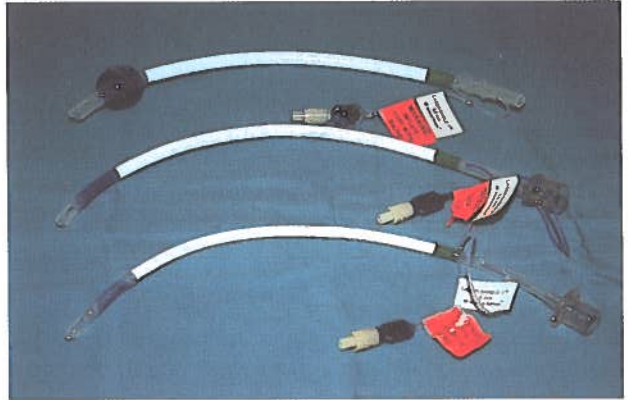


FIG. 4.—Tubos especiales láser de CO₂ con balón relleno de suero fisiológico teñido con azul de metileno.

no alta. En los comienzos de la cirugía con láser CO₂ de la laringe las complicaciones atribuidas al tubo de ventilación fueron relativamente frecuentes y, sobre todo, graves, lo que llevó a la experimentación de materiales que soportasen el impacto del láser y el diseño de tubos especiales, así como al ensayo de técnicas de anestesia por jet (NORTON, 1978, 1976; OSSOFF, 1983; LE JEUNE, 1982). En el momento actual sigue siendo aconsejable que en la cirugía con láser CO₂ se empleen tubos especiales (fig. 4) para reducir al mínimo el riesgo de perforación de su pared o del balón, hechos que en nuestra experiencia son producto de una gran imprecisión o falta de precaución en el manejo del láser.

Dado el alto coste de los tubos especiales, pueden utilizarse los convencionales, siempre que se realice la protección de la pared de estos tubos, lo cual puede hacerse con Merocel® empapado en suero fisiológico y la protección del balón con un taponamiento subglótico realizado con tira de algodón, igualmente empapada en suero fisiológico frío. Además es conveniente rellenar el balón de anestesia con suero fisiológico, teñido o no con azul de metileno, lo que permite detectar la rotura del balón antes de que lo haga el sistema de ventilación, y actuar impidiendo la propagación del fuego. La aplicación del taponamiento destinado a proteger el balón debe realizarse con pinzas de punta roma para evitar la penetración de su pared al colocar y distribuir el taponamiento sobre el balón del tubo de anestesia, el cual debe estar colocado lo más distal posible del punto de actuación quirúrgica. Es útil el dotar al taponamiento de un hilo que facilite su extracción, o mejor, de una fina cadena metálica, que por su propio peso se mantiene en el punto deseado, sin interponerse en la visión, como ocurre con el hilo, el cual molesta y muchas veces es cortado por un impacto de láser. De esta forma se facilita la extracción del taponamiento que cuando es de volumen reducido puede, ante una rotura del balón, emigrar hacia abajo.

En los niños menores de diez años, y dependiendo de la patología que condicione la intervención, la anestesia difiere en gran medida del método habitual para los adultos, pues en ellos la intubación orotraqueal puede limitar y aun impedir la visión correcta del área glótica y subglótica. El procedimiento anestésico más adecuado es el propuesto por BENJAMIN (1987). Realiza la inducción con tiopental sódico e inhalación con óxido nitroso y oxígeno mediante mascarilla, manteniéndola posteriormente sólo con halotano y la aplicación de lidocaína tópica sobre el vestíbulo y cuerdas vocales. La laringoscopia se realiza con el tubo pediátrico, que dispone de un conducto de calibre suficiente como para mantener la oxigenación y la anestesia por inhalación de halotano y oxígeno durante el tiempo que sea necesario, lo que permite la actuación quirúrgica sin la limitación de la visión por el tubo endotraqueal y, así como, al final de la exploración, después de la supresión del gas anestésico, la observación del comportamiento dinámico de la laringe.

TECNICA QUIRURGICA

La cirugía con láser CO_2 de la laringe se realiza mediante el control visual y la magnificación que aporta el microscopio operatorio. La adaptación de la unidad de láser al objetivo del microscopio es lo suficientemente segura y firme como para formar entre ambos un elemento perfecto para la cirugía endoscópica. Habitualmente se trabaja con distancia focal de 400 mm., lo cual en relación al manejo manual de pinzas y aspiración nos deja entre el micromanipulador del haz del láser y el extremo proximal del tubo laringoscópico una distancia que permite su utilización sin restricciones. Bajo estas condiciones focales el punto de impacto utilizando el sistema Acuespot es de 250 μm . La reducción de la distancia focal utilizando lentes de 250 ó 300 mm. significa una reducción del punto de impacto a 160 y 190 μm ., respectivamente. Esta posibilidad es de gran utilidad siempre que se mantenga la distancia entre el extremo proximal del tubo y extremo distal del conjunto de microscopio y láser dentro de una dimensión que permita las maniobras normales del instrumental complementario o se disponga de instrumentos de menor longitud. Los nuevos micromanipuladores resuelven este problema totalmente.

La importancia mecánica del micromanipulador no es desdeñable. De su perfecto manejo depende la precisión en el campo de actuación. Debe ser regulable en cuanto al grado de movilidad, el cual se selecciona en relación a la forma de presentación del impacto, pulsada o continua y a la sensibilidad del cirujano. Los micromanipuladores con muelle de inercia son más fáciles de manejar, pero tienen el inconveniente de no poderse fijar en una posi-

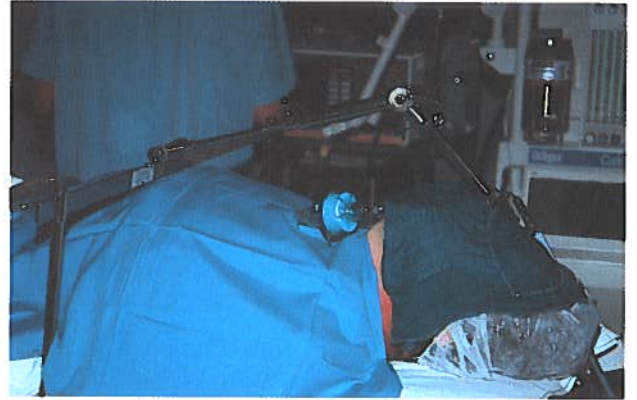


FIG. 5.—Protección de la cara del paciente.

ción determinada, lo cual elimina la posibilidad de actuar con las dos manos en el campo y con el punto rojo fijo y realizar así al mismo tiempo tracción, aspiración y corte.

La protección de la cara del paciente, en particular la de los ojos, es obligada durante el empleo de láser CO_2 . La realizamos después de preparados los ojos de la forma habitual para cualquier cirugía bajo anestesia general, mediante la cobertura con un paño mojado que se adapta perfectamente a las paredes externas del tubo de laringoscopia (fig. 5). Deben seguirse sin desviación ni omisión las medidas de seguridad general que acompañan a cada unidad de láser.

La técnica quirúrgica se basa en la habitual para laringoscopia directa autoestática, la cual se describe en el capítulo referente a la microcirugía convencional. Como en ésta, el requisito indispensable es un buen acceso visual que ofrezca sin limitaciones una visión completa del área glótica y de la región posterior de la laringe en aquellos casos en los que por la ubicación de la lesión sea necesario. El instrumental para este tipo de cirugía es muy reducido en número, ya que el elemento de corte y coagulación es el propio láser de CO_2 .

LARINGOSCOPIOS

En su configuración es deseable que la superficie de la luz del tubo sea mate para evitar la reflexión del haz de láser ante el posible impacto sobre ella, principio que es aplicable al resto del instrumental. No obstante, tanto éste como los laringoscopios convencionales pueden utilizarse sin que ello suponga riesgos mayores (fig. 6).

Una característica irrenunciable, por lo que facilita esta cirugía, es la de disponer de un conducto extractor de humo incorporado a la pared del tubo, en la misma forma que lo está el destinado al haz de fibras para iluminación. A los tubos que no dis-

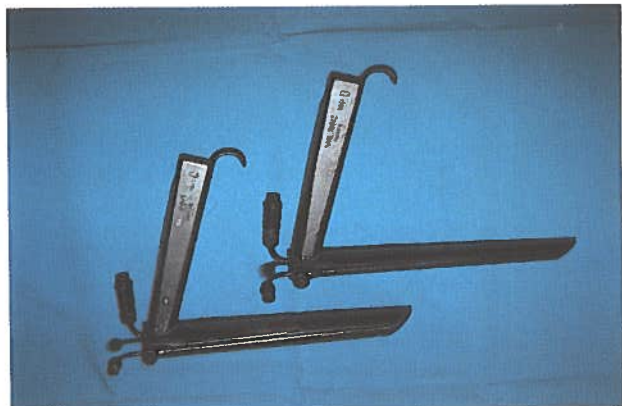


FIG. 6.—Tubos especiales para láser. Diámetros en punta 11,5 y 13,5 mm.

ponen de este conducto se les puede adaptar un sistema similar que discurre por la luz del laringoscopio; cumple su misión perfectamente, pero obstruye algo la visión y dificulta algunas maniobras. En el resto de sus características los tubos para láser no difieren de los comunes.

Como laringoscopios especiales pueden utilizarse los de comisura anterior y los de espátulas desplazables, los cuales pueden ser útiles en algún caso, pero en líneas generales no aportan a nuestro juicio ventajas especiales; el laringoscopio de comisura anterior no suele mejorar la visión de la comisura en los casos en los que no es observable con uno habitual de diámetro reducido. La indicación precisa para el laringoscopio de Weerda, de espátulas desplazables, es la de la cirugía del vestíbulo laríngeo y sus márgenes.

Los tubos pediátricos que mejor se adaptan a esta cirugía son el de Benjamín y el de Linholm (fig. 7). El primero, al tener una embocadura amplia, facilita la visión binocular y elimina la limitación visual que suponen dos instrumentos introducidos en una luz estrecha y larga. El de Linholm, al situar su ex-



FIG. 7.—Tubos laringoscópicos pediátricos de Benjamín y Lindholm.

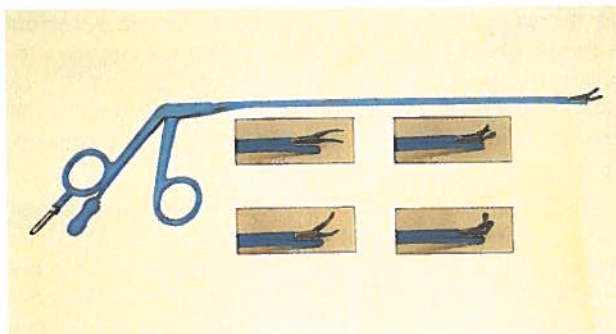


FIG. 8.—Micropinzas para láser.

tremo distal en la vallécula, ofrece una visión panorámica de la laringe y sus márgenes, lo cual hace más fácil y precisa la cirugía de los procesos patológicos que se desarrollan en los márgenes o en el vestíbulo laríngeo.

El material quirúrgico especial se limita a pinzas de cocodrilo rectas y curvas, a derecha e izquierda, que son utilizadas para la coagulación de vasos que no responden al impacto del láser. Existen pinzas específicas para esta misión en las que su vástago solamente, o éste y la empuñadura, están eléctricamente aislados y disponen además de un conducto para la aspiración que acaba muy próximo al extremo distal de la pinza (fig. 8); en la empuñadura se disponen las conexiones para la coagulación monopolar y la aspiración. En su defecto, las pinzas comunes cumplen la misma función si aislamos su vástago enfundándolo en un tubo de polivinilo fino; utilizándose al hacerlo así guantes de látex con el fin de proteger al cirujano y ayudante durante su manejo.

Para la cirugía de la aritenoidectomía es conveniente disponer de una pinza más fuerte de lo habitual para la tracción del aritenoides, así como de una horquilla para desplazar el nudo hecho en el exterior hasta su lugar adecuado en los casos en los que se recurra al cierre de la herida mediante suturas absorbibles.

En líneas generales los instrumentos previstos para la protección ante el impacto de láser de áreas próximas a la zona de exéresis no son muy necesarios.

INDICACIONES

A priori, como elemento de corte, el láser CO₂ puede utilizarse en la mayoría de las lesiones que afectan a laringe susceptibles de tratamiento micro o macroquirúrgico. Sin embargo, la indicación de su uso debe establecerse mediante una reflexión cuidadosa sobre la naturaleza histológica de la lesión y las ventajas e inconvenientes que puede suponer su uso en comparación con las técnicas convencionales. Las ventajas de la utilización del láser

ya mencionadas deben ser ponderadas en relación a los posibles efectos térmicos sobre los tejidos circundantes, a la posible alteración funcional que puede acarrear una fibrosis cicatricial intensa, a los riesgos inherentes a su uso y al coste de la intervención.

En el momento actual su aplicación a las lesiones benignas, proscrita inicialmente por las razones mencionadas, se ha extendido gracias a la posibilidad de utilizar la llamada técnica de Microspot, que facilita el uso de potencias altas, con diámetros de haz muy reducidos con respecto a los utilizados previamente, lo cual disminuye notablemente la difusión térmica.

Nuestra experiencia en este sentido es escasa, pues nos mantenemos dentro del esquema de no utilizar el láser más que cuando realmente es necesario, e inseguros en lo que se refiere al resultado funcional que lleva consigo la aplicación de láser CO₂ sobre lesiones pequeñas del borde libre de la cuerda vocal. Esta postura, coincidente con la de otros especialistas, nos ha llevado a limitar su uso al considerar que en la mayoría de las lesiones de esa localización el trauma que genera la exéresis microquirúrgica por bisturí o tijera, cuando realizada delicadamente es indudablemente menor que el producido por el láser CO₂. Con esto no queremos decir que el empleo en esas lesiones sea inadecuado, puede utilizarse, y de hecho otros especialistas lo hacen con aparentemente buenos resultados, por lo que incluimos este tipo de procesos patológicos dentro de las posibles indicaciones siempre que se encuentre una justificación y se realice siguiendo estrictamente el concepto quirúrgico que exponemos más adelante.

NODULOS VOCALES

El tratamiento logopédico es el de elección para los nódulos vocales; sólo aquellos que por su falta de respuesta a aquél, o constituidos ya como una masa firme de largo tiempo de evolución y defecto de oclusión considerable, son tributarios de tratamiento quirúrgico.

El tratamiento con cirugía convencional lleva consigo un mínimo traumatismo que afecta sólo al plano mucoso de la cuerda vocal, con mínimo sangrado y sin edema postoperatorio, por lo cual su exéresis con láser CO₂ no nos parece justificada. En el caso de optar por este tipo de cirugía, la técnica adecuada es la resección por afeitado, limitando el área de impacto a su masa exclusivamente y manteniendo siempre el punto rojo por fuera de su línea de implantación. La forma de aplicación correcta onda superpulsada con 3 W de potencia inicial, pulso único y 0,1 sg. de exposición (fig. 9).

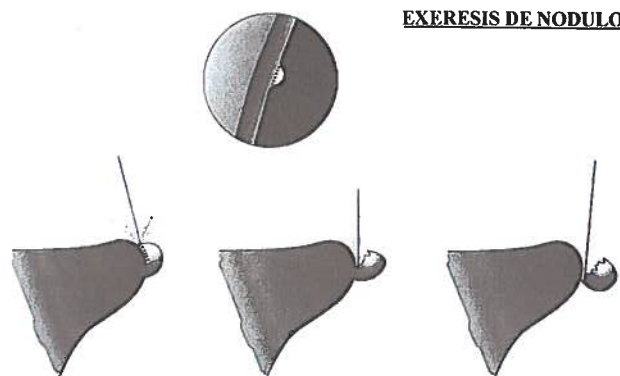


FIG. 9.

POLIPOS VOCALES

El tratamiento inicial es siempre quirúrgico completado con tratamiento logopédico si se atribuye a un trastorno funcional de fondo. La aplicación del láser es la misma que para el nódulo. La presentación del pólipo para la exéresis debe hacerse sin tracción medial, movilizándolo solamente hacia afuera y abajo para definir claramente su margen de implantación; una vez precisada la ubicación y extensión del margen se procede a la aplicación del láser sobre la cara superior de la implantación procediendo de atrás a delante y limitando la exéresis sólo al margen epitelial. Una vez realizada la incisión superior se tracciona hacia la línea media, delicadamente, para localizar la base de la implantación inferior. Una vez establecido el margen inferior se actúa sobre éste de la misma forma con objeto de preservar al máximo la mucosa (fig. 10).

Cuando se produce cierto sangrado, lo cual no es infrecuente en los pólipos, debe recurrirse al manejo a dos manos para mantenerlo en posición y aspirar simultáneamente dejando el punto rojo fijo sobre el área que se intuye como el lugar de impacto correcto, corrigiendo manualmente la posición mediante tracción y separación-aspiración, hasta hacer coincidir el lugar del impacto con el punto rojo.

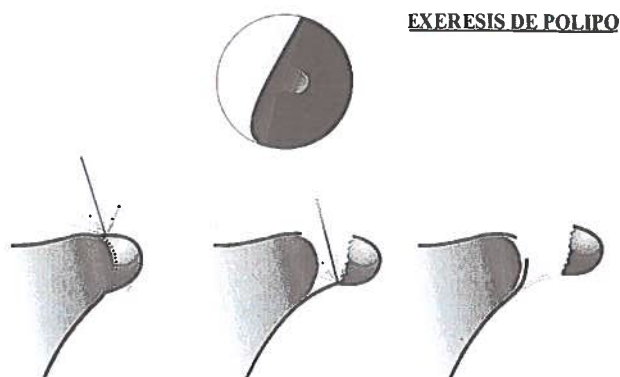


FIG. 10.

En los casos en los que se aprecia la existencia de un vaso dilatado o múltiples vasos periféricos al pólipo es conveniente proceder a la aplicación del haz desenfocado con 1-2 W de potencia sobre un punto de su trayecto. La repetición de impactos para hemostasia después de la exéresis es un error. Ese sangrado se controla con la aplicación de una microturunda impregnada en adrenalina o vasoconstrictor.

EDEMA DE REINKE

El láser en este tipo de lesión se emplea para hacer la incisión que nos da acceso al espacio de Reinke. Se hace sobre la vertiente superior del edema calculando el desplazamiento lateral ulterior que va a experimentar el margen interno de la resección una vez eliminado el segmento sobrante de mucosa.

La incisión se hace en dirección posteroanterior con pulsos repetidos de 3 W de potencia y 0,1 sg. de exposición. En este tipo de patología la situación de la incisión por fuera del borde libre y la presencia del fluido en el espacio de Reinke protegen las capas más profundas del borde libre de la cuerda vocal de los efectos térmicos del láser. Realizada la incisión se procede a la aspiración del contenido y a la resección de la mucosa sobrante en la forma habitual.

MICRODILATACIONES VASCULARES

Se tratan mediante la coagulación por vaporización con defocalización moderada y potencia inicial de 1-2 W en pulsos únicos.

GRANULOMAS

El tratamiento indicado para los granulomas de intubación y los que son secuela de una cicatrización por segunda intención es sin lugar a dudas el láser CO₂. La resección a nivel de su base de implantación lleva normalmente a la curación. La técnica de aplicación es la misma que para las patologías ya mencionadas.

Aquellos granulomas que se relacionen con el reflujo gastroesofágico y el abuso vocal no son en principio tributarios de ningún tipo de cirugía. Cuando por necesidad de confirmación histológica o ante el proceso del tratamiento conservador se opta por la cirugía, el láser facilita su exéresis y teóricamente puede colaborar en la esterilización del lecho. Cuando el asiento del granuloma sea cual sea su etiología, se localiza sobre la apófisis vocal debe evitarse la lesión del cartílago.

PAPILOMATOSIS LARINGEA

Tanto en la forma juvenil como en el adulto el empleo de láser CO₂ como forma de tratamiento paliativo es el procedimiento más indicado. Los papilomas suelen ser múltiples, de base amplia de implantación y repartidos por diferentes áreas. Su tendencia es a recurrir y a desarrollar nuevas implantaciones en zonas previamente libres de papilomas o anteriormente tratadas. La aplicación de láser CO₂ al tratamiento de la papilomatosis recidivante aporta exclusivamente precisión a la exéresis al realizarse en campo relativamente exangüe y la preservación al máximo posible de la mucosa. Atribuirle virtudes curativas, aun invocando la posibilidad de esterilización para virus en el lugar de actuación del láser, carece totalmente de realismo. Mediante su uso se ha limitado en gran medida el número de intervenciones necesarias para mantener al paciente libre de síntomas obstructivos y de disfonía mayor.

En relación al procedimiento quirúrgico debe tenerse en cuenta que la afectación no supera en profundidad a la mucosa y que muchos de ellos aun siendo voluminosos están pedunculados por un tallo fino. Ambos aspectos hacen posible la limitación de la exéresis tanto en profundidad como en extensión. El objetivo de la técnica quirúrgica varía en relación a la localización. Ante los papilomas que se sitúan sobre la cuerda vocal y comisura anterior, el objetivo principal es una exéresis precisa que haga posible reducir al mínimo las áreas de denudación del plano submucoso. En las áreas de menor importancia funcional, epiglotis y bandas ventriculares, la penetración en profundidad y en extensión carecen de importancia. En aquéllos debe localizarse y definirse el área de implantación actuando con el método de afeitado, procurando incidir con el láser más en el papiloma que en la mucosa. La diferencia entre los dos planos la define bien el sangrado; trabajando con baja potencia el impacto sobre el papiloma genera un rezumamiento de sangre difuso, mientras que cuando se realiza sobre mucosa libre de papilomas visibles el sangrado es nulo.

Ante la duda de ampliar más la resección para obtener márgenes adecuados lo prudente es la abstención, pues no evita la recidiva y destruye áreas de mucosa que son importantes para conservar las propiedades reológicas de la cuerda vocal y para facilitar la epitelización. Las formas menores se pueden tratar por la simple vaporización superficial.

En las localizaciones que afectan a ambas cuerdas vocales en su región anterior la resección debe limitarse a un solo lado, dejando el otro para un segundo tiempo. Si no se hace así la fusión cicatricial, mayor o menor, dependiendo de la superficie desprovista de mucosa, es la regla. La localización en comisura anterior supone un riesgo grande de sine-

quia tras la exéresis. En ocasiones la localización en esta región se extiende a la región subglótica anterior, y en casos previamente tratados pueden existir implantaciones por debajo de la membrana cicatricial. La forma de abordar las localizaciones de comisura anterior pura, sin afectación del segmento anterior de las cuerdas vocales, es realizar una exéresis amplia alrededor de la comisura de forma que la cicatrización y posterior epitelización se retrase en el tiempo con respecto a la que ocurre en los extremos anteriores de las cuerdas vocales. Esta técnica no evita la sinequia, pero la reduce y hace que la longitud de las cuerdas vocales se mantenga dentro de los límites aceptables, lo que supone un deterioro menor de la voz.

En el abordaje a las localizaciones por debajo de las sinequias cicatriciales se puede recurrir a la reflexión del láser sobre un pequeño espejo de acero inoxidable, ópticamente pulido, para realizar su resección o vaporización indirecta.

La localización ventricular debe tratarse de forma muy precisa en su mitad anterior para evitar el cierre cicatricial del sáculo que generaría un laringocele.

La forma de utilización de láser es seleccionar la potencia que demuestra eficacia suficiente y en impulsos únicos superpulsados con el mínimo diámetro del haz. En las localizaciones exuberantes del vestíbulo y bandas ventriculares la utilización en continuo abrevia la duración de la intervención.

En el tratamiento de la papilomatosis debe presidir siempre el concepto de que la enfermedad no es quirúrgicamente curable. Sus remisiones temporales o su curación definitiva depende de factores biológicos subyacentes sobre los que no tenemos control. El objetivo del tratamiento quirúrgico es mantener al paciente libre de síntomas o reducir éstos al mínimo grado preservando al máximo la calidad vocal. La necesidad de múltiples operaciones nos hace poder aceptar con mayor facilidad segundos tiempos para las localizaciones comprometidas, por lo cual es siempre aconsejable recurrir a ellas cuando lo creemos beneficioso en relación a la conservación de la calidad de la voz.

QUISTES Y SULCUS

La aplicación del láser CO₂ al tratamiento de los quistes se limita a la realización de la incisión en la cara superior y lateral de la cuerda vocal. Una vez realizada la incisión, la enucleación se hace mediante disección roma o a punta de bisturí o tijera. La ventaja que supone la utilización de láser es la de una incisión precisa y una hemostasia de los bordes excelentes, lo cual sin lugar a dudas facilita la extracción del quiste. La forma de actuación es 2 W de potencia con onda superpulsada y 0,1 sg. en pulsos únicos. En los casos en los que no existe

más que la cápsula fibrosa adherida o no al ligamento la disección menticulosa en campo exangíneo nos parece más aconsejable que la vaporización.

LARINGITIS CRÓNICA

De las diversas formas de laringitis, las que nos parece que requieren de más consideración en relación al tratamiento quirúrgico son las formas crónicas blancas y rojas. Este tipo de patología plantea dudas no aclarables por la simple observación de un aspecto dudoso. El aspecto de una superficie no permite establecer cuál es la situación en profundidad ni tampoco en superficie de áreas de distinto aspecto entre sí. El único procedimiento para el diagnóstico es recurrir al estudio microscópico del material recogido por biopsia de toda la lesión, pues alteraciones no existentes en un punto pueden serlo en otro próximo o no a la zona en lo que se realice una biopsia limitada en extensión. El inconveniente de este procedimiento es que ante lesiones extensas la obtención de toda la lesión lleva consigo una pérdida importante de mucosa y por tanto un deterioro de la voz significativa. La utilización del láser como medio para obtener las muestras para estudio histológico presenta ciertos inconvenientes. Aun considerando los efectos periféricos de la técnica por microspot como mínimo la resección con láser lleva consigo pérdida de tejido tanto en los márgenes periféricos a la lesión en la pieza, por lo que es probable que nos quedemos cortos en la toma o nos pasemos incluyendo zona sana, lo cual es de gran importancia en relación a la calidad futura de la voz. La resección en profundidad, dado que se hace tangencialmente, es imprecisa, tendente a invadir en profundidad y con frecuencia a incluir en la resección más mucosa de la necesaria.

La técnica que nos parece más adecuada es la obtención de la muestra mediante hidrodisección previa a la exéresis quirúrgica mediante corte y disección convencional.

En el caso de la utilización del láser CO₂ como elemento de corte y disección la hidrodisección por infiltración de suero fisiológico es aconsejable, pues la presencia del suero protege la región media de la lámina propia de la agresión que significa el láser.

Como conclusión a este capítulo creemos necesario insistir sobre el hecho de que la aplicación del láser al campo de la fonocirugía es muy restringido.

Las ventajas que aporta en los procesos patológicos menores no compensan los inconvenientes derivados de su uso. La mayoría de las lesiones que se operan con el objetivo de devolver a la voz sus cualidades han sido y son tratadas con éxito por la cirugía convencional, que suele dejar detrás de sí una herida mínima, sin inflamación apreciable, y prácti-

camente no visible a las doce horas de la intervención. En algunas imágenes publicadas o presentadas en los últimos dos años referentes al uso de la técnica de microspot en casos de lesiones benignas del borde libre de la cuerda vocal se observan resecciones extremadamente amplias, que se valoran como correctas para lesiones que con microcirugía convencional no habrían supuesto la más mínima irregularidad, ni siquiera inmediata, del borde de la cuerda.

Ante esas imágenes no podemos considerar que los resultados pasen de ser aceptables aunque se mencionen como buenos, por lo que aconsejamos extrema prudencia en el uso del láser para ese tipo de lesiones hasta que no se demuestre de forma fehaciente la ausencia de efectos negativos.

BIBLIOGRAFIA

- BENJAMIN, B.: «Technique of laryngoscopy». *Int. y Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 1987; 13: 299.
- GARCIA-TAPIA URRUTIA, R.; PARDO, J.; MARIGIL, M., y PACIO, A.: *Effects of laser upon Reinke's space and the neural system of the vocal muscle*. Transcripts of the twelfth symposium care of the professional voice, 289-291.
- NORTON, M. L.; STRONG, M. S.; VAUGHAM, C. W., y cols.: «Endotracheal intubation and Venturi (jet). Ventilation of laser microsurgery of the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryng.*, 1976; 85: 656-665.
- OSSOF, R. H.; WERKHAVEN, J. A.; RAIF, y cols.: «Advanced microspot microslad for the CO₂ laser». *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 1991; 105: 411-414.
- STRONG, M. S., y JAKO, G. J.: «Laser surgery in the larynx». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1972; 81: 791-798.

Técnicas de inyección de la cuerda vocal

J. L. QUESADA MARTINEZ y R. GARCIA-TAPIA URRUTIA

INTRODUCCION

La parálisis unilateral de la cuerda vocal lleva consigo un defecto de oclusión intercordal que genera una disfonía severa y en muchos casos una aspiración más o menos acusada. En su tratamiento se han empleado diversas técnicas, cuyo objetivo es el de desplazar la cuerda vocal paralizada hacia la línea media para facilitar la oclusión completa y obtener unas propiedades físicas similares a las de la cuerda sana.

Los tres tipos de técnicas quirúrgicas empleadas para obtener dicho objetivo se pueden clasificar en cirugía de medialización, cirugía neuromuscular destinada a la reinervación y técnicas de inyección intracordal.

La evolución de la inyección intracordal desde su aplicación inicial por BRÜNINGS (1911) constituye un capítulo muy interesante de la historia de la otorrinolaringología, que culmina con los estudios realizados por ARNOLD (1961) en los que describe las características ideales de una sustancia para ser inyectada con éxito en la cuerda vocal. Estas deben ser:

- Buena tolerancia tisular.
- No reabsorción con el paso del tiempo.
- Posibilidad de inyección mediante la jeringa de Brünings.

Después de ensayar con diversos materiales, ARNOLD (1962) estableció que el material que reunía dichas características era la pasta de teflón.

A partir de este momento y con la técnica de inyección ya reglada, el procedimiento fue aceptado como el de elección para el tratamiento de la insuficiencia glótica. Las modificaciones ulteriores lo han sido en relación a las sustancias a inyectar, variando el procedimiento de inyección mínimamente.

Los materiales de uso actual son:

- *Aloplásticos*: Pasta de teflón (ARNOLD, 1962) y silicona (HIRANO y cols., 1990).
- *Biológicos*: Colágeno bovino (FORD y cols., 1984), colágeno autólogo (FORD y cols., 1995) y grasa autóloga (MIKAELIAN y cols., 1991).

INDICACIONES

En un principio la indicación para esta forma de tratamiento era la parálisis unilateral no compensada de la cuerda vocal. En la actualidad las indicaciones se han ampliado por la posibilidad de utilizar materiales distintos a los inicialmente empleados. Aun así, la indicación más frecuente sigue siendo la parálisis unilateral de cuerda vocal (ARNOLD, 1962; SEGRE, 1969; DEDO y cols., 1973) (tabla I) y el material más utilizado la pasta de teflón. Otras indicaciones como son los defectos de volumen de la cuerda vocal móvil que genera incompetencia glótica, la atrofia cordal senil, las cicatrices postdecorticación y el sulcus vocalis (FORD y cols., 1995) pueden beneficiarse de las formas de tratamiento en las que la inyección se realiza de forma superficial. En este caso no está indicada la inyección de teflón, pues ésta se realiza lateral a la cuerda vocal. Se utiliza en su lugar la grasa autóloga o el colágeno como materiales a inyectar.

La corrección de la incompetencia glótica secundaria a cirugía parcial de laringe, aunque eficaz en algunos casos, no se beneficia de forma significativa con la cirugía de aumento (KOUFMAN y cols., 1991).

CONTRAINDICACIONES

Las situaciones en las que no está indicada la inyección de sustancias en la cuerda vocal son múltiples (ARNOLD, 1962; SEGRE, 1969; DEDO y cols., 1973) (tabla II). Las más frecuentes son: parálisis

TABLA I: INDICACIONES

<i>Inyección lateral</i>	<i>Inyección superficial</i>
Parálisis unilateral de la cuerda vocal.	Defecto de volumen de la cuerda vocal. Atrofia gótica. Sulcus vocalis. Cicatrices postdecorticación.

TABLA II: CONTRAINDICACIONES

- Parálisis bilateral de cuerdas vocales.
- Existencia de una banda cicatricial laríngea.
- Lesiones del sistema nervioso central.
- Pacientes inestables psicológicamente.
- Riesgo de parálisis contralateral.
- Fijación de la articulación cricoaritenoides.
- Fijación de la cuerda vocal de causa no paralítica.
- Causas generales del propio paciente.

bilateral, la presencia de una banda cicatricial laríngea, lesiones del sistema nervioso central que causan disfonía por disartría compleja, inestabilidad psicológica, riesgo de parálisis de la cuerda contralateral, fijación de la articulación cricoaritenoides o de la cuerda vocal de causa no paralítica y causas generales del propio paciente que contraindiquen la intervención.

CRITERIOS DE SELECCION

En los casos de parálisis unilateral de cuerda vocal la indicación quirúrgica debe realizarse previo estudio cuidadoso del paciente, tanto en lo que se refiere a la posible etiología de la parálisis como a las circunstancias morfológicas y funcionales que le acompañan. De ello depende el tipo de tratamiento, el momento de su realización, el tipo de técnica y el grado de corrección.

La discusión previa con el paciente antes de realizar la inyección debe ser clara respecto al resultado que se pretende obtener y a la posible ineficacia o no perdurabilidad de los resultados (RUBIN, 1965).

En general, no debe plantearse la realización del tratamiento quirúrgico hasta pasados un mínimo de seis a doce meses desde el inicio de la parálisis, ya que un número elevado de parálisis de causa conocida compensan el defecto vocal en medida suficiente como para no necesitar tratamiento (RONTAL, 1991). En las parálisis idiopáticas todavía es mayor la posibilidad de recuperación, alcanzándose cifras superiores al 60%.

En algunos casos puede ser necesaria la corrección quirúrgica inmediata, como ocurre en casos de aspiración severa o en casos de necesidad laboral de una rápida recuperación de una función vocal útil.

En los casos en los que se realice una inyección superficial en el estudio se debe incluir la estroboscopia. Esta nos proporciona datos valiosos para juzgar la necesidad de la corrección y el grado de aumento de volumen que se debe obtener. Las indicaciones más seguras en este tipo de tratamiento son la atrofia con incurvación de la cuerda vocal móvil y como complemento a la medialización. También puede ser útil en los procesos cicatriciales ante los

que podemos esperar una regularización del borde libre de la cuerda vocal, reduciendo además la rigidez del área cicatricial.

En aquellos casos en los que se puede esperar una recuperación a largo plazo, pero sea necesario realizar una corrección rápida, se puede utilizar para la inyección un material no permanente como el gelfoam.

MATERIALES DE INYECCION

Pasta de teflón

Ha sido el material más utilizado en los pacientes con insuficiencia glótica durante tres décadas. Está compuesto por politetrafluoroetileno (PTFE) y es el material plástico más inerte de los existentes (ARNOLD, 1961). El 85% de las partículas de PTFE tienen un tamaño entre 5 y 95 μm . (KASPERBAUER, 1995). Se comercializa en tubos de 7 cm^3 de pasta de teflón útiles para la inyección.

La respuesta habitual de los tejidos ante la presencia de teflón es la aparición de eritema y edema de la zona inyectada, así como de los tejidos periféricos. La reacción aguda consiste en un edema intersticial con infiltrado inflamatorio compuesto principalmente por neutrófilos. La reacción crónica suele consistir en una reacción a cuerpo extraño (KASPERBAUER, 1995). No es una sustancia útil en caso de pequeños defectos de la cuerda vocal, ya que su inyección no es superficial. No debería tampoco ser inyectado en una cuerda cicatricial, pues puede empeorar la situación debido a la aparición de una reacción inflamatoria.

Colágeno

Inicialmente el colágeno bovino fue utilizado por FORD y cols. (1984) observando ventajas respecto al teflón. Estudios histológicos realizados tanto en larings caninas (REMACLE y cols., 1991) como en humanas demuestran la ausencia de reacción a cuerpo extraño. El colágeno se incorpora a los tejidos y es sustituido por colágeno del propio huésped. Con el primer tipo de colágeno bovino utilizado se producía su reabsorción por acción de las collagenasas (REMACLE y cols., 1995). Con el empleo del GAX-colágeno, insensible a la collagenasa, disminuye la reabsorción. Habitualmente la corrección que se obtiene en la cuerda vocal a los tres meses de la inyección persiste largo tiempo. Posteriores estudios han utilizado colágeno autólogo obtenido a partir de piel del propio paciente (FORD y cols., 1995), procesándola para obtener una forma inyectable. Los estudios iniciales (FORD y cols., 1995) indican que con el colágeno autólogo se obtienen unos resultados compara-

bles a los del colágeno bovino, con la ventaja de la ausencia de reacciones de hipersensibilidad, ya que se emplea una sustancia del propio paciente. El colágeno como material biológico debe inyectarse superficialmente para evitar su absorción. La localización ideal es a nivel del plano del ligamento vocal, formado principalmente por colágeno denso.

Silicona

Utilizada principalmente en Japón, donde el teflón no está comercializado. Se utiliza una mezcla de dos tipos de silicona médica. Una vez mezcladas tardan entre diez y quince minutos en solidificarse, de forma que sólo se dispone de ese espacio de tiempo para realizar la inyección (HIRANO y cols., 1990). Desde el punto de vista de tolerancia de los tejidos puede ser más adecuada para este tipo de cirugía.

Grasa autóloga

Tanto el teflón como la silicona y el colágeno bovino son sustancias extrañas para el cuerpo humano y pueden dar lugar a reacciones no deseadas. La grasa autóloga se empezó a utilizar como material de inyección en las cuerdas vocales en el año 1987 (BRANDENBURG y cols., 1992), aunque las primeras publicaciones sobre su utilización en humanos aparecen en 1991 (MIKAELIAN, 1991). Se han realizado diversos estudios sobre la utilización de grasa autóloga en animales (HILL y cols., 1991; MIKUS y cols., 1995; ZARETSKY y cols., 1995). Aunque podría ser considerada como el material ideal para la inyección sobre la cuerda vocal, sólo hay 16 casos publicados en los que se utiliza la grasa autóloga como material de inyección para la medialización de una cuerda vocal (MIKAELIAN y cols., 1991; BRANDENBURG y cols., 1992; BAUER y cols., 1995). La grasa se obtiene de la pared abdominal mediante una cánula de liposucción y se centrifuga a una velocidad de 1.300 r.p.m. durante 5 minutos. Tras la centrifugación aparecen tres capas diferentes; la más superficial la componen ácidos grasos libres y triglicéridos y la profunda sangre y detritus celulares. La capa media contiene la grasa apta para inyectarla en la cuerda vocal (MIKUS y cols., 1995). El método de inyección es el mismo que se emplea para el resto de sustancias. Habitualmente se realiza una ligera sobrecorrección, ya que parte de la grasa sufre un proceso de reabsorción. La inyección produce una mínima reacción inflamatoria.

TECNICA DE INYECCION

La técnica de inyección varía fundamentalmente en función del material que se vaya a utilizar. En

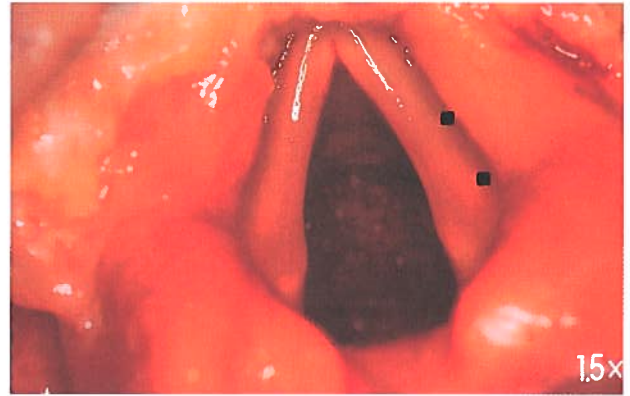


FIG. 1.—Localización de los puntos de inyección.

caso de que el material elegido sea la pasta de teflón o la silicona, la inyección se realiza lateral al músculo tiroaritenoides. Si el elegido es la grasa autóloga la inyección se realiza en el espesor del músculo, y si, por el contrario, se emplea colágeno, la técnica a utilizar es la de inyección superficial.

Inyección lateral

El objetivo de esta técnica es la medialización de la cuerda vocal en los casos de parálisis recurrente unilateral, respetando las propiedades físicas del músculo vocal y la mucosa. Mediante una jeringa de Brünings y una aguja del número 18 ó 19 se inyecta el material elegido en la cuerda vocal paralizada. Si es necesario se separa la banda ventricular para un mayor control del margen externo de la cuerda vocal. La inyección se debe realizar en el cuerpo de la cuerda vocal, en la porción posterior del tercio medio y lateral a la apófisis vocal (fig. 1). La aguja se debe colocar lo más lateralmente posible respecto al músculo tiroaritenoides, evitando la inyección submucosa para así producir mínimas alteraciones de la elasticidad de la cuerda vocal (fig. 2). Cuando el borde libre de la cuerda vocal se sitúa a 1-2 mm. de la línea media se pide al paciente que fone; si persiste la concavidad y no hay contacto entre las cuerdas vocales se inyecta más cantidad. No se debe inyectar en el tercio anterior de la porción vibrátil de la cuerda vocal. De la misma forma si aparece un defecto de cierre posterior no se debe intentar inyectar a este nivel ya que se provocaría un desplazamiento lateral del aritenoides paralizado empeorando la voz (ARNOLD, 1962; DEDO y cols., 1973; RUBIN, 1965).

Inyección medial (superficial)

El objetivo de esta técnica es el de corregir defectos de volumen del plano medio y superficial de la

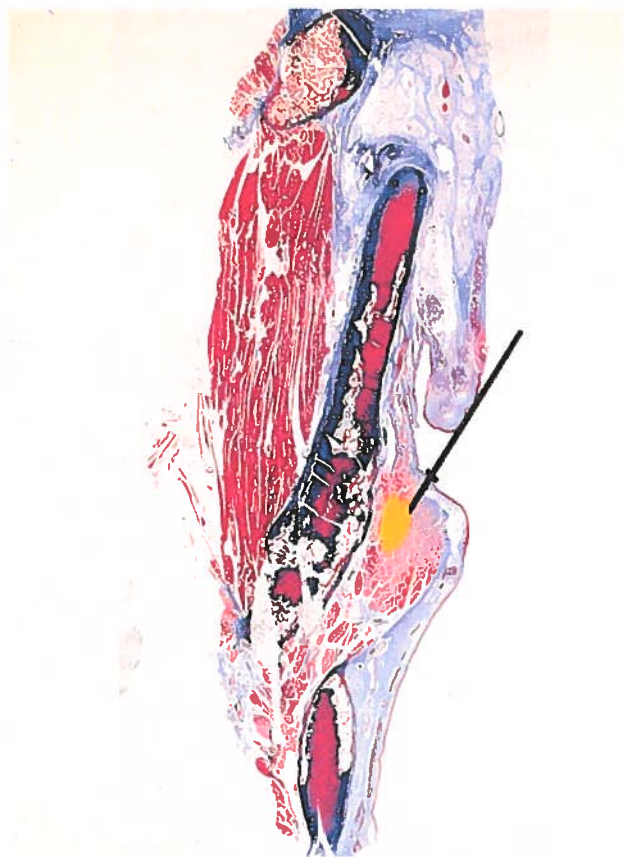


FIG. 2.—Técnica de inyección lateral. El material se localiza lateral al músculo tiroaritenoides.

cuerda vocal. Difiere esencialmente de la anterior en el lugar de inyección, que con esta técnica es el plano profundo de la lámina propia formado por fibras colágenas densas (fig. 3). Por la precisión que requiere debe hacerse bajo anestesia general y laringoscopia autostática con control microscópico. El material de inyección más aconsejado es el colágeno, ya que su fluidez permite inyectarlo con una aguja más fina, siendo más precisa y menos traumática.

En los casos en los que se pretende corregir un arqueamiento de la cuerda vocal, la inyección se realiza por delante de la apófisis vocal y en la profundidad del ligamento vocal. El material emigra hacia el centro de la porción membranosa donde se obtiene la mayor distensión.

Cuando se trata de corregir una fijación cicatricial del epitelio, la localización de la inyección viene determinada por aquella. La inyección debe efectuarse con un buen control de la presión ejercida sobre el émbolo de la jeringa, ya que el material debe disecar los tejidos hasta conseguir el despegamiento en longitud sin deformar el borde libre de la cuerda.

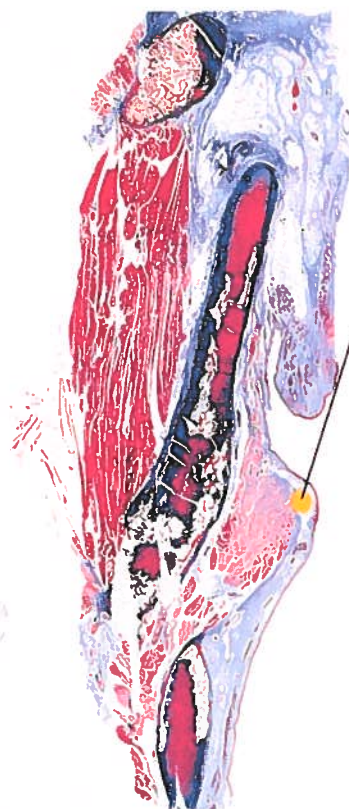


FIG. 3.—Técnica de inyección medial. El material se localiza en el plano del ligamento vocal.

VÍAS DE ABORDAJE

La inyección se puede realizar por distintos procedimientos: laringoscopia directa, indirecta o de forma transcutánea.

La selección de la técnica está condicionada por la relación entre las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, por las condiciones morfológicas del paciente que pueden no hacer factible la laringoscopia directa o indirecta, por la tolerancia o no a la presencia de instrumentos intralaringeos bajo anestesia tópica y por la seguridad y confianza del especialista en una técnica determinada.

Laringoscopia indirecta

La anestesia se realiza siguiendo el procedimiento clásico empleado para la cirugía indirecta de la laringe por visualización refleja. En primer lugar se anestesia el velo del paladar, la base de la lengua y las valléculas. Posteriormente se procede a la anestesia del vestíbulo laríngeo y las cuerdas vocales a glotis cerrada. Como anestésico el mejor es la

cocaína al 4%, pudiendo utilizar en su defecto un spray anestésico de lidocaína al 10%. Se puede administrar 0,5-1 mg. de atropina para evitar la salivación. El control visual se realiza mediante un fibroscopio flexible, un laringoscopio rígido o un espejillo laríngeo con o sin microscopio.

La inyección se lleva a cabo mediante la jeringa de Brünings y una aguja acodada.

Las ventajas de la inyección por vía indirecta son la simplicidad del proceso, su bajo coste y el buen control visual y acústico del efecto fonatorio.

Los inconvenientes derivan de la posible falta de colaboración por parte del paciente y la dificultad para el cirujano no entrenado en la cirugía mediante laringoscopia indirecta.

Microlaringoscopia directa

Se realiza habitualmente bajo anestesia general siguiendo el método habitual para la laringoscopia autostática bajo control con microscopio operatorio. También puede realizarse con anestesia local y sedación. La anestesia local tiene la ventaja de permitir la fonación del paciente durante el acto operatorio, lo que permite realizar una valoración acústica del resultado obtenido (SEGRE, 1969; RONTAL y cols., 1991). El inconveniente que presenta esta técnica es la mala tolerancia a la presencia del laringoscopio. Si se considera necesario por falta de tolerancia por parte del paciente puede realizarse una infiltración a nivel de los cuernos mayores del hueso hioides para la anestesia de los nervios laríngeos superiores.

Las ventajas de esta forma de cirugía son una mayor precisión gracias a la magnificación que aporta el microscopio quirúrgico. Es además un abordaje utilizado con frecuencia por el laringólogo.

La imposibilidad de cooperación por parte del paciente es una desventaja de este procedimiento siempre que se realice bajo anestesia general. La presencia del tubo de intubación anestésico no supone una dificultad significativa cuando el diámetro utilizado es pequeño, pero indudablemente limita el desplazamiento del aritenoides y la valoración final puede ser algo imprecisa. Asimismo, la presencia del laringoscopio altera la posición habitual de las cuerdas vocales, pudiendo distorsionar el resultado final.

Inyección transcutánea

Se realiza mediante el abordaje directo de la laringe a través de la piel y la membrana cricotiroides. El procedimiento se controla visualmente mediante la utilización de la fibrovideoendoscopia.

Previo anestesia de la fosa nasal, nasofaringe e hipofaringe mediante la aplicación de gel o spray anestésico, se prepara la piel del cuello con una sustancia desinfectante y se inyecta anestesia local en la piel sobre la membrana cricotiroides.

Se introduce un fibrolaringoscopio flexible de forma que se visualice el área glótica, pudiendo éste fijarse en la posición deseada junto con la cámara de televisión o ser manejado por un ayudante. Hay que tener cuidado de no tocar la epiglotis para evitar la aparición de tos o náuseas.

Para la inyección se utiliza la jeringa de Brünings con una aguja del número 18. La aguja se introduce en un plano parasagital a unos 5 mm. de la línea media después de haber palpado la membrana cricotiroides. En mujeres la aguja se introduce en un ángulo de 30° con respecto a la horizontal y en varones el ángulo es de 45° (fig. 4). La profundidad oscila entre 10-15 mm. El trayecto es siempre submucoso para evitar la aparición de tos. Cuando se considera que se ha alcanzado el lugar correcto para la inyección se lateraliza la punta de la aguja hacia la línea media y se observa en el monitor de vídeo el movimiento en la cuerda vocal. Este nos confirma el lugar donde se encuentra la punta de la aguja y el grado de profundidad en el que nos encontramos (WARD y cols., 1985; HIRANO y cols., 1990; STRASNICK y cols., 1991; McCaffrey, 1993).

La inyección transcutánea ofrece varias ventajas sobre las otras técnicas. La principal es que la tolerancia por parte del paciente suele ser muy buena, siendo capaz de realizar una fonación prolongada

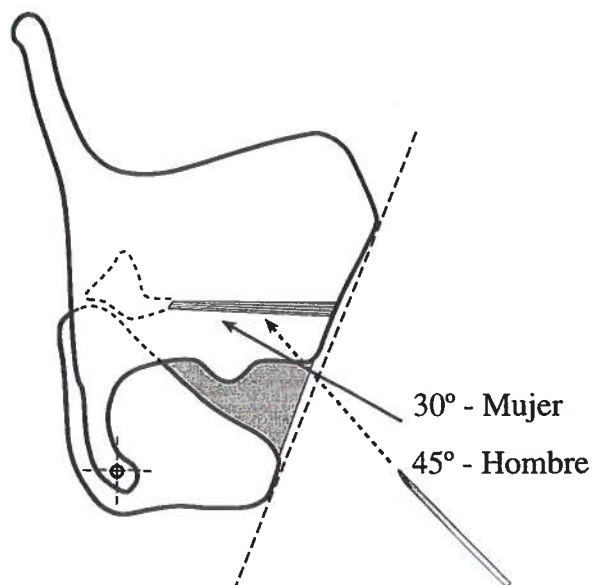


FIG. 4. — Vía de abordaje transcutáneo.

que permite la valoración acústica y estroboscópica. El procedimiento tiene unos costes reducidos y un menor tiempo de inyección necesario comparado con la inyección bajo laringoscopia directa o indirecta.

La desventaja principal es que es menos precisa. Realizándose la inyección con agujas de electromiografía la localización del músculo es precisa, pero no así el lugar exacto de la inyección.

COMPLICACIONES

Las complicaciones que pueden aparecer se podrían clasificar en inmediatas y diferidas. Entre la inmediatas están el exceso en la cantidad de material inyectado, que suele deberse a un intento de cerrar un defecto posterior y puede provocar una insuficiencia respiratoria que requiera de una traqueotomía (MIKAELIAN y cols., 1991). Otras complicaciones también pueden ser la inyección del material demasiado superficial en la cuerda vocal que provoque un defecto vocal importante.

La migración del material fuera del lugar de inyección, así como la aparición de un granuloma son complicaciones de aparición tardía. El granuloma de teflón es una complicación cuyo tratamiento, para el cual el láser CO₂ es el de elección, es complicado y tedioso y los resultados funcionales muy pobres.

RESULTADOS

La evaluación de los resultados obtenidos con los distintos métodos de inyección es dispar entre los diferentes autores. La evaluación más completa la realiza Hirano y cols. (1990, 1995). Este grupo re-

TABLA III: RESULTADOS DESPUES DE LA INYECCION CON SILICONA

	<i>Preinyección</i>	<i>Postinyección</i>
TMF (s.)	4,3 (1,4/6,4)	10,6
FA (ml/s.)	433 (139/1.240)	207
Fo (semitonos) .	15,3 (1,7/38,5)	18,6
NPS (dB)	20,7 (6/47)	29,2
CP	0,89% (0,11/15,3)	0,29
CPA	4,54% (0,57/34,20)	1,38
ENR (dB)	-13,36 (-30,7/-0,7)	-22,4
Evaluación propia	23,8/100	68/100

TMF: Tiempo máximo de fonación. FA: Tasa media de flujo aéreo. Fo: Frecuencia fundamental. NPS: Nivel de presión sonora en el rango de fonación. CP: Coeficiente de perturbación. CPA: Coeficiente de perturbación de la amplitud. ENR: Energía normalizada de ruido entre 0 y 4 kHz.

TABLA IV: RESULTADOS CON LA INYECCION DE GAX-COLAGENO

	<i>Preinyección</i>	<i>Postinyección</i>
TMF (s.)	8,4 ± 3,5	11 ± 3,2
CF (ml/s.)	692 ± 438	382 ± 143
Voz	Grupo 0-4%	0%
	1-8%	0%
	2-76%	18%
	3-12%	64%
	4-0%	18%

TMF: Tiempo máximo de fonación. CF: Cociente de fonación.

coge datos tanto subjetivos como objetivos sobre la calidad de la voz de los pacientes. Los objetivos son: tiempo máximo de fonación (TMF), frecuencia fundamental (Fo), nivel de presión sonora en el rango de fonación (NPS), tasa media de flujo aéreo (FA), cociente de perturbación (CP), cociente de perturbación de la amplitud (CPA), energía normalizada de ruido (ENR) entre 0 y 4 kHz. La valoración subjetiva la realizan los pacientes, determinando en una escala de 0 a 100 la calificación que darían a su voz preoperatoriamente y en el postoperatorio.

HIRANO (1995) refleja los resultados de 201 pacientes tratados mediante inyección de silicona (tabla III).

REMACLE y cols. (1995) en una serie de 53 pacientes inyectados con Gax-colágeno evalúan los siguientes parámetros (tabla IV): TMF, cociente de fonación (CF) y el análisis de frecuencia de alta resolución. La voz la clasifican en cinco grupos: 0: ausencia de fonación; 1: presencia de ruido, ausencia de sonido; 2: presencia de Fo, pocos armónicos y presencia de ruido; 3: presencia de Fo y armónicos, persistencia de ruido, y 4: presencia de Fo y armónicos, no ruido.

En relación a la grasa autóloga (BRANDENBURG y cols., 1992) evalúan tasa de flujo medio (TF), TMF y NPS (tabla V).

DEDO y cols. (1973) exponen los resultados subjetivos de 135 pacientes sometidos a inyección con te-

TABLA V: RESULTADOS CON LA INYECCION DE GRASA AUTOLOGA

	<i>Preinyección</i>	<i>Postinyección</i>
TF (ml/s.)	390 (197-733)	92,25 (13-310)
TMF (s.)	6,8 (1,5-14)	14,4 (6,8-22)
NPS (dB)	23,4 (10-32)	30 (25-37)

TF: Tiempo de flujo medio. TMF: Tiempo máximo de fonación. NPS: Nivel de presión sonora en el rango de fonación.

TABLA VI: RESULTADOS CON LA INYECCION DE TEFLON

Calidad de la voz	Antes del teflón	Después del teflón
Falsetto	5 pacientes (3,7%)	Ninguno
Cuchicheo	38 (28,1%)	4 (3%)
Componente aéreo severo	13 (9,6%)	8 (6%)
Componente moderado	79 (58,5%)	13 (9,6%)
Voz normal	0	110 (81,5%)

flón (tabla VI). Clasifican la voz de los pacientes en: 1: falsetto; 2: cuchicheante; 3: con componente aéreo severo; 4: con componente aéreo moderado, y 5: voz normal.

CONCLUSIONES

Aun siendo muy utilizada en algunos países, la inyección de pasta de teflón está perdiendo lugar con respecto a las técnicas de cirugía externa para la medialización. Defectos como la ausencia de cierre posterior o la diferente altura entre ambas cuerdas vocales no son corregibles mediante la inyección intracordal.

La inyección superficial ofrece, por el contrario, unas perspectivas interesantes puesto que resuelve los problemas superficiales sin alterar de forma notable la capacidad de ondulación de la mucosa y aun en algunos casos facilitándola. Se puede utilizar además como complemento de las técnicas de abordaje externo para devolver al plano superficial de la cuerda vocal la regularidad de su configuración.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLD, G. E.: «Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. VI. Further studies of intracordal injection materials». *Arch. Otolaryng.*, 1961; 73: 290-294.
- ARNOLD, G. E.: «Vocal rehabilitation of paralytic dysphonia. IX. Technique of intracordal injection». *Arch. Otolaryng.*, 1962; 76: 82-92.
- BAUER, C. A., VALENTINO, J., y HOFMANN, H. T.: «Long-term result of vocal cord augmentation with autogenous fat». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104: 871-874.
- BRANDENBURG, J. H., KIRKHAM, W., y KOSCHKEE, D.: «Vocal cord augmentation with autogenous fat». *Laryngoscope*, 1992; 102: 496-500.
- BRÜNING, W.: «Über eine neue behandlungsmethode der rekurrenslähmung». *Verh. Deutsch. Laryng.*, 1911; 18: 93-151.

- DEDO, H. H.; URREA, R. D., y LAWSON, L.: «Intracordal injection of teflon in the treatment of 135 patients with dysphonia». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1973; 82: 661-667.
- DEDO, H. H.: «Teflon injection of the vocal cord». En: *Surgery of the larynx and trachea*, 1990.
- FORD, C. N.; MARTIN, D. W., y WARNER, T. F.: «Injectable collagen in laryngeal rehabilitation». *Laryngoscope*, 1984; 94: 513-518.
- FORD, C. N.; STASKOWSKI, P., y BLESS, D.: «Autologous fat vocal fold injection: A preliminary clinical study». *NCVS Status and Progress Report*, 1995; jul: 75-79.
- HILL, D. P.; MEYERS, A. D., y HARRIS, J.: «Autologous fat injection for vocal cord medialization in the canine larynx». *Laryngoscope*, 1991; 101 (4 Pt 1): 344-348.
- HIRANO, M.; TANAKA, S.; TANAKA, Y., y HIBI, S.: «Transcutaneous intrafold injection for unilateral vocal fold paralysis: Functional results». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1990; 99: 598-604.
- HIRANO, M.; KAZUNORI, M.; TANAKA, S., y FUJITA, M.: «Vocal function in patients with unilateral paralysis before and after silicone injection». *Acta Otolaryngol. (Stockh)*, 1995; 115: 553-559.
- KASPERBAUER, J. L.: «Injectable teflon for vocal cord paralysis». *Otolaryngol. Clin. North. Am.*, 1995; 28 (2): 317-323.
- KOUFMAN, J. A., y ISAACSON, G.: «Laryngoplastic phonosurgery». *Otolaryngol. Clin. North. Am.*, 1991; 24 (5): 1151-1177.
- McCAFFREY, T. V.: «Transcutaneous teflon injection for vocal cord paralysis». *Otolaryngol. Head Neck. Surg.*, 1993; 109 (1): 54-59.
- MIKAELIAN, D. O.; LOWRY, L. D., y SATALOFF, R. T.: «Lipoinjection for unilateral vocal cord paralysis». *Laryngoscope*, 1991; 101: 465-468.
- MIKUS, J. L.; KOUFMAN, J. A., y KILPATRICK, S. E.: «Fate of liposuctioned and purified autologous fat injections in the canine vocal fold». *Laryngoscope*, 1995; 105 (1): 17-22.
- REMACLE, M., y MARBAIX, E.: «Further morphologic studies on collagen injected into canine vocal folds». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1991; 100 (12): 1007-1014.
- REMACLE, M.; DUJARDIN, J. M., y LAWSON, G.: «Treatment of vocal fold immobility by glutaraldehyde-cross-linked collagen injection: Long-term results». *Ann. Otol. Rhinol-Laryngol.*, 1995; 104 (6): 437-441.
- RONTAL, E., y RONTAL, M.: «Vocal cord injection techniques». *Otolaryngol. Clin. North. Am.*, 1991; 24 (5): 1141-1149.
- RUBIN, H. J.: «Dysphonia due to unilateral nerve paralysis. Treatment by the intracordal injection of synthetics: A preliminary report». *Calif. Med.*, 1965; 102: 105-109.
- SEGRE, R.: «Las inclusiones de material plástico en la patología vocal». *Acta ORL Iber-Amer.*, 1969; XX (3): 313-323.
- STRASNICK, B.; BERKE, G. S., y WARD, P. H.: «Transcutaneous teflon injection for unilateral vocal cord paralysis: An update». *Laryngoscope*, 1991; 101 (7 Pt 1): 785-787.
- WARD, P. H.; HANSON, D. G., y ABEMAYOR, E.: «Transcutaneous teflon injection of the paralyzed vocal cord: A new technique». *Laryngoscope*, 1985; 95: 644-649.
- ZARETSKY, L. S.; SHINDO, M. L.; DETAR, M., y RICE, D. H.: «Autologous fat injection for vocal fold paralysis: Long-term histologic evaluation». *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1995; 104 (1): 1-4.

Rehabilitación vocal

M. BEHLAU

INTRODUCCION

El área de la patología de la voz es un campo de estudio y actuación multiprofesional que representa la relación más estrecha e interdependiente que existe entre la otorrinolaringología y la logopedia. Hoy día se observa que ha crecido el número de pacientes disfónicos que buscan asistencia especializada; dicho crecimiento no corresponde a un aumento de las alteraciones vocales, sino a una toma de conciencia por parte de la población sobre la importancia que tiene una voz normal y a una mayor dedicación por parte de los profesionales empeñados en estudiar las disfonías y analizar su impacto individual y social.

Todos los pacientes con alteraciones vocales se benefician de la logoterapia, aunque solamente en las últimas dos décadas el tratamiento se ha revelado científicamente efectivo. Tradicionalmente se derivaban a logoterapia las disfonías consideradas funcionales mediante un criterio de clasificación aplicado al paciente que tenía síntomas vocales, pero sin lesión detectada en los exámenes de rutina. En tales casos al paciente lo enviaban a «hacer foniatría», mientras que a los pacientes con lesiones en la laringe se les indicaba cirugía laríngea. Hoy día ante lo complejo de las relaciones anatómicas y fisiológicas que ocurren en la producción de la voz normal o patológica tal actitud se considera obsoleta y simplista.

Los logopedas inicialmente preocupados en brindar una «asistencia correctora» a los pacientes con disfonías empezaron a formar parte de equipos clínicos y de investigación, modificándose por completo su perfil profesional, que pasó de reeducador a miembro de un equipo de salud. Es importante comprender el verdadero papel del logopeda como clínico vocal (ARONSON, 1987; MCFARLANE, 1988) y no sólo como terapeuta de la voz, que es una de sus atribuciones y competencias. Por otra parte, una buena cirugía ya no se evalúa sólo por sus resultados anatómicos, sino por los resultados funcionales, por la calidad de la voz resultante y por el confort del individuo con respecto a la fonación.

La disfonía abarca cualquier tipo de dificultad en la emisión vocal que impida producir la voz en forma natural (BEHLAU y PONTES, 1989). Tal dificultad

puede manifestarse por medio de una serie ilimitada de alteraciones vocales propiamente dichas, pero también cinestésicas, tales como esfuerzo al hablar, fatiga rápida y sensación de molestia. Es interesante comentar que para la mayor parte de nuestros pacientes el síntoma de tener que esforzarse para hablar es peor que tener la calidad vocal alterada.

Sin embargo, en resumen, la preocupación básica de un logopeda ante un paciente disfónico debe ser comprender la dinámica vocal desde el punto de vista fisiológico y psicológico, analizar el comportamiento vocal, reunir condiciones para modificar el tipo vocal empleado y modificar el tipo vocal de modo que alcance un nivel más adecuado.

La clasificación etiológica más comúnmente adoptada divide las disfonías en funcionales y orgánicas, dependiendo de la importancia del comportamiento vocal en la génesis de la perturbación vocal. A efectos didácticos y asumiendo la distorsión científica de proponer la etiología de un síntoma (desde el momento en que una disfonía siempre es un síntoma) podemos clasificar las disfonías en tres categorías: funcionales, organicofuncionales y orgánicas.

Disfonías funcionales

Las disfonías funcionales son por excelencia el campo de dominio del logopeda, donde hay más condiciones de actuación y de rehabilitación del paciente, dependiendo casi exclusivamente de la labor vocal realizada. Las disfonías funcionales representan desviaciones del comportamiento vocal, es decir, del proceso de emisión vocal que deviene del propio uso de la voz, o sea, de la «función fonación». Por eso la labor logoterapéutica con las disfonías funcionales configura una situación teóricamente ideal porque permite actuar sobre la(s) causa(s) de la disfonía.

Comprender que las disfonías funcionales dependen del comportamiento vocal del paciente nos remite al concepto de que la voz es un comportamiento adquirido, como otro cualquiera, y por tanto sujeto a nuevas reglas de aprendizaje. Aunque la fonación sea una función neurofisiológica innata, la voz es el resultado de las circunstancias de cada in-

dividuo, y gran parte del proceso de adquisición de la voz adulta se lleva a cabo por modelos e imitación de patrones. Las disfonías funcionales pueden tener tres mecanismos causales: uso incorrecto de la voz, inadaptaciones vocales y alteraciones psicoemocionales (BEHLAU, GONÇALVES y PONTES, 1994; BEHLAU y PONTES, 1995).

La intervención logoterapéutica en las disfonías funcionales es altamente eficaz. La rehabilitación logopédica debe realizarse lo antes posible, apenas sea diagnosticada la alteración funcional o ante la eventual posibilidad de que se desarrolle una disfonía. En ambos casos el tratamiento precoz o preventivo evita la aparición de una lesión orgánica con etiopatogenia en la disfunción vocal, de la cual podría derivarse una disfonía organicofuncional.

Disfonías organicofuncionales

En la mayor parte de los casos una disfonía organicofuncional es una disfonía funcional diagnosticada tarde, bien sea por retraso del paciente en buscar solución a su problema o bien porque las exploraciones clínicas no detectaron la posibilidad de que se desarrollara una lesión secundaria. El objetivo primario del tratamiento es revertir la lesión para corregir la desviación funcional desde el momento en que se reconoce como causa primaria la alteración del comportamiento vocal.

En esta categoría resulta esencial la integración entre el logopeda y el médico, ya que el intercambio de informaciones entre los dos profesionales es la base para definir la conducta y explorar los límites de la rehabilitación vocal y de los cuadros quirúrgicos.

Hay una extensa lista de criterios que ayudan a definir la conducta quirúrgica ante una lesión orgánica secundaria a una alteración del comportamiento vocal. El primero de ellos, sin duda alguna, es la configuración del equipo de asistencia al paciente. En caso de nódulos, por ejemplo, se describe la desaparición de los mismos en centros donde actúan equipos multiprofesionales y tratamientos quirúrgicos para la misma lesión en centros médicos que no disponen de recursos o tradición en rehabilitación vocal. Desde luego, además de la cuestión primordial relativa a la configuración del equipo de trabajo, hay otros factores a considerar, y entre ellos uno de los más importantes es el tipo y el tamaño de la lesión.

Se debe tener en cuenta también la localización de la lesión supra o infraglotica y a lo largo del borde libre de las cuerdas vocales, porque las lesiones anteriores, tales como los nódulos vocales, tienen más probabilidad de evolución con logoterapia que las lesiones en la región posterior de la laringe, como los granulomas. Otros criterios bastante útiles que ayudan a orientar la decisión terapéutica son:

la uniformidad de la cuerda vocal, el impacto sobre la cuerda contralateral, los factores causales, las exigencias vocales del paciente, la existencia de alteraciones displásicas asociadas, el análisis de la agenda del paciente que puede contrarrestar la dedicación necesaria a la logoterapia y los factores de personalidad, en particular la motivación, la constancia y la dedicación al trabajo propuesto.

Disfonías orgánicas

No hay tradición de asistencia logopédica en el campo de las disfonías orgánicas, pero cada vez se acepta más el beneficio que aporta porque al terminar el tratamiento médico pueden quedar alteraciones en las estructuras del tracto vocal o incluso en las funciones musculares que requieran un proceso de rehabilitación.

En tales casos, y considerando que el *output* vocal alterado no depende esencialmente de factores conductistas, se plantean cuatro objetivos básicos de actuación logopédica:

1. Maximizar el uso de la voz del paciente en presencia de la alteración orgánica, es decir, promover la mejor calidad vocal posible, a pesar de la situación orgánica.
2. Desarrollar compensaciones fonatorias usando las estructuras remanentes, lo cual significa volver a crear con las estructuras disponibles el proceso de contracción esfinteriana de la laringe tras la ablación quirúrgica.
3. Desactivar la tractopatía de adaptación o, lo que es lo mismo, eliminar la adaptación que el tracto vocal ha desarrollado en forma compensatoria o vicaria en un esfuerzo por vencer las limitaciones derivadas de la alteración orgánica primaria.
4. Ayudar al paciente a aceptar la nueva voz, considerando que no siempre se podrá obtener una voz normal.

Cumple señalar que la fonoterapia puede ser útil, y por lo general lo es, aun cuando la cirugía y/o la medicación sean la primera opción. En el caso particular de las voces profesionales sabemos cuán lesivo puede resultar el abuso vocal sobre un cuadro agudo, por ejemplo, una gripe o una laringitis.

CONSIDERACIONES SOBRE ORIENTACIONES FILOSOFICAS EN REHABILITACION VOCAL

El clínico de la voz debe fijar sus procedimientos de rehabilitación sobre una filosofía de terapia que pueda comprender, aceptar y ser capaz de transferir al paciente de modo que éste colabore en lo ne-

cesario. Es inaceptable administrar una terapia sin ser consciente del tipo de actuación que supone y sin conocer las ventajas, desventajas y limitaciones inherentes a tal planteamiento.

Aunque los primeros libros de ejercicios de voz, los llamados manuales de canto, sean del siglo XVI, los artículos científicos con la descripción de casos clínicos tratados mediante fonoterapia aparecen en la segunda mitad del siglo XIX (OLIVER, 1870) y principios de éste (GUTZMAN, 1910). Sin embargo, la noción de terapia de la voz, desarrollada con miras a la rehabilitación vocal, sólo se plantea de modo sistemático a partir de la década de 1930. La lectura de esos textos pioneros (WEST, 1937; VAN RIPER, 1939), tendentes a la «corrección» de las alteraciones vocales, manifiesta que los autores reconocen que al menos una parte de las disfonías presentan múltiples factores, admitiendo la existencia de propuestas terapéuticas distintas y la naturaleza multiforme de la terapia misma (FROESCHELS, 1943, 1952; ZERFI, 1948; TARNEAUD, 1955; BRIESS, 1957). De un análisis de los casos descritos y de los distintos procedimientos aplicados se infiere que las diferentes líneas filosóficas no son necesariamente excluyentes: puede incluso complementarse.

Si analizamos el denominador común de los diversos textos sobre rehabilitación vocal encontraremos tres conceptos presentados exhaustivamente como base del tratamiento para las alteraciones de la voz, a saber: la noción de que la mejor producción vocal es la que se realiza con el mínimo esfuerzo, la introducción de técnicas de relajación para desactivar una disfonía y el trabajo respiratorio como base esencial para el desarrollo de la terapia.

Una de las pocas verdades universales en lo concerniente a la voz es, según PERKINS (1971), «la noción de que la voz se produce de manera más saludable cuanto menos esfuerzo se despliega...». Pero el autor aclara que el marco de una «producción higiénica, acústica y estéticamente óptima» es la habilidad de variar el esfuerzo vocal en proporción a las necesidades de frecuencia, intensidad y timbre vocal del individuo. Es interesante advertir que PERKINS (1971) no afirma que la mejor producción vocal es la que se realiza con relajación de la musculatura, sino con control del esfuerzo muscular.

La noción de que el esfuerzo innecesario, inadecuado y excesivo constituye una de las bases fisiopatológicas para la aparición de las disfonías lo comprueban recientes estudios anatomofuncionales que muestran la naturaleza hipertónica de algunos defectos de cierre (hendiduras) observados en pacientes disfónicos (BELISLE y MORRISON, 1983; PINHO y PONTES, 1991; BEHLAU y PONTES, 1994). Al entenderse que el esfuerzo vocal debía causar una compresión de las estructuras laríngeas cuando se observaban lesiones de masa, como los nódulos, asociados a las hendiduras glóticas, se interpretaba la

no coaptación glótica completa como una hipotonía secundaria a una hipertonía primaria muy antigua.

Hoy día, la evaluación de las hendiduras glóticas se considera como un procedimiento complejo que busca identificar los pares musculares que dominan el gesto motor y engendran la configuración glótica observada. Por ejemplo, al contrario de lo que se pensaba, las hendiduras posteromedianas indican la presencia de una fuerte acción sobre los músculos cricoaritenoides posteriores (los abductores de la laringe), sobre la acción conjugada de los músculos cricoaritenoides laterales y aritenoides (los dos pares aductores), no una hipotonía laríngea. En otras palabras, no hay relajación suficiente del abductor y los aductores no logran completar la aproximación de las cuerdas vocales en toda su extensión, formando la imagen del triángulo superior. Por otro lado, las hendiduras fusiformes anteriores indican hipotonía de la musculatura tensora de las cuerdas vocales (músculo tiroaritenoides) cuando se ha descartado la presencia de un surco vocal.

La fijación conceptual de ciertas propuestas terapéuticas de relajación corporal para las disfonías, tal vez como herencia de la segunda guerra mundial (SANDOR, 1974) o tal vez por «manía nacional» (BRODNITZ, 1963), ha perdido mucho terreno en las publicaciones recientes, las cuales ya no insisten en la condición previa de la relajación para una fonación normal. Vivimos una época estresante y nuestra civilización realza la eficacia y la competitividad como factores del éxito. La tensión psicológica y la hipertonía muscular generalizada crean una tendencia al desarrollo de estados hiperfuncionales de ciertas regiones del cuerpo, específicamente para la laringe. Una laringe hipertónica, también llamada laringe isométrica, produce una voz con flexibilidad dinámica limitada. Pero esto no significa que para obtener una buena voz haya que relajar toda la musculatura laríngea, sino permitir la instalación de una tonicidad adecuada para los grupos musculares en cuestión. Si la tensión y el estrés excesivo fueran las principales causas de las disfonías, el porcentaje de individuos disfónicos sería mucho más elevado que el registrado en la literatura; por eso hay que considerar seriamente la predisposición anatomofuncional del individuo, además de sus características de comportamiento y personalidad.

Crear que un disfónico por abuso vocal hablaría mejor si estuviera relajado es referir algo evidente, pero proponer técnicas de relajación global para tratar las disfonías, además de simplista es inadecuado e ineficaz. La fonación es un acto de gran trabajo muscular y de alto consumo energético, de ahí que hablar y relajar resultan incompatibles (ESTILL, 1992). Esto no significa que todas las estructuras se deban accionar hasta su máxima tonici-

dad, sino que la solicitud de ajustes musculares es selectiva y se puede enseñar y controlar según lo que exija la situación de comunicación. Por otra parte, reconocer que el estado psicológico de un paciente es importante para el desarrollo o el mantenimiento de una disfonía es una observación común en casi todos los textos básicos en el área de la rehabilitación de las disfonías, pero el papel, el nivel de responsabilidad y el tipo de actuación del logopeda varían según el autor.

Una lectura cuidadosa de los textos de rehabilitación comprueba que, aunque el autor pueda hacer hincapié sobre determinado aspecto de la alteración vocal, a menudo plantea una propuesta de rehabilitación más compleja que abarca procedimientos de diversas filosofías. Como ejemplo, los textos de BRODNITZ (1963) y BLOCH (1977), los más importantes precursores y divulgadores del enfoque psicológico, describen ejercicios de rehabilitación para pacientes disfónicos. BRODNITZ (1963) refiere en detalle el método masticatorio y BLOCH (1977) describe una serie de ejercicios de resonancia y control neumofónico, entre otros.

Como introducción al enfoque fisiológico, que sería el más desarrollado a partir de la década de los ochenta, MOORE (1971) escribe que una terapia vocal razonable se debe basar en lo posible en conceptos físicos y fisiológicos confirmados de modo experimental y vinculados al funcionamiento del aparato fonador normal y anormal. El concepto de que el conocimiento de la función de la laringe se debe usar para alcanzar una producción vocal eficiente y con menos esfuerzo es el pilar del pensamiento científico moderno en rehabilitación vocal.

ARONSON (1980, 1990) define la terapia de la voz como un proceso para llevar la voz a un nivel de adecuación que el paciente pueda realmente alcanzar y que supla sus necesidades ocupacionales, emocionales y sociales, sabiendo que no todos lograrán tener una voz normal. Presenta principios generales y específicos, que abarcan desde la necesidad de participación del paciente hasta la elaboración de programas terapéuticos individualmente adaptados, e insiste en que la terapia de la voz no se debe plantear tan sólo como aprendizaje de un nuevo comportamiento vocal y que los trastornos psicogenéticos no se deben tratar desde un enfoque meramente mecánico.

El texto de ARNOLD ARONSON es un certificado que testifica la complejidad de la terapia de la voz, la necesidad de una formación amplia para el clínico de la voz y sobre todo la transformación de ese «hijo adoptivo del área de alteraciones de la comunicación» en especialidad interdisciplinaria. «La calidad del diagnóstico y del tratamiento en pacientes disfónicos no se puede ofrecer sin la comunicación estrecha entre otorrinolaringólogos, logopedas, neurólogos, psiquiatras y clínicos.»

Las primeras publicaciones a principios de siglo sostenían la noción de que la mayor parte de las disfonías era consecuencia de una respiración inadecuada, un concepto heredado prácticamente sin discusión. Pero es fácil notar que los textos recientes no atribuyen a la respiración el mismo valor de antes (BOONE y McFARLANE, 1988; COLTON y CASPER, 1990) y que autores de renombre debaten la cuestión presentando opiniones contradictorias (GREENE, 1983). De hecho, desde la década de los cincuenta ya se observa que algunos autores no hacen de la respiración el meollo o la base de sus propuestas terapéuticas (FROESCHELS, 1954; BRODNITZ, 1962; BRIESS, 1964).

De todas formas, el abandono de las técnicas respiratorias tuvo su gran empujón gracias al resultado de investigaciones sobre la aerodinámica de la fonación (ISSHIKI y VON LEDEN, 1964; ISSHIKI, 1965; ISSHIKI, 1969) que no han respaldado la idea de las alteraciones respiratorias como base de las disfonías. DARLEY, BROWN y ARONSON (1975) afirman categóricamente que no hay bases científicas que induzcan a dedicar el tiempo de la terapia a aumentar la capacidad respiratoria porque ésta muy raras veces es el factor que limita la producción vocal. Además, desde el punto de vista práctico, ¿cuánto tiempo nos llevaría implantar y automatizar un patrón respiratorio abdominal sabiéndose que los cantantes profesionales dedican varios años de su aprendizaje vocal a dominar la respiración?

Sin embargo, la cuestión sigue siendo polémica, foco de debates y ardorosas disputas en congresos científicos, tanto por lo que respecta a la importancia de la respiración para el desarrollo de una disfonía como en lo que concierne a la adopción de técnicas respiratorias especiales como base para su tratamiento (HOIT y cols., 1996). Ahora bien, quisiéramos aclarar que el hecho de no referirnos a ningún trabajo específico para implantar cierto patrón respiratorio no significa negar la necesidad de que se haga una evaluación y aprendizaje del control neumofónico.

En una de las mejores reflexiones sobre las filosofías de la rehabilitación vocal, STEMPLE (1993) señala que la terapia de la voz se ha convertido en una verdadera mezcla de arte y ciencia. El autor concluye que el terapeuta exitoso es un «artista científico» que combina una actuación artística con bases científicas para identificar el problema y planificar el tratamiento del paciente. Pero claro está que una base sólida de información no reemplaza la experiencia, que en este campo es esencial.

STEMPLE (1993) clasifica las filosofías de rehabilitación vocal en cinco orientaciones principales: terapia vocal sintomática, psicológica, etiológica, fisiológica y ecléctica. Tales propuestas no son excluyentes y, según el caso, una propuesta específica puede tener más ventajas que otras, cosa que el lo-

goterapeuta debe tener en cuenta. En este trabajo hemos organizado para cada una de las filosofías de rehabilitación vocal el foco de la línea terapéutica, su premisa básica, las ventajas y las posibles críticas a las orientaciones propuestas (BEHLAU y PONTES, 1995) y las presentamos a continuación.

Terapia vocal sintomática

Objetivo: Modificación directa de los síntomas.

Premisa: La mayor parte de las disfonías ocurre a causa del abuso o mal uso funcional de la frecuencia, intensidad y respiración, entre otras.

Ventajas:

1. La modificación directa de los síntomas puede aportar resultados vocales inmediatos, a veces sorprendentes.
2. El paciente está motivado por trabajar directamente con su voz y poder comprobar rápidamente el efecto de la manipulación de los parámetros vocales.

Críticas:

1. La causa puede seguir activa y la disfonía puede recaer.
2. La modificación de los síntomas exige gran participación del paciente, el cual a veces no colabora como hace falta.
3. El rechazo de la dicotomía orgánico *versus* funcional puede limitar la identificación de la alteración.

Terapia vocal psicológica

Objetivo: Identificación y modificación de los trastornos emocionales y psicosociales asociados al inicio y persistencia del problema.

Premisa: Siempre hay causas emocionales subyacentes, por eso hace falta determinar la dinámica emocional de la disfonía.

Ventajas:

1. La terapia de la voz resulta ser a la vez un proceso de autoconocimiento.
2. La comprensión de la «historia emocional» de la disfonía puede aportar *insights* del comportamiento emocional del individuo.

Críticas:

1. La comprensión de la dinámica emocional no asegura una producción vocal nueva.
2. El paciente puede tornarse ansioso ante la ausencia de medios concretos para mejorar su producción vocal.

Terapia vocal etiológica

Objetivo: Eliminación de la causa de la lesión.

Premisa: Es esencial identificar y modificar o eliminar las causas de la disfonía o sus factores correlativos.

Ventajas:

1. Al eliminar la causa de la disfonía, las posibilidades de recidiva son prácticamente nulas.
2. El paciente se siente cómodo porque vive su tratamiento empeñado en eliminar la génesis de la lesión.

Críticas:

1. No siempre se puede eliminar, a veces ni siquiera identificar, la causa de una disfonía, pero aún con todo hay recursos para tratar al paciente.
2. La relación causa/efecto no es necesariamente directa y única.
3. Muchas disfonías presentan causas ya inactivas y, sin embargo, la voz sigue alterada debido a una fijación funcional de ajustes motores inadecuados.

Terapia vocal fisiológica

Objetivo: Modificación de la actividad fisiológica inadecuada.

Premisa: Los datos de las funciones fonatoria y laríngea son esenciales para alterar las relaciones musculares y respiratorias.

Ventajas:

1. Los datos fonatorios y fisiológicos pueden contribuir en gran medida para llegar a una solución rápida de muchas disfonías.
2. El control visual de la dinámica laríngea o de la acústica vocal por monitor permite identificar el aporte de la fuente (laríngea) y de los filtros (sistema de resonancia) a la producción vocal.

Críticas:

1. La fisiopatología puede no admitir modificaciones y aun todo hay recursos para tratar al paciente.
2. Las causas emocionales que no se tuvieron en cuenta pueden coartar las modificaciones fisiológicas.
3. Sólo se puede aplicar esta terapia si existen recursos avanzados de semiología vocal y laríngea (instrumental) para recabar los datos que hacen falta para planificarla.

Terapia vocal ecléctica

Objetivo: Producción de una voz mejor y una comunicación más efectiva.

Premisa: Tesis planteadas por sistemas diversos ofrecen al paciente un tratamiento de mayor alcance.

Ventajas:

1. El logoterapeuta sabe que dispone de un número más elevado de recursos de actuación y eso le infunde más seguridad.
2. El número más elevado de recursos disponibles se traduce en mayor probabilidad de rehabilitación completa del paciente.
3. El efecto de aplicar procedimientos de distinta naturaleza ayuda a comprender mejor la disfonía.
4. El proceso para seleccionar los enfoques que se han de aplicar es un excelente instrumento de ejercicio profesional y de desarrollo de la mente científica.

Críticas:

1. Exige un conocimiento profundo y amplio de diversas áreas concernientes a la voz, la comunicación, psicología y medicina.
2. Los terapeutas con poca experiencia pueden sentirse perdidos o faltos de condiciones para prestar una asistencia satisfactoria.
3. El paciente puede sentirse aplastado con tantos procedimientos, por los intentos del terapeuta en los diversos frentes del problema.
4. Aspectos particulares de un caso podrán quedar en segundo plano.

Así, por ejemplo, una maestra con nódulos vocales que tiene voz ronca y aérea, frecuencia e intensidad reducida y fatiga vocal recibiría tratamientos diferentes según las diversas orientaciones filosóficas. La terapia sintomática le propondría ejercicios tendentes a reducir la ronquera y la fuga de aire, a favorecer una frecuencia más aguda y a aumentar la intensidad y la resistencia vocal. Para la terapia psicológica el meollo del tratamiento radicaría en analizar los motivos que le condujeron al abuso vocal y a la consiguiente disfonía. La terapia etiológica eliminaría todos los actos fonatorios de abuso o mal uso vocal. Para la terapia fisiológica sería esencial modificar la coaptación glótica y el grado de compresión medial. La terapia ecléctica utilizaría los recursos arriba mencionados, escalonando los procedimientos de acuerdo con la aceptabilidad de la paciente, su sistema de referencia y su noción de prioridad.

La filosofía ecléctica, por su naturaleza multiforme, resulta muy atractiva por las innumerables posibilidades que ofrece tanto al terapeuta como al paciente. STEMPLE (1993) todavía añade, con palabras seguramente polémicas, que «sólo el terapeuta

limitado o inconsecuente se adheriría a una única orientación filosófica en terapia de la voz» y que «un terapeuta de la voz tiene éxito cuando es un artista científico con un punto de vista ecléctico».

Nuestro trabajo de identificación, diagnóstico y tratamiento de alteraciones de la voz se denomina perspectiva global (BEHLAU y PONTES, 1995), y en el marco de las propuestas arriba analizadas tiene un enfoque de naturaleza ecléctica. Popularmente la palabra ecléctico tiene a veces una connotación negativa, algo como una mezcla de procedimientos, actos o pensamientos sin base, superficiales, además de una no definición y/o un no compromiso por parte del individuo o de la filosofía utilizada. Pero si se busca en el diccionario la definición de dicha palabra queda claro que la connotación negativa es una distorsión circunstancial del término. FERREIRA (1986) concibe el eclecticismo como un «método que consiste en reunir las tesis de sistemas diversos, yuxtaponiéndolas sencillamente o aunándolas en una unidad superior, nueva y creadora».

De ese modo proponemos una perspectiva global para la rehabilitación vocal, cuyos procedimientos estriban en comprender la disfonía como una lesión de la comunicación, analizar las causas, identificar los parámetros vocales alterados, definir las configuraciones laríngeas fonatorias y no fonatorias, tener en cuenta la historia emocional y la psicodinámica vocal de la disfonía y también aplicar pruebas terapéuticas para alcanzar respuestas vocales inmediatas. La perspectiva global consiste en tres actividades interconectadas, a saber: la orientación vocal, la psicodinámica vocal y el adiestramiento vocal. Las actividades de orientación y psicodinámica vocal también se denominan trabajo de fundamento, trabajo de base o trabajo indirecto, esenciales para todos los pacientes por ser allí donde actuamos e investigamos el comportamiento de la voz en la comunicación, es decir, de qué modo el individuo usa la voz. De otro lado, el adiestramiento vocal corresponde al enfoque conductista propiamente dicho, donde el trabajo es sintomático, directo e inmediato y actúa sobre el aspecto mecánico de la voz mediante la práctica de ejercicios con distintos ajustes motores.

Seguramente de las tres actividades propuestas, el adiestramiento vocal asume una importancia especial y no hay que menospreciarlo o considerarlo reduccionista porque se basa en ejercicios.

JOHNSON (1985), en un texto bastante actual a pesar de sus diez años, justificó en cuatro puntos la importancia del adiestramiento vocal para el tratamiento de las disfonías:

1. La voz y la disfonía no son problemas misteriosos que requieran procedimientos raros. La conducta clínica fundamental es la misma que rige otras alteraciones de la comunicación.

2. La voz y las características a ella asociadas constituyen un comportamiento y los parámetros vinculados a su fisiología y a sus desviaciones no escapan a las reglas del aprendizaje.
3. Algunas disfonías tienen base orgánica primaria. Así y todo, los procedimientos de evaluación y terapia se pueden utilizar para modificar el comportamiento y adquirir una voz mejor. Muy a menudo este hecho se ha ignorado.
4. La utilización de programas específicos de estímulo, control y enfoques terapéuticos resulta tan provechoso en terapia de la voz como en otra terapia cualquiera.

Así, la perspectiva global pretende actuar sobre el uso de la voz como forma de comunicarse e incluye actividades de orientación, psicodinámica y adiestramiento vocal aplicadas a la terapia de modo interconectado. La terapia de la voz es un tratamiento que se basa en educación, consejo y más específicamente en reeducación vocal.

A pesar de dedicarnos en este texto principalmente a la actuación logopédica hay que recordar que la colaboración interdisciplinaria es decisiva tanto para la investigación como en la clínica: ha sido la principal responsable de los avances en el área de la voz humana y debe considerarse principio y meta de cada miembro del equipo.

El trabajo de orientación vocal

El trabajo de orientación vocal incluye una serie de aclaraciones sobre la fonación y la salud vocal, con detalles suficientes como para saciar las necesidades del paciente, pero sin agobiarlo con excesivas referencias técnicas. Las explicaciones correctas y sencillas sobre el mecanismo de producción del sonido y la enseñanza de normas básicas de higiene vocal y uso correcto de la voz ayudan al paciente a tener conciencia de la importancia de usar la voz correctamente y qué hacer para evitar las crisis disfónicas controlando los abusos vocales. Pero no debemos olvidar que el paciente no es «perito» en voz y que hechos muy sencillos para nosotros pueden ser totalmente desconocidos para él. Por eso hay que considerar la orientación como verdadero consejo vocal y no hay que dejarla en segundo plano. El tratamiento de algunas disfonías como, por ejemplo, las referidas al uso profesional de la voz dependen en gran medida de un consejo vocal bien dado.

El trabajo de psicodinámica vocal

El objetivo del trabajo de psicodinámica vocal es hacer que el individuo reconozca los elementos de

su calidad vocal que se han ido amoldando a lo largo de su vida. Al enterarse de estos factores el paciente podrá llevar a cabo los cambios necesarios hasta redescubrir una expresión espontánea. Mediante el trabajo de psicodinámica vocal el individuo trae al consciente las informaciones que su calidad vocal contiene y los efectos de su voz sobre el oyente.

Es importante explicarle al paciente que el tipo de voz que lo caracteriza —salvo las disfonías puramente orgánicas— forma parte de su historia como individuo y pertenece a la esfera de la construcción del yo. Por lo que respecta a la comunicación humana, la mitología personal tiende a influir la formación de nuestros modelos de comunicación, desde la selección del vocabulario empleado, tipo de construcción sintáctico/semántica, hasta los elementos más específicos, como calidad vocal y sus parámetros de frecuencia, intensidad, extensión, etc. La voz, por tanto, forma parte de nuestra identidad y constituye uno de nuestros mitos contruidos por la interpretación de nuestras experiencias de comunicación, con respaldo en la cultura en que vivimos (ZIEMER, 1993).

El trabajo de lectura vocal deberá realizarse de modo cuidadoso, analizando todos los aspectos de comunicación del paciente, incluso la situación del discurso y la comunicación corporal. La relación de observaciones ofrecida al paciente sirve sólo para indicar los principales caminos fisiológicos por los cuales se expresan las emociones y él mismo deberá confirmarla. Además, los datos de psicodinámica vocal dependen de los modelos sociales, culturales y del sistema de valores del individuo. Por eso la lectura vocal no debe considerar los datos aisladamente, incluso porque diversas emociones y características de la personalidad concurren al mismo tiempo para la misma calidad vocal.

El trabajo de adiestramiento vocal

Por adiestramiento vocal se entiende la realización de ejercicios seleccionados con miras a fijar los ajustes motores que hacen falta para reestructurar el tipo de fonación alterado. Los ejercicios son sólo sugerencias de trabajo que realzan y escalonan determinados parámetros vocales, pero la voz es un todo y una división, cualquiera que sea, siempre será una simplificación didáctica. Además, la voz es un producto mecánico solamente por lo que respecta a su realización muscular, ya que en realidad hay un proceso existencial complejo que está asociado a la producción del sonido, cuya actuación viene antes, durante y después de la emisión vocal.

El adiestramiento vocal se compone de innumerables enfoques, algunos de los cuales ofrecen alteraciones en la calidad vocal en conjunto: los llama-

dos métodos universales, y otros fomentan cambios laríngeos específicos: los enfoques específicos. Los métodos universales se pueden aplicar para casi todos los pacientes, mejoran la producción vocal de forma global y ocupan buena parte de nuestra terapia; las técnicas específicas dependen básicamente de una evaluación otorrinolaringológica con miras a la fonoterapia y su objetivo es trabajar con grupos musculares específicos.

BEHLAU y PONTES (1995) han seleccionado las principales técnicas de adiestramiento vocal y las agruparon en cinco categorías: sonidos de apoyo, técnicas de cambio de postura, técnicas de combinación de movimientos de los órganos fonoarticulatorios o funciones reflejo vegetativas de la emisión, técnicas con utilización del habla encadenada y técnicas para fomento de la coaptación de las cuerdas vocales.

En cuanto a la selección de las pruebas, el análisis del historial de individuos tratados con éxito en fonoterapia no ha revelado la existencia de una cartografía terapéutica que vincule el tipo de disfonía a los distintos enfoques. Por otra parte, la selección de enfoques de logopedia a partir del diagnóstico otorrinolaringológico también resulta ser limitada porque dicho diagnóstico no abarca toda la complejidad del comportamiento vocal y los factores inherentes al mismo examen laringológico.

Hasta el momento y descartando la experiencia desigual de cada terapeuta, aspecto que concurre decisivamente en la rehabilitación vocal, las pruebas terapéuticas y de diagnóstico constituyen el más valioso instrumento de selección de enfoques, principalmente para el logopeda al principio de su carrera.

Las pruebas terapéuticas son test realizados con determinado recurso para detectar una posible alteración del comportamiento vocal. Se considera prueba terapéutica toda maniobra, técnica, enfoque o comportamiento adoptado para explorar la respuesta vocal del paciente. Se pueden emplear y registrar con una grabadora de cinta o con filmadora; algunas de ellas se llevan a cabo durante la endoscopia, cuando se explora también la morfología laríngea.

Descripciones de cómo realizar pruebas de diagnóstico y tratamiento con algunas variaciones están disponibles en la literatura (COLTON y CASPER, 1990; BOONE y McFARLANE, 1988; BEHLAU y PONTES, 1995). En resumen, una prueba terapéutica puede ser positiva, negativa o neutra: positiva cuando la disfonía se reduce o cuando la emisión resulta más fácil, a pesar de un aparente empeoramiento de la calidad vocal. La segunda situación se puede observar cuando la técnica empleada en la prueba terapéutica elimina los mecanismos compensatorios que enmascaran la producción real de la voz. En tales casos, aunque después del test la voz asu-

ma una calidad más disfónica, al paciente le resulta mucho más fácil hablar, tiene una sensación de alivio y por lo general lo manifiesta con expresiones tales como «se me abrió la garganta», «he ganado espacio en la voz». Si la voz se mantiene igual que antes y no ocurre ninguna reducción de discinesias asociadas, la prueba terapéutica se considera neutra. Cuando la voz empeora y empeoran también las sensaciones al hablar, la prueba terapéutica se considera negativa, es decir, el enfoque adoptado no se debe emplear, al menos en ese momento.

Tras analizar las distintas pruebas terapéuticas se elige el enfoque más efectivo en un momento dado de la terapia. Es importante señalar que el dinamismo en la producción vocal es tan grande que muchas técnicas consideradas negativas determinado día pueden ser las más efectivas tras algunas sesiones, y aún más: enfoques considerados contraindicados para ciertas alteraciones vocales pueden resultar los más eficaces tras una prueba terapéutica.

LOS ENFOQUES DEL ADIESTRAMIENTO VOCAL

SONIDOS FACILITADORES

El adiestramiento vocal propiamente dicho utiliza una serie de «facilitadores» de emisión, los llamados sonidos facilitadores o sonidos de apoyo a la emisión (BEHLAU y PONTES, 1990b). Tales sonidos tienen la finalidad de mejorar el equilibrio funcional de la producción vocal. Esto significa que para normalizar la fonación se podrá usar el mismo sonido de apoyo tanto para una disfonía hipercinética —que constituye la mayor parte de los cuadros clínicos, siendo el 85% de las disfonías— como para un cuadro hipocinético. La emisión de sonidos de apoyo por definición estimula una producción vocal equilibrada, pero a pesar de eso en algunos casos ciertos sonidos no funcionan así, más bien provocan desequilibrios y tensiones. Por eso se deben realizar las pruebas terapéuticas que regirán la elección de los enfoques más adecuados.

Sonidos nasales

Procedimiento básico:

- «m» y «n» continuas, sostenidas, moduladas o en escalas.

Efectos esperados:

- Suavización de la emisión.
- Reducción del foco de resonancia laringofaríngeo.
- Disipación de la energía sonora en el tracto vocal.

- Aumento de los tiempos máximos de fonación sin esfuerzo.
- Ayuda en el control de la voz.

Aplicación principal:

- Universal de la voz.
- Laringe isométrica (hendidura triangular posteromediana).
- Nódulos vocales.

Sonidos fricativos

Procedimiento básico:

- /f/ o /s/ continuas (o sus correspondientes sonoras).
- O con paso de sonoridad, como /s../->/z../.

Efectos esperados:

- Dirección del flujo aéreo hacia el ambiente.
- Disociación entre intensidad y esfuerzo laríngeo, usando los sonidos sonoros.
- Suavización del ataque vocal.
- Aumento del tiempo máximo de fonación sin esfuerzo.

Aplicación principal:

- Postoperatorio inmediato de lesiones de masa.
- Coordinación neumofónica.

Sonidos vibrantes

Procedimiento básico:

- Vibración de lengua: «rrr...» o «trrr...» o vibración de labios: «brrr...», sostenidas, moduladas o en escalas musicales.

Efectos esperados:

- Movilización de la mucosa.
- Reducción del esfuerzo fonatorio.
- Calentamiento vocal.

Aplicación principal:

- Universal de la voz.
- Laringitis agudas, gripes o catarros.
- Nódulos.
- Edema de Reinke.
- Cicatrices en la mucosa.
- Surco vocal.

Sonido basal

Procedimiento básico:

- Emisión continuada en timbre pulsátil con «a» sostenida o sílaba «la» repetidas veces.

- Emisión con espiración o inspiración, sonido parecido a «motor de barco».

Efectos esperados:

- Gran contracción del músculo tiroaritenoides.
- Relajación del músculo cricotiroideo.
- Movilización y relajación de la mucosa.
- Mejor coaptación glótica.
- Fonación cómoda después del ejercicio.

Aplicación principal:

- Nódulos vocales.
- Fatiga vocal.
- Hendidura triangular posteromediana.

Sonidos oclusivos orales

Procedimiento básico:

- Emisión repetida de /p/, /t/ o /k/ y sus sonoras, combinadas con vocales.

Efectos esperados:

- Coaptación de las cuerdas vocales.
- Claridad de emisión.

Aplicación principal:

- Disfonías hipocinéticas.
- Parkinson.
- Parálisis unilateral de cuerda vocal.
- Laringectomía total.

Sonidos hiperagudos

Procedimiento básico:

- Emisión continua en falsete.
- Combinar la emisión de un sonido hiperagudo con un soplo si fuera necesario.

Efectos esperados:

- Relajación del músculo tiroaritenoides.
- Contracción del músculo cricotiroideo.
- Emisión más equilibrada en timbre modal después del ejercicio.

Aplicación principal:

- Disfonía de bandas.
- Constricción medial del vestíbulo laríngeo.
- Parálisis unilateral de cuerda vocal.
- Edema de Reinke.

TECNICAS DE CAMBIO DE POSTURA

Las técnicas de cambio de postura pueden aplicarse por acción directa o indirecta sobre el aparato

fonador, con miras a la armonía entre la comunicación oral y la comunicación corporal. Las técnicas de acción directa involucran los músculos del aparato fonador en sí o los estrechamente vinculados al sistema, mientras que los ejercicios de acción indirecta implican movimientos de todo el cuerpo que se reflejarán en forma directa o indirecta sobre la emisión vocal. Aquí también se busca romper la contracción muscular habitual y brindar al paciente la posibilidad de un nuevo ajuste. Los sonidos de apoyo se pueden combinar con cambios de postura, los cuales resultarán más eficaces.

Técnicas de acción directa sobre el aparato fonador

Manipulación digital de la laringe

Procedimiento básico:

- Masaje sobre la musculatura perilaríngea con movimientos digitales descendentes y pequeños desplazamientos laterales del esqueleto de la laringe y además movimientos circulares en la membrana tirohioidea.
- Presión anteroposterior sobre la laringe.

Efecto esperado:

- Reducción de la hipertoncicidad laríngea.
- Ligero descenso de la frecuencia fundamental.
- Disminución de la sensación de «bolo» en la laringe.

Aplicación principal:

- Disfonía por tensión muscular.
- Muda vocal incompleta.
- Falsete por mutación o de conversión.
- Surco vocal.

Uso de vibrador con sonorización glótica

Procedimiento básico:

- Aplicar un vibrador a pila o eléctrico sobre la quilla del cartílago tiroideo mientras se emite un sonido de baja intensidad como, por ejemplo, «m».

Efecto esperado:

- Relajación de la musculatura laríngea.
- Reducción de la hendidura triangular posteromediana.

Aplicación principal:

- Disfonía por tensión muscular.
- Rigidez de mucosa.

Masaje en la cintura escapular

Procedimiento básico:

- Movimientos de tacto, presión, estiramiento y masaje en la musculatura cervical en la espalda y hombros.
- Vibradores eléctricos, calor húmedo o bolsas térmicas en las regiones arriba mencionadas.

Efecto esperado:

- Reducción de la hipercontracción muscular de la cintura escapular.

Aplicación principal:

- Disfonías por tensión muscular.
- Hendidura triangular posteromediana.

Desplazamiento lingual

Procedimiento básico:

- Retroposición, anteposición y exteriorización de la lengua.

Efecto esperado:

- Retroposición: mejor aprovechamiento de la cavidad oral.
- Anteposición: liberación de la faringe.
- Exteriorización: abertura del aditus de la laringe.

Aplicación principal:

- Retroposición para la fonación aguda, voz de timbre infantil y alteraciones de la resonancia.
- Anteposición para resonancia pospuesta.
- Exteriorización para disfonías hipercinéticas con contracción de vestibulo laríngeo y para fonación de bandas.

Emisión con boca abierta

Procedimiento básico:

- Emitir los sonidos del habla aisladamente, secuencias automáticas o en lectura de texto con la boca lo más abierta posible.

Efectos esperados:

- Reducir las constricciones del tracto vocal.
- Ampliar las cavidades de resonancia.

Aplicación principal:

- Disfonías con bloqueo articulatorio.
- Casos de baja resistencia vocal.
- Aumento de volumen y proyección.
- Disminución de roce entre las cuerdas vocales.
- Uso profesional de la voz.

Técnica de la /b/ prolongada

Procedimiento básico:

- Prolongación de la oclusión bucal de la consonante /b/.
- Seguida de vocal /a/, átona y nasal en la sílaba «ba», repetida varias veces.

Efectos esperados:

- Aumenta la resonancia.
- Aumenta la energía en la región aguda del espectro.
- Evita el roce entre las cuerdas vocales.
- Relaja y desciende la laringe.

Aplicación principal:

- Disfonía por tensión muscular.
- Falsete por mutación, de conversión o paralítico.
- Hendiduras diversas.

Técnica de cambio de postura de cabeza en plano vertical

Procedimiento básico:

- Emisión con la cabeza hacia atrás, emisión con la cabeza hacia adelante y emisión con la cabeza y tronco hacia adelante, cada una de ellas especificada a continuación.

Técnica de emisión con cabeza hacia atrás

Procedimiento básico:

- Cabeza hacia atrás y emisión de sonido oclusivo posterior /g/, en sílabas, varias veces.

Efectos esperados:

- Medialización de las cuerdas.

Aplicación principal:

- Casos de hendidura fusiforme de naturaleza orgánica.
- Hendiduras irregulares por retracción cicatrizal.
- Poslaringuectomías parciales.

Técnicas de cambio de postura de cabeza en plano horizontal

Procedimiento básico:

- Giro horizontal e inclinación de la cabeza hacia la derecha e izquierda.

Efectos esperados:

- Cabeza girada: mejor acercamiento de las cuerdas vocales a la línea mediana.
- Disminución de ronquera o soplo.
- Cabeza inclinada: nivelación vertical de las cuerdas vocales.
- Reducción de la bitonalidad.
- Más estabilidad del timbre vocal.

Aplicación principal:

- Disfonías neurológicas: sobreexcursión de la cuerda vocal sana en parálisis unilaterales (cabeza en movimiento homolateral al lado lesionado).
- Disfonías neurológicas: estímulo de la cuerda vocal parética (cabeza en movimiento contralateral al lado lesionado).
- Inadaptación fónica: asimetría de tamaño, masa, forma, vibración o tensión de las cuerdas vocales por inadaptación fónica.
- La cabeza inclinada produce mejores resultados sobre el desnivel de las cuerdas vocales.

Técnica de emisión con cabeza hacia adelante

Procedimiento básico:

- Realizar la fonación con la cabeza inclinada hacia el pecho, emitiendo sonidos nasales, sostenidos o en sílabas.

Efectos esperados:

- Suavización de la emisión.
- Eliminación de la interferencia de las bandas vestibulares.
- Elevación de la resonancia.

Aplicación principal:

- Fonación de bandas.
- Disfonías por tensión muscular.

Emisión con cabeza y tronco hacia adelante

Procedimiento básico:

- Curvar el tronco (de pie o sentado) y emitir el sonido facilitador elegido mientras se yergue el tronco.

Efectos esperados:

- Mucosa vibrando a favor de la fuerza de gravedad.
- Dispersión de energía en el tracto vocal.
- Separación de las bandas vestibulares.

Aplicación principal:

- Resonancia laringofaríngea.
- Edema de Reinke.
- Fonación de bandas.

Técnicas de acción indirecta sobre el aparato fonador

Las técnicas de acción indirecta sobre el aparato fonador abarcan un sinnúmero de ejercicios corporales y se las puede adaptar a las técnicas de estimamiento, combinarlas fácilmente con emisiones de sonidos seleccionados para el paciente y con una serie variada de ejercicios de relajación dinámica, normotonicidad y yoga. Tales técnicas implican mover todo el cuerpo o partes específicas, como el cuello y los hombros, pero la experiencia del terapeuta relativa a estos enfoques es la que determina si su empleo tendrá éxito.

Ejercicios corporales combinados con emisión de sonidos facilitadores*Procedimiento básico:*

- Amplios movimientos del cuerpo combinados con sonidos de apoyo o vocales.

Efectos esperados:

- Relajación dinámica.

Aplicación principal:

- Voces profesionales.
- Disfonías por tensión muscular.

Ejercicios cervicales sonorizados*Procedimiento básico:*

- Movimiento de la cabeza y cuello en ademán de «sí», «no» y «tal vez» (movimientos verticales, horizontales y de inclinación), emitiendo vocales o sonidos de apoyo seleccionados.

Efectos esperados:

- Suavización de ataques vocales.
- Reducción de la compresión medial de las cuerdas vocales.
- Aumento del tiempo máximo de fonación.

Aplicación principal:

- Disfonías por tensión muscular.
- Nódulos vocales.
- Disfonías hipercinéticas.
- Eliminación de compensaciones negativas en las parálisis laríngeas.

Ejercicios de hombros sonorizados*Procedimiento básico:*

- Girar los hombros en sentido horario de delante hacia atrás, de modo bilateral o alternado y combinar los movimientos con la emisión de vocales o sonidos de apoyo.

Efectos esperados:

- Reducción de la tensión muscular de la cintura escapular y del cuello.

Aplicación principal:

- Disfonías por tensión muscular.
- Nódulos vocales.
- Eliminación de compensaciones negativas en las parálisis laríngeas.

TECNICAS DE COMBINACION DE MOVIMIENTOS DE LOS ORGANOS FONOAUTICULATORIOS O FUNCIONES REFLEJOVEGETATIVAS CON LA EMISION

La combinación de movimientos articulatorios o de funciones reflejovegetativas con la producción fonatoria enlaza dos o más dinámicas (fonatoria, articulatoria y/o vegetativa) en el mismo ejercicio a fin de mejorar el equilibrio de la emisión vocal. Tales técnicas permiten aprovechar varios ejercicios de labios, lengua, mejilla, mandíbula y musculatura faríngea para emitir diversos sonidos de apoyo. Describiremos cuatro técnicas bastante conocidas, pero las combinaciones son muy ricas y numerosas, de tal modo que se pueden crear nuevos ejercicios constantemente.

Técnica del bostezo*Procedimiento básico:*

- Inspirar profundamente y simular un bostezo con la lengua baja y hacia adelante, sonorizar el bostezo con vocal abierta.
- Aprovechar también los bostezos naturales.

Efectos esperados:

- Reduce ataques vocales bruscos.
- Ensancha el tracto vocal.
- Ayuda a la proyección vocal.
- Desciende la laringe.
- Ensancha la faringe.
- Sintoniza fuente y filtros de resonancia.

Aplicación principal:

- Bloqueo articulatorio.
- Disfonías con foco resonante faríngeo o laringofaríngeo.

- Nódulos vocales.
- Disfonía por tensión muscular.
- Fonación de bandas vestibulares.

Técnica del estallido de lengua con sonido nasal

Procedimiento básico:

- Combinación del estallido de lengua con la técnica del sonido nasal, llamada «caballo y coche», de modo constante y repetitivo.

Efectos esperados:

- Relajación de la musculatura suprahioidea.
- Recuperación del equilibrio fonatorio.
- Sintonía fuente y filtros.
- Movimiento vertical de la laringe.

Aplicación principal:

- Bloqueo articulatorio.
- Foco resonante bajo.
- Disfonías por tensión muscular.

Método masticatorio

Procedimiento básico:

- Masticar activamente con la boca abierta y hacer movimientos amplios con los labios, lengua y mejillas, emitiendo gran variedad de sonidos, pero evitando el monótono «iam, iam, iam...».

Efectos esperados:

- Universal de la voz.
- Equilibrio de la calidad vocal.
- Reducción de constricciones inadecuadas.
- Calentamiento vocal.
- Aumento de resistencia vocal.

Aplicación principal:

- Disfonías por tensión muscular.
- Foco resonante bajo.

Ejercicios de giro lingual en el vestíbulo

Procedimiento básico:

- Rotación de la lengua en el vestíbulo bucal, lentamente, con los labios unidos dos veces en cada sentido, aumentando el número de giros a cada serie hasta 10 series.
- Combinar el giro lingual con la emisión del sonido nasal /m/, prolongado, juntar la saliva y tragarla.

- Inspirar profundamente y emitir vocales bostezadas.

Efectos esperados:

- Reducción de las constricciones del tracto vocal.
- Recolocación de la lengua y la laringe.

Aplicación principal:

- Reorganización muscular fonoarticulatoria.
- Reducción de la tensión laringofaríngea.

TECNICAS CON UTILIZACION DEL HABLA ENCADENADA

El adiestramiento vocal no se restringe a la emisión de sonidos facilitadores: hay un sinnúmero de técnicas que emplean el habla encadenada en el tratamiento de las disfonías. La opción de usar ejercicios con habla encadenada resulta conveniente cuando se quiere lograr una mejora global de la emisión sin manipular grupos de parámetros específicos. Los ejercicios por lo general armonizan la calidad vocal y reducen el grado de alteración vocal porque mejoran la coordinación de las fuerzas mioelásticas de la laringe, la aerodinámica de los pulmones, las funciones articulatorias y las fuerzas musculares involucradas en las funciones primarias de succión, masticación y deglución. Como resultado se equilibra la coordinación neumofonoarticulatoria y la coordinación deglución/habla. Los individuos que usan la voz por su profesión sacan provecho de los métodos que emplean el habla encadenada porque logran elevar su resistencia vocal.

Técnica de voz salmodiada

Procedimiento básico:

- Emisión similar a la recitación de salmos religiosos.

Efectos esperados:

- Reducción del esfuerzo vocal global.
- Reducción de ataques bruscos.
- Aumento de resistencia vocal.

Aplicación principal:

- Disfonía por tensión muscular.
- Nódulos vocales.

Adiestramiento vocal con enmascaramiento auditivo

Procedimiento básico:

- Emisión en lectura o secuencia automática, recibiendo ruido blanco en ambos oídos, alrededor de 100 dB.

Efectos esperados:

- Efecto Lombard.
- Supresión del control auditivo sobre la voz.
- Aumento del control propioceptivo.

Aplicación principal:

- Diagnóstico diferencial entre disfonías psicogenéticas y neurológicas.
- Disfonías y afonías de conversión.
- Disfonías hipocinéticas.
- Control de competición sonora en voces profesionales.

Adiestramiento vocal con control auditivo retardado

Procedimiento básico:

- Emisión con control auditivo desacompañado unas fracciones de segundo.

Efectos esperados:

- Efecto Lee.
- Fonación constante y menos tensa.

Aplicación principal:

- Diagnóstico diferencial entre disfonías psicogenéticas y neurológicas.
- Aumento del control propioceptivo.

Control visual, auditivo y táctil propioceptivo

Procedimiento básico:

- Control visual:
 - Observar la emisión delante de un espejo, controlar la propia voz mirando la reacción de los interlocutores, controlar la emisión con cualquier sistema de medición como, por ejemplo, el *VU meter* de las grabadoras.
- Control auditivo:
 - Oclusión digital de una o ambas orejas para aumentar la vía ósea.
 - Manos en concha sobre las orejas.
 - Manos en concha detrás de las orejas para aumentar artificialmente el pabellón auricular.
 - Emisión vocal cerca de paneles que produzcan reflejo auditivo con refuerzo de la energía de la onda sonora.
 - Uso de auriculares acoplados a una grabadora de sonido para escuchar la voz amplificada.

— Control táctil propioceptivo:

- Identificación de sensaciones y síntomas propioceptivos que indiquen o sugieran una emisión incorrecta, tales como: ahogo, carraspera, dolor, ardor, sequedad, bolo en la garganta, escozor, sensación de picor en la garganta, etc.
- Emisión con las manos sobre la cabeza, la frente, en la cara y cavidades de resonancia, incluso las de la nariz, cuello y pecho, mientras se llevan a cabo distintas tareas fonatorias.

Efecto esperado:

- Formación de un esquema corporal vocal.
- Toma de conciencia respecto a la emisión correcta e incorrecta de la voz.

Aplicación principal:

- Voces profesionales.
- Disfonías por técnica vocal deficiente.
- Uso de la voz en ambientes inhóspitos.

Técnicas de modulación de frecuencia e intensidad

Procedimiento básico:

- Sonidos de apoyo en distintas frecuencias e intensidades.
- Lectura de prosa y versos con modulación marcada.

Efectos esperados:

- Universal de la voz.
- Emisión más suave.
- Control consciente de las alteraciones en la extensión vocal y dinámica.

Aplicación principal:

- Disfonías por tensión muscular.
- Voces profesionales.

Técnica de lectura de vocales solamente

Procedimiento básico:

- Eliminar las consonantes y leer únicamente las vocales de un texto de manera enlazada y modulada.

Efectos esperados:

- Control de la fuente glótica.
- Reducción de las constricciones en el tracto vocal.

Aplicación principal:

- Bloqueo articulatorio.
- Falta de volumen y proyección.
- Voces profesionales.

Método masticatorio con habla encadenada

Procedimiento básico:

- Emisión vocal como en el método masticatorio, combinada con recuento de números, emisión de secuencias automáticas o lectura de textos.

Efectos esperados:

- Reducción de hipertonía excesiva.
- Aumento de la dinámica fonoarticulatoria.
- Equilibrio.

Aplicación principal:

- Situaciones de gran exigencia vocal.
- Profesionales de la voz hablada o cantada.
- Aumento de resistencia vocal.

Fonación aspirada

Procedimiento básico:

- Vaciar los pulmones e inspirar emitiendo a la vez la vocal «i», prolongada, seguida de vocal relajada: «ihn» aspirado (oral o nasal) -> «a» relajado.

Efectos esperados:

- Acercamiento de las cuerdas vocales.
- Separación de las bandas ventriculares.

Aplicación principal:

- Hendiduras por parálisis y paresias de las cuerdas vocales.
- Fonación de bandas.
- Fonación ariepiglótica.
- Corrección de disfonía psicogenética.
- Alteraciones de la muda vocal.

Técnicas de coaptación con otras funciones de la laringe

Estas técnicas promueven el cierre glótico por compensación extrafonatoria.

Técnicas de empuje

Procedimiento básico:

- Golpes en el aire, con los puños cerrados, y emisión de sílabas oclusivas sonoras.
- Empujar o levantar pesos junto con la emisión sonora.
- Manos enganchadas con firmeza y emisión de vocales sostenidas.

Efectos esperados:

- Acercamiento de las hemilaringes.
- Golpes en el aire -> el acercamiento incluye las cuerdas vocales.
- Manos en gancho -> aducción más firme de las cuerdas vocales en la línea media.

Aplicación principal:

- Parálisis unilateral de la cuerda vocal.
- Disfonías hipocinéticas.
- Grandes hendiduras glóticas.
- Postlaringuectomía.

Técnica de deglución incompleta sonorizada

Procedimiento básico:

- Emitir secuencia de sonidos sonoros, como «bam» al final de la deglución.

Técnica de sobrearticulación

Procedimiento básico:

- Exagerar los movimientos fonoarticulatorios con amplia excursión muscular y gran apertura de la boca.

Efectos esperados:

- Reducción de hipertonía laríngea.
- Más volumen y proyección vocal.
- Aumento de precisión articulatoria.

Aplicación principal:

- Voces profesionales.
- Disfonías neurológicas (disartrosis hipocinéticas, como la de Parkinson).
- Más volumen y proyección.
- Hipernasalidad.

TECNICAS FAVORECEDORAS DE COAPTACION DE LAS CUERDAS VOCALES

Las técnicas para auxiliar y estimular la coaptación de las cuerdas vocales pertenecen a dos grupos principales: coaptación por tareas fonatorias específicas y por otras funciones de la laringe.

Técnicas de coaptación por tareas fonatorias específicas

A través de las tareas fonatorias específicas se busca estimular un acercamiento correcto de las cuerdas vocales que están separadas de la línea media a causa de la hendidura glótica.

Efectos esperados:

- Sonorización con más cierre laríngeo.

Aplicación principal:

- Parálisis uni o bilateral de la cuerda vocal.
- Falsete por mutación o de conversión.
- Postlaringuectomía.
- Grandes hendiduras glóticas.

COMENTARIO FINAL

Todo individuo que vaya a realizar rehabilitación vocal o que acometa el trabajo de desarrollar la voz hablada o cantada por su profesión tendría que hacerse una evaluación otorrinolaringológica y logopédica detallada.

Los datos de tal evaluación no se deben tomar como una realidad estática, sino en caso de que sean pacientes, como paso previo al tratamiento y en caso de ser individuos normales que se someten a un proceso de transformación vocal por razones profesionales (voz hablada o voz cantada) para controlar la anatomofisiología.

Además, con respecto al tratamiento propuesto, es importante entender la relación entre el adiestramiento vocal y el trabajo de base, representado por la orientación y la psicodinámica vocal.

Cuando nos referimos al adiestramiento vocal como actividad directa y al trabajo de base como actividad indirecta no escalonamos la importancia de una sobre otra, sino que identificamos como directa la actividad que actúa sobre el individuo en la relación psicosocial en el momento y la situación de la comunicación. Creemos que las dos actividades se deben llevar a cabo en el tratamiento de las disfonías porque el solo adiestramiento vocal no le asegura al individuo el uso automático del ajuste motor adquirido durante los ejercicios. Así, el trabajo de fundamento aislado no cambia el comportamiento vocal. Por eso creemos que la combinación de orientación, psicodinámica y adiestramiento vocales aporta las mejores condiciones para que el comportamiento en la terapia se transfiera a la vida diaria.

BIBLIOGRAFIA

- ARONSON, A.: *Clinical voice disorders*. New York: Decker, 1980.
- ARONSON, A.: «The clinical Ph.D. and implications for the survival and liberation of communicative disorders as a health care profession». *ASHA Rep.*, 1987; 35-39.
- ARONSON, A.: *Clinical voice disorders* (3.^a ed.). New York: Thime, 1990.
- BEHLAU, M.; GONÇALVES, M. I., y PONTES, P.: «Encaaminhamento fonoaudiológico das disfonias». En: Marchezan, I.; Bolaffi, C.; Gomes, I., y Zorzi, J., editores. *Tópicos de fonoaudiologia 1994*. São Paulo: Lovise, 1994; 97-111.
- BEHLAU, M., y PONTES, P.: *Avaliação global da voz*. São Paulo: EPPM, 1989.
- BEHLAU, M., y PONTES, P.: *Princípios de reabilitação vocal nas disfonias*. São Paulo: EPPM, 1990.
- BEHLAU, M., y PONTES, P.: *Avaliação e tratamento das disfonias*. São Paulo: Lovise, 1995.
- BELISLE, G. M., y MORRISON, M. D.: «Anatomic correlations for muscular tension dysphonia». *J. Otolaryngol.*, 1983; 12: 319-321.
- BLOCH, P.: *Você quer falar melhor?* (7.^a ed.). Rio de Janeiro: Bloch, 1977.
- BOONE, D., y McFARLANE, S.: *The voice and the voice therapy* (4.^a ed.). Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988.
- BRIESS, F. B.: «Identification of specific laryngeal muscle dysfunction by voice testing». *Arch. Otolaryngol.*, 1957; 57: 375-382.
- BRODNITZ, F. S.: «Goals, results and limitations of vocal rehabilitation». *Arch. Otolaryngol.*, 1963; 77: 148-156.
- COLTON, R. H., y CASPER, J. K.: *Understanding voice problems. A physiological perspective for diagnosis and treatment*. Baltimore: Williams, 1990.
- DALEY, F. L.; ARONSON, A., y BROWN, J. R.: *Motor speech disorders*. Philadelphia: Sanders, 1975.
- ESTILL, J.: *Basic figures and exercises manual*. New York: ImageTech, 1992.
- FERREIRA, A. B. H.: *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa* (2.^a ed.). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986; 616.
- FROESCHELS, E.: «Hygiene of the voice». *Arch. Otolaryngol.*, 1943; 38: 122-133.
- FROESCHELS, E.: «Chewing method as therapy». *Arch. Otolaryngol.*, 1952; 56: 427-434.
- GREENE, M.: *Distúrbios da voz*. São Paulo: Manole, 1983.
- GUTZMAN, H.: «Phonoastenia». *Padagog. Mschr. Sprachleik.*, 1910; 20: 55-61.
- HOIT, J. D.: «Influence of body position on breathing and its implication for the evaluation and treatment of speech and voice disorders». *J. Voice*, 1995; 9: 341-347.
- ISSHIKI, N.: «Vocal intensity and air flow rate». *Folia Phoniatr. (Basel)*, 1965; 17: 19-26.
- ISSHIKI, N., y VON LEDEN, H.: «Hoarseness: Aerodynamic studies». *Arch. Otolaryngol.*, 1964; 80: 206-213.
- JOHNSON, T. S.: *Vocal abuse reduction program*. San Diego: College-Hill, 1985.
- McFARLANE, S. C.: «Treatment of benign laryngeal disorder with traditional methods and techniques of voice therapy». *Ear, Nose and Throat*, 1988; 67: 425-435.
- MOORE, G. P.: *Organic voice disorders*. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall, 1971.
- OLIVER (1870), apud ARONSON, A. E.: «Speech pathology and symptom therapy in the interdisciplinary treatment of psychogenic aphonia». *J. Speech Hear Disord.*, 1969; 34: 321-341.
- PERKINS, W. H.: «Vocal function: Assessment and therapy». En: Travis, L. E., editor. *Handbook of speech pathology and audiology*. New York: Appleton, 1971.
- PINHO, S. M., y PONTES, P. A. L.: «Disfonias funcionais: Avaliação otorrinolaringológica dirigida à fonoterapia». *Acta AWHO*, 1991; 10: 34-37.
- PONTES, P., y BEHLAU, M.: «Disfonias funcionais - conceitos atuais». En: Lopes, F. O., y Campos, C., editores. *Tatado de otorrinolaringologia*. São Paulo: Roca, 1994; 1015-1026.
- SANDOR, P.: *Técnicas de relaxamento*. São Paulo: Vector, 1974.
- STEMPLE, J. C.: *Voice therapy: Clinical studies*. St. Louis: Mosby, 1993.
- TARNEAUD, J.: *Précis de thérapeutique vocale*. París: Maloine, 1955.
- VAN RIPER, C.: *Speech correction principles and methods*. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall, 1939.
- WEST, R.; KENNEDY, L., y CARR, A.: *The rehabilitation of the speech*. New York: Harper, 1937.
- ZERFI, W. A. C.: «Voice reeducation». *Arch. Otolaryngol.*, 1948; 48: 521-526.
- ZIEMER, R.: «Mitologia pessoal e padrões de comunicação». *Dist. Comunic.*, 1993; 6: 1-5.

VOZ PROFESIONAL

La voz cantada

I. COBETA MARCO

«El canto es el alimento del oído, la pradera del alma, el manantial del corazón, el solaz del triste, el compañero del solitario y la provisión del peregrino.»

IBN ABD RABBIHI, de Córdoba

morfológicamente de las de aquellas personas que son incapaces de cantar una sola nota. Con las laringes de los cantantes ocurre como con las manos de los pintores: de su simple observación no se puede deducir la capacidad artística, sino el grado de normalidad.

INTRODUCCION

Los cantantes cantan con lo que viven: su propio cuerpo. Tras una agotadora sesión de trabajo los cantantes no pueden dejar los pulmones, la laringe y las cavidades resonadoras envueltas en un terciopelo reposando hasta el día siguiente; han de llevarlas a la calle, donde hace frío o sequedad y donde pueden enfermarse. Esas estructuras con las que se canta no están aisladas, participan de un todo común: el cuerpo humano. Y dentro de los humanos no existen seres más sensibles y emocionalmente más vulnerables que los cantantes.

Los problemas vocales de los cantantes deben contemplarse globalmente porque pertenecen a un grupo de personas donde pequeñas variaciones en los estados de salud y de ánimo pueden influir en su actividad profesional.

El don de una voz o el talento de una persona para cantar no radica en la laringe, sino en algún otro lugar, el cerebro probablemente; en alguna zona próxima a la de la sensibilidad, la inteligencia y la capacidad de aprendizaje. Los pulmones, la laringe y los resonadores son el instrumento necesario, no lo más importante. Lo más importante es el don vocal, y ése se tiene o no se tiene, pero una sola vez y para siempre, desde el principio, desde antes de que nadie se llame cantante. La voz se puede perder o ganar a lo largo de una carrera profesional en muchas ocasiones, por esa razón los cantantes pueden llegar a ser esclavos de su voz, pero siempre son dueños de su don.

PRODUCCION DE LA VOZ CANTADA

Antes de cualquier otra consideración sería bueno decir que las laringes de los cantantes, también las de los grandes cantantes, no se diferencian

Respiración

La respiración correcta es esencial para la voz cantada. Una respiración correcta va a permitir dos cosas: la máxima transformación de la energía aerodinámica en energía acústica y la mínima alteración de la vibración natural de las cuerdas vocales, es decir, el máximo rendimiento con el mínimo daño potencial. Las voces que consumen un exceso de aire tienen un cierto ruido turbulento (aire no productivo) con el resultado psicoacústico de voz aérea. La correcta respiración va a permitir también flexibilidad y ductibilidad en la emisión de las notas musicales, ya que estas cualidades artísticas están directamente relacionadas con la capacidad para captar el aire y para exhalarlo con dominio.

Hay que tener en cuenta, no obstante, que no todo en el canto es la respiración y que este proceso se realiza de una forma natural. El profesor de canto debe dar instrucciones al principio de las clases y ser el alumno el que automatice su respiración. Aunque la respiración es un proceso involuntario, instintivo y que irá mejorando conforme progresa la capacidad del alumno para cantar, hay que tener en cuenta que gran parte del éxito en el canto consiste en regular la salida del aire, mediante presión controlada, para dar volumen a la voz sin malgastar el aire.

El alumno debe saber que así como el músico instrumental aprende a sujetar el instrumento, el cantante debe aprender a sujetar su propio cuerpo, es decir, a adoptar una postura correcta. La cabeza, el tórax y la pelvis deben estar alineados, mantenidos por la columna vertebral, con los hombros ligeramente hacia atrás, pero no tensos; el pecho debe estar levemente elevado y los riñones un poco metidos. La mandíbula debe estar relajada, «suelta». La lengua tiene que ocupar la parte inferior de la cavidad oral. Esta postura se debe automatizar durante

los años de aprendizaje porque está claro que cuando el cantante adquiere soltura debe poder cantar en las posiciones que le exige su director de escena.

Existen tres tipos de respiración: clavicular, costal y diafragmática. También han recibido otros nombres: a la clavicular se le ha llamado alta, costal superior o de pecho alto; a la costal se le ha llamado de pecho bajo y a la diafragmática también se le conoce como abdominal. La clavicular tiene poca importancia en el canto, en donde se debe emplear una combinación de las otras dos.

Aunque no vamos a hacer un análisis de los músculos respiratorios, sí convendría decir que el más importante a efectos del canto es el diafragma, seguido de los intercostales y de la prensa abdominal. El diafragma, al tener una parte central tendinosa y otra periférica muscular, actúa como una tienda de campaña aplanándose en la inspiración (contracción) y abombándose en la espiración (relajación). Los músculos intercostales actúan en la inspiración (intercostales externos) agrandando la caja torácica porque ensanchan y elevan la parte inferior; en la espiración (intercostales internos) disminuyen el volumen de la caja descendéndola.

En el canto, para obtener la máxima capacidad de emisión, al inspirar (elevación y ensanchamiento de la parte inferior del tórax) el diafragma desciende y se produce una discreta distensión abdominal. En la espiración, que es un fenómeno parcialmente pasivo, actúan los intercostales internos y los músculos abdominales. La espiración debe ser controlada según las necesidades de la frase musical que haya que emitir. La respiración clavicular o de pecho alto hay que evitarla por ser poco efectiva, poco estética y por modificar los anclajes musculares de la laringe.

La respiración en el canto debe ser la costodiafragmática, a la que también se le denomina abdominal. En este tipo de respiración se contraen los músculos intercostales externos y el diafragma, a la vez que se relaja el abdomen, el cual protruye ligeramente. La espiración, como hemos dicho, es prácticamente pasiva en el canto debido a la elasticidad pulmonar y torácica; sólo en las situaciones de frases comprometidas debe haber acción de los músculos abdominales y los intercostales internos.

Como ejercicio de este tipo de respiración le recomendaremos al cantante que se tumbe en el suelo y se coloque en el epigastrio el peso de varios libros gruesos para subirlos en la inspiración y luego bajarlos lentamente.

Fuente vocal

El ataque (inicio del canto)

Tanto en la voz hablada como en el canto el ataque corresponde al inicio de la emisión vocal; más

exactamente corresponde a la disposición de los elementos glóticos cuando se inicia la emisión vocal. Antes de emitir un sonido las cuerdas vocales están separadas; al empezar a hablar o al empezar a cantar las cuerdas se unen porque los músculos laríngeos, sobre todo los interaritenoides, llevan las apófisis vocales a la línea media. El ataque vocal debe ser suave y armónico para evitar lesiones de la porción cartilaginosa de las cuerdas vocales y sobre todo para emitir un sonido bello en el comienzo de las frases musicales.

En el canto, la glotis adquiere una disposición muy precisa para emitir la nota musical necesaria. En el ataque de la voz cantada debe haber un equilibrio entre la contracción de los músculos respiratorios y la contracción de los músculos laríngeos con el fin de evitar las correcciones de la nota emitida que produce un efecto antiestético muy marcado. El cantante debe conseguir en el momento de empezar una frase un equilibrio entre el aire que emite y la fuerza laríngea que se opone al aire productivo (presión subglótica). Si la fuerza glótica es pequeña o hay una alteración que permite el escape de aire en la parte posterior de la cuerda la nota perderá intensidad y brillo. Si, por el contrario, existe una presión laríngea excesiva, antes de que el aire comience a pasar, se notará una explosión vocal, también llamado golpe glótico; en realidad el golpe glótico es una forma moderada de golpe de tos.

El mejor ataque para la voz cantada es aquel en que existe una disposición laríngea correcta previa al inicio de la emisión del sonido, en donde no haya correcciones y en donde el paso del aire y la vibración de las cuerdas comiencen al mismo tiempo. Conseguir esto es difícil y constituye el esfuerzo de los profesores de canto. El inicio o ataque vocal debe sonar limpio, seguro y brillante. El inicio vocal debe ser suave, pero no blando, en donde el aire no se escape de forma audible antes de empezar a vibrar las cuerdas; tampoco debe ser el inicio duro o explosivo, comprimiendo la laringe a modo de «válvula» que se abra por la presión pulmonar.

Para conseguir un buen inicio vocal el cantante debe imaginar el sonido que vaya a emitir para disponer la laringe e iniciar el paso de aire simultáneo con la vibración: el flujo aéreo inicia la vibración de la cuerda. Lograr esta sincronía es en ocasiones muy difícil y exige un aprendizaje. En caso de no tener la sincronía de forma natural, cosa que algunos excelentes cantantes intuitivos tienen, es mejor iniciar el aprendizaje del ataque haciendo un paso inaudible de aire que haciendo un «golpe de glotis» (laringe cerrada que «explota» al paso del aire). El aprendizaje del inicio sobre el flujo aéreo se conoce como ataque sobre la respiración o ataque de la /h/ imaginaria, pues el cantante inicia la salida de aire y sobre esa salida comienza la vibración y la emisión. El inicio sobre la respiración no implica pérdi-

da de aire durante la emisión ni debilidad de la laringe, es una forma didáctica de ir consiguiendo la sincronía.

Resonadores

Según ya hemos visto en la fisiología de la producción vocal la glotis transforma la corriente continua del aire subglótico en pulsos regulares e intermitentes, como rodajas de aire, que corresponden a los pulsos de la frecuencia fundamental (F_0). Si a dos personas sólo se les distinguiese la voz por la frecuencia fundamental, como los límites están entre, aproximadamente, 80 y 220 ciclos/segundo, habría muchísimas personas que tendrían la misma voz, pero esto no es así porque existen otros elementos que hacen que las voces sean diferentes. Lo que hace que las voces sean diferentes es la forma del tracto vocal: desde las cuerdas hasta los labios. Las estructuras de la fonación además no tienen una forma fija, sino que pueden cambiar, como de hecho lo hacen, al pronunciar sonidos distintos; las vocales son los sonidos que producen vibración de las cuerdas vocales.

FANT (1960) enunció la teoría de que el tracto vocal actuaba como un filtro; esta teoría junto con la mioelástica de la producción de la voz de VAN DEN BERG (1958) constituyen la base del entendimiento moderno de la producción vocal. La teoría del filtro de FANT enuncia que la energía de la frecuencia fundamental adquiere una complejidad de armónicos y sobretonos en función de la forma y la consistencia del tracto vocal y de la vocal emitida. Ambas funciones están en correspondencia porque para pronunciar una misma vocal las distintas personas ponen el tracto de la misma forma, de tal suerte que somos capaces de distinguir la vocal emitida y la persona que la emite.

Si el tracto vocal actuase como una zona de paso neutra del sonido los armónicos que tendría la frecuencia fundamental serían matemáticamente el doble, el triple, el cuádruple... de dicha F_0 , con una caída de energía de 12 dBs por octava, pero el espectro decreciente de multifrecuencia originado en la glotis es filtrado por el tracto vocal, el cual posee para cada vocal unas curvas con picos en frecuencias determinadas. Al atravesar el tracto vocal el sonido multifrecuencia originado en la glotis sufre modificaciones mediante resonancia, aumentando su energía en la zona de los picos. El resultado de los picos de energía logrados mediante resonancia reciben el nombre de formantes; por tanto, cada uno de los sonidos de las vocales tiene una concentración de energía en unas frecuencias determinadas que son los formantes. También podemos decir que los formantes son las resonancias del tracto vocal cambiante para cada una de las vocales.

Cada sonido vocal tiene tres formantes fácilmente identificables, aunque pueden llegar a descubrirse hasta cinco. A continuación damos a conocer los valores medios de los formantes de las vocales en varones con una frecuencia fundamental de 130 Hz:

	/a/	/e/	/i/	/o/	/u/
1.º formante	730	530	270	410	300
2.º formante	1.090	1.840	2.290	780	870
3.º formante	2.440	2.480	3.010	2.120	2.240

Formante del cantante y vibrato

Es conocido que los profesores de canto se dirigen a sus alumnos con expresiones metafóricas y con imágenes que aunque estén alejadas del lenguaje científico expresan muy bien lo que quieren enseñar y responden la mayoría de las veces a hechos vocales que se pueden constatar y medir: ese es el caso cuando le dicen a un alumno que debe «colocar» mejor la voz. Una voz está bien «colocada» cuando en ella se da el fenómeno acústico del formante del cantante.

El formante del cantante consiste en la aparición de la voz cantada, sobre todo en las tres tesituras del varón y en las contraltos, de una alta energía espectral entre las frecuencias 2.500 y 3.300 Hz. Los formantes del cantante se presentan en los bajos alrededor de los 2.400 Hz., en los barítonos en torno a 2.600 Hz., en los tenores a 2.800 Hz., en las mezzos a 2.900 Hz. El formante cantante es la suma de los formantes tercero a quinto. Aunque cada vocal tiene, como hemos visto, su propia energía espectral, las voces de los buenos cantantes muestran un área continua de energía acústica independiente y más allá de la vocal cantada. Este fenómeno no sucede en la voz hablada.

El formante del cantante explica el hecho de que a los buenos cantantes se les oiga muy bien desde el fondo de la sala, proyectando la voz por encima de la orquesta. No es sólo un problema de volumen vocal. Si hiciéramos un análisis espectral de la orquesta veríamos que hay un pico de energía sobre los 500 Hz.; como el formante del cantante da a la voz una concentración de energía entre 2.500-3.500 Hz., a la que el oído del espectador es tan sensible, es fácil entender que ese sonido vocal atravesase con facilidad el de la orquesta. Los cantantes que no «colocan» la voz no la pueden proyectar por encima de la orquesta a pesar de que canten a mucho volumen.

El vibrato es un ornamento del canto que consiste en ondulaciones del tono a un ritmo de 5-7/segundo. Las ondulaciones hacen que el tono varíe media octava. La voz en el canto lírico, sin vibrato,

suenan plana, mucho menos bella. El vibrato le da a la voz riqueza y vitalidad, alejándola del canto salmódico. Cuando la frecuencia del vibrato es de 5-7 Hz. perceptualmente no se percibe la ondulación de la nota, cosa que sí ocurre si es menor; si la frecuencia es mayor de 7 Hz. la voz suena inestable, temblorosa: voz caprina; este tipo de voz se da en cantantes mayores y cuando aparece deben pensar en retirarse.

El vibrato es un fenómeno acústico y vocal sumamente complejo y mal entendido en sus mecanismos centrales. Se produce por contracciones de los músculos intrínsecos y extrínsecos de la laringe, pero no de los respiratorios, a diferencia del vibrato del flautista. Otra ondulación vibratoria en un grupo orquestal es la que consiguen los músicos de instrumentos de cuerda al hacer vibrar la mano que se apoya en el traste. Una voz con vibrato es una voz sana y bien coordinada.

Científicamente podemos decir que algunas de las características de una voz bella son:

- Presencia del formante del cantante que le da «mordiente».
- Presencia del vibrato, que le da «calidez».
- Presencia de gran cantidad de energía en la frecuencia de 500 Hz., sobre todo en los varones, que le da «rotundidad» y aumenta su sonoridad.

Articulación

La articulación consiste en el cambio coordinado de la forma y la longitud del tracto vocal durante la fonación; de esta forma aparecen las resonancias que dan lugar a los formantes que contienen las palabras. Con una adecuada articulación los formantes aparecen claros y precisos. Mediante la articulación los formantes pueden variar mucho, de forma que en un varón adulto la frecuencia puede cambiar en el primer formante entre 150 y 900 Hz., en el segundo entre 500 y 3.000 Hz. y en el tercero entre 1.500 y 4.500 Hz. En el canto los sonidos más importantes son las vocales, mucho más importantes que en la voz hablada porque en el canto las vocales duran mucho más tiempo: el canto se apoya en las vocales.

Podemos decir que en el canto la correcta articulación, la buena dicción, conduce a la inteligibilidad y a la belleza. El equilibrio perfecto entre la presión del aire y una buena articulación podría ser el resumen para una buena técnica de canto.

Los elementos principales de la articulación son: labios, lengua, mandíbula y paladar blando; con menor importancia tenemos la sección de la faringe y la longitud del tracto vocal; esta última varía en función de la posición de los labios y del descenso o

ascenso de la laringe en el cuello, aunque este elemento debe desecharse en el canto.

La mandíbula tiene relación especialmente con el primer formante, elevando su frecuencia. La forma de la lengua tiene mucha relación con el segundo formante. El tercer formante es bastante sensible a la posición de la punta de la lengua.

Clasificación de las voces

Durante las fases iniciales de sus carreras en algo podemos ayudar a los otorrinolaringólogos foniatras a los jóvenes cantantes: podemos decir si la laringe es normal y también orientar sobre la clasificación de la voz, pero sabiendo que quien hace la clasificación definitiva debe ser el profesor de canto.

La clasificación de la voz tiene una importancia radical en la vida académica de un joven cantante, ya que si el esfuerzo vocal del aprendizaje lo hace en su tesitura no se dañará la laringe. La tesitura no debe confundirse con el rango vocal o extensión de la voz. El rango vocal es el conjunto de notas, desde la más grave a la más aguda, que con mayor o menor esfuerzo puede emitir un cantante. La tesitura tiene un sentido más limitado y es el conjunto de sonidos a los que se adapta mejor una voz, es decir, es la parte del rango vocal en que el cantante puede moverse con comodidad, con plena sonoridad, sin riesgo de lesionar la laringe. La tesitura es la zona donde se produce la inmensa mayoría de notas musicales para esa voz. En ocasiones se confunde la tesitura con un tipo de voz, pero a la tesitura hay que añadirle las notas extremas por arriba y por abajo para tener un tipo de voz determinada. Si el estudiante hace su aprendizaje fuera de tesitura estará cantando con una contracción excesiva de los músculos intrínsecos de la laringe, lo que conducirá inevitablemente a un canto tenso y poco estético y a la aparición de patología.

Las voces, tanto femeninas como masculinas, se dividen en agudas, medias y graves, lo que da lugar a las siguientes categorías básicas: soprano, mezzosoprano y contralto en la mujer, y tenor, barítono y bajo en el hombre. Dentro de cada una de las divisiones se pueden dar otras, pero más en relación con el timbre y que según sea más oscuro o más ligero se pueden subdividir en dramático, lírico o ligero. La extensión de las voces en los cantantes suele ser de dos octavas, aunque es frecuente encontrar voces con dos octavas y media e incluso tres octavas de extensión.

La clasificación de las voces viene dada por factores morfológicos y acústicos. Los factores morfológicos principales son el tamaño de las cuerdas vocales y el de los resonadores; otros factores morfológicos de menor importancia serían el tamaño del

tórax, la estatura y la morfología general del cantante. Los factores acústicos principales son el timbre, la zona del pasaje y la tesitura cómoda. El pasaje, como veremos al hablar del registro, es el lugar de la escala vocal en donde los músculos laringeos adoptan una nueva disposición general para seguir emitiendo notas más agudas, en especial la contracción del cricotiroides. La tesitura cómoda, como hemos visto, es la zona del rango vocal en que la voz se desenvuelve mejor en relación a un sonido fácil y bello y en donde está contenida la inmensa mayoría de las notas para un tipo de voz.

La voz de la soprano se extiende de LA 2 a FA 5, con unas cuerdas vocales pequeñas, que oscilan entre 15 y 20 mm. La mezzosoprano suele tener cuerdas algo más largas, entre 18 y 21 mm, y su voz se extiende de SOL 2 a DO 5. La voz de la contralto oscila entre MI 2 y LA 4.

El tenor suele tener unas cuerdas que varían entre 18 y 22 mm., con una extensión que oscila entre SI bemol 1 a FA 4. El barítono suele tener una longitud de cuerdas vocales entre 22 y 24 mm. y la extensión vocal va de FA 1 a LA 3. El bajo tiene una laringe grande y muy vascularizada, con unas cuerdas que llegan a 25-26 mm. y con una extensión que va de RE 1 a SOL 3.

Respecto a la clasificación de las voces resta por decir que un factor muy importante que tienen en cuenta los profesores de canto es el timbre de la voz.

Registro vocal

Recibe el nombre de registro la disposición global de todos los elementos que producen el sonido para un conjunto de notas que tienen un timbre semejante y que son consecutivas en la escala musical. También podemos definir el registro como la sucesión homogénea de sonidos que van del más grave al más agudo en la extensión de una voz y que se producen por un mismo proceso mecánico.

Si el rango vocal de un cantante lo dividimos en tres partes: baja, media y alta, podemos pensar que las notas más bajas de su rango se emiten con una contracción determinada de los músculos intrínsecos y extrínsecos de la laringe y con una contracción tal de los músculos faríngeos que hagan que la faringe esté en resonancia con dicha nota. Lo mismo sucede para el conjunto de las notas medias y con el conjunto de las notas altas. Es evidente que para emitir cada nota habrá una pequeña contracción muscular sucesiva, pero la disposición del conjunto en cada grupo de notas será semejante: esa disposición global es lo que se conoce como registro.

La nomenclatura en el canto suele ser ambigua y en ocasiones confusa puesto que tiene relación

con sensaciones más que con hechos. Clásicamente se habla de tres registros: el de pecho para las notas graves, el medio para las notas medias y el de cabeza para las notas agudas. Esto en cada tipo de voz. La disposición para las notas graves se conoce como registro de pecho porque el cantante tiene la sensación de que al descender la laringe para emitir esas notas el aire vibra en el pecho. El registro medio se conoce también como registro natural; finalmente se conoce como registro de cabeza al que agrupa las notas más agudas, en las que el cantante tiene la sensación de empujar las notas hacia arriba, hacia la cabeza. A pesar de sus nombres, con lo que los registros tienen más relación es con la contracción de los músculos intrínsecos de la laringe y en menor grado con la presión subglótica y con la contracción y disposición de los resonadores.

El paso de un registro a otro (punto de cambio del registro) debe ser imperceptible para que los resultados artísticos sean óptimos. Existen dos cambios de registro: de pecho a medio y de medio a cabeza. El paso se hace en un punto que corresponde a una nota y que son distintas para cada distinta tesitura. En el mundo del canto al cambio de registro se le conoce como *pasaje*. El paso más difícil de lograr es entre el registro medio y el de cabeza, conocido en el mundo del canto como *segundo pasaje* o simplemente *pasaje* en donde se produce una gran contracción de los músculos tiroaritenoides y cricotiroides.

En general, y como ya se ha expresado al hablar de la fisiología de la voz, al ir aumentando el tono aumenta la longitud de las cuerdas y disminuye su elasticidad; estas circunstancias se producen por:

1. Contracción de las cuerdas vocales por contracción de los tiroaritenoides (que cambia la cantidad de masa vibrante y el grado de rigidez vocal).
2. Tensión longitudinal de las cuerdas vocales por la contracción de los cricotiroides.
3. Compresión medial de las cuerdas vocales como resultado de la contracción de los músculos cricoaritenoides laterales.
4. Posición de la laringe como resultado de la contractura de la musculatura extrínseca.

La nota del *pasaje* para las diferentes voces está aproximadamente en: bajo: RE bemol 3; barítono: MI bemol 3; tenor: FA 3; contralto: DO sostenido 4; mezzosoprano: RE 4, y soprano: FA 4.

Estas zonas cuanto mejor es el cantante menor importancia tienen; los profesionales hablan de que debe existir un continuo vocal en donde las notas precedentes preparen a las siguientes para que el paso sea imperceptible.

PATOLOGIA Y TRATAMIENTO DE LA VOZ CANTADA

Como cantantes

Los cantantes están expuestos a dos tipos de patologías. Por un lado sufren las enfermedades laringeas comunes al resto de las personas, y por otro, las propias de una actividad vocal profesional. Son mucho más preocupantes las segundas que las primeras, y lo son porque un cantante con buena técnica, no sobrecargándose y sobre todo cantando el repertorio que puede, no debe lesionarse la voz. Los cantantes líricos son los profesionales de la voz mejor formados y los que están más atentos y preocupados ante cualquier problema vocal que puedan tener. En este sentido es conveniente no pasar por alto las quejas de quien lleva algunos años en la actividad lírica vocal, especialmente si el motivo de consulta ha sido percibido también por otra persona con conocimientos musicales y unida al cantante, por lo común su profesor de canto.

Existen dos circunstancias que son fuente de problemas: el medio ambiente y los cambios de técnica. En el medio ambiente los cantantes tienen como enemigos la sequedad, el polvo en suspensión, el humo del tabaco, la falta de ventilación y el aire acondicionado. En un ambiente seco y polvoriento las cuerdas vocales pierden elasticidad, por lo que la actividad vocal las puede inflamar. El cambio de técnica en los cantantes ya formados y la mala técnica en los más jóvenes puede ser otra fuente de problemas vocales. Cuando se canta con esfuerzo se contraen excesivamente los músculos del cuello y la laringe, con lo que las cuerdas vocales sufren un golpeteo excesivo que también las puede lesionar.

Cuando las cuerdas vocales se inflaman por los mecanismos que hemos dicho o por otra causa los bordes libres no están rectos y lisos, sino con una pequeña prominencia central (desde inflamación leve hasta nódulo) que hace que al contactar las dos cuerdas quede un espacio abierto, una falta de cierre por donde el aire se escapa. Este escape hace que se pierda potencia, que exista «rozamiento» de la voz y que no se puedan alcanzar las notas agudas si no es aumentando la presión del aire y de la laringe, lo cual se traduce en que la voz suena aceptable a volúmenes altos, pero con mucho esfuerzo.

La prueba para saber si unas cuerdas se encuentran «limpias», con una voz en un buen momento, consiste en intentar dar una nota aguda a poco volumen. Esta prueba, que muchos cantantes y profesores realizan de forma intuitiva, delata, cuando no se puede hacer porque la voz se quiebra, pequeñas irregularidades en el borde libre. Si se realiza un *glisando* a poco volumen desde una nota grave hasta la más aguda que se pueda, las cuerdas estarán tanto más «limpias» cuanto más se acerque el can-

tante a la nota más aguda que haya sido capaz de alcanzar cantando a volumen normal en su mejor momento. Poco después de una dura función puede suceder lo que hemos dicho, pero tras unas horas de descanso la voz se normaliza. Cuando la voz no alcanza su estado normal con el descanso es necesario explorarlas.

La patología más frecuente que podemos encontrar en los cantantes está en relación con el borde libre de la cuerda vocal; suelen ser lesiones pequeñas que se manifiestan sobre todo en fonación y esa es la razón por la que el estroboscopio tiene tanta importancia en la exploración de la voz en los cantantes. Es muy importante ser precavidos la primer vez que exploramos a un cantante, pues en ocasiones encontramos algún cambio morfológico que no sabremos si achacar a una variante de la normalidad en ese cantante o a una patología real: la clínica y la prudencia nos ayudarán en esas circunstancias.

De más a menos frecuente la patología de los cantantes la podemos agrupar en:

1. *Sobrecarga vocal*. La sobrecarga vocal es la manifestación de una actividad excesiva más que de una hiperfonación. Puede aparecer sobrecarga en cantantes que teniendo una buena técnica cantan por encima de su capacidad física. La sobrecarga se da especialmente en cantantes que no limitan su actividad vocal a dos horas diarias de estudio o a dos horas de actuación en días alternos. La sobrecarga vocal tiene tres grados:

- *Sobrecarga grado I*, en donde lo que aparece es un exceso de secreciones en las cuerdas vocales, lo que obliga al cantante a aclarar la voz o carraspear; la voz puede oscurecerse y existe dolor para la voz hablada.
- *Sobrecarga grado II*, en la que aparece una irregularidad poco perceptible a lo largo del tercio medio del borde libre de las cuerdas vocales; también existe aumento de secreciones. Clínicamente se traduce porque el cantante es incapaz de alcanzar las notas más agudas de su rango vocal; existe fatiga para la voz cantada. Las notas agudas se pueden alcanzar haciendo mayor presión subglótica, con lo que el problema no aparece a volúmenes altos.
- *Sobrecarga grado III*, en donde lo que vemos es una inflamación leve, pero concentrada, en el tercio medio de ambas cuerdas vocales, como pequeñas espículas. La diferencia con los nódulos es muy sutil, pero existe porque en la sobrecarga III la lesión es menor, picuda, desaparece en muy poco tiempo de reposo vocal (realmente disminuyendo la actividad vocal) y es imperceptible a volúmenes altos.

La aparición de la sobrecarga sería el límite máximo para la actividad vocal del cantante con una

técnica determinada. Aunque la sobrecarga puede aparecer en cualquier cantante es mucho más frecuente en los jóvenes que empiezan a tener éxito en sus carreras y no suelen rechazar ninguna oferta por seguidas que sean. El tratamiento es el reposo vocal para la voz cantada y la limitación de actividad para la voz hablada (no hablar en ambientes ruidosos ni mantener conversaciones largas); los mucolíticos pueden ayudar en la eliminación de las secreciones.

2. *Hemorragia de la cuerda vocal.* La hemorragia vocal entre los cantantes líricos es más frecuente de lo que en un principio puede parecer. Suele darse en personas con capilares llamativos en la cara superior de las cuerdas, sobre todo cerca del borde libre que es donde más vibra la cuerda. Pueden existir tres antecedentes: la toma de ácido acetilsalicílico, la actuación a plena voz sin un suficiente calentamiento (o gritar) y cantar con una inflamación leve de las cuerdas.

La clínica se manifiesta de forma aguda con disfonía importante o al menos con imposibilidad para el registro alto. Hay dolor laríngeo de instauración rápida. La hemorragia imposibilita para cantar durante al menos dos semanas. Si la patología es recidivante se puede plantear la coagulación del vaso mediante fonomicrocirugía.

3. *Nódulos vocales.* Los nódulos vocales es la patología más temida por todas las personas del mundo del canto. Cuando existan deberemos ser muy prudentes a la hora de decírselo al cantante. La existencia de nódulos es muy rara en cantantes con una carrera ya hecha; es una patología más frecuente en cantantes jóvenes.

Los antecedentes de los nódulos son tres: cantar mucho (abuso vocal), cantar con una técnica defectuosa (mal uso vocal) o cantar papeles que están fuera de las posibilidades actuales del cantante. Los nódulos no aparecen en poco tiempo; los antecedentes deben actuar durante meses.

El diagnóstico de nódulos puede ser conceptual porque a veces es muy difícil distinguirlos de la sobrecarga grado III; en general, los micronódulos tienen el punto de contacto muy afinado y los nódulos más redondeados.

Se dice que los nódulos aparecen en la unión entre el tercio anterior y el tercio medio de la cuerda vocal; es más exacto decir que aparecen en el punto medio de la porción membranosa, que es el punto de mayor desplazamiento y batida. Tradicionalmente se habla de nódulos gelatinosos y fibrosos (o blandos y duros), queriendo señalar que los primeros se curarían con tratamiento médico y los segundos requerirían cirugía. Es muy difícil distinguir su consistencia o naturaleza en la exploración con el estroboscopio o incluso con la visión del microscopio quirúrgico. En realidad hay que palparlos con

las micropinzas antes de la microcirugía laríngea. Esta dificultad obliga a tratarlos a todos de manera semejante.

Clínicamente se manifiestan por pérdida de brillo o mordiente en el registro medio y disfonía en el registro alto por bloqueo de la vibración debido al contacto de los nódulos. Cuanto mayor es el nódulo antes aparece la disfonía por bloqueo en la escala vocal. Quien primero se suele dar cuenta de su existencia es el profesor de canto, que suele reconocer «algo de aire» en el registro medio; esto corresponde a la existencia de aire no productivo (turbulento) que se escapa por el espacio anterior y posterior que dejan los nódulos en contacto. Este fenómeno psicoacústico se explora mediante el espectrograma, en donde se evidencia que las líneas de las frecuencias (concentración de energía) no están nítidas, sino borrosas.

El tratamiento de todos los nódulos consiste en iniciar un período de tres semanas de reposo vocal relativo: hablar en voz baja (nunca susurrada), hablar en un ambiente en silencio, dirigirse a una sola persona, no hablar por teléfono, no hablar más de cinco minutos a la hora, no carraspear y no cantar. Si al cabo de las tres semanas los nódulos están igual propondremos tratamiento quirúrgico; si han disminuido de tamaño podremos continuar otras tres semanas con el reposo, y si han desaparecido habrá que replantearse los antecedentes.

Los nódulos es una patología de importancia, pero no significa que con ellos acabe la carrera profesional de un cantante, aunque puede que sea un buen momento para analizar lo que ha influido en su aparición y tratar de corregirlo.

4. *Defecto de cierre posterior.* Al analizar esta patología deberemos ser cautos porque puede ser un hallazgo. No es un hallazgo cuando el cantante consulta por falta de brillo o mordiente en la voz y lo ha notado también el profesor de canto, y cuando además no existe ningún otro hallazgo que lo justifique, como un leve edema en la porción membranosa.

El defecto de cierre posterior puro (sin lesión del borde libre) se produce por falta de contracción del músculo interaritenario, con una aproximación correcta de las apófisis vocales por contracción del cricoaritenario lateral: lo que no se produce es el correcto desplazamiento, pero sí la rotación de los aritenoides.

El defecto de cierre posterior es difícil de corregir. Puede deberse a una actividad laríngea excesiva, pues hay que tener en cuenta que el músculo interaritenario es el más débil de los intrínsecos, pero también cabe pensar que es el más débil porque para su función no necesita mayor volumen. Los defectos posteriores también se pueden deber a un mal ataque vocal. En general, el defecto de cie-

rre posterior tiene relación con una técnica vocal defectuosa a diferencia de la voz hablada en que hay un exceso de tonalidad.

5. *Fonoastenia*. La fonoastenia es un diagnóstico por exclusión. Se dice que hay fonoastenia cuando no hallando nada que lo justifique, habiendo hecho una exploración estroboscópica, el paciente se queja de cansancio al cantar y la voz suena diferente que otras veces, sin riqueza. Se dice que en la fonoastenia la voz suena peor que lo que la laringe muestra. Es necesario analizar la salud general y disminuir la actividad vocal.

6. *Sulcus adquirido*. Además de ser una lesión congénita hay una forma de sulcus adquirido consistente en la atrofia del borde libre de la cuerda vocal, no necesariamente en la zona media. En los casos observados hay un defecto de afinación grave, con calados importantes. Suele constituir un problema grave que obliga a retiradas profesionales por períodos muy largos de tiempo (seis-doce meses).

Como pacientes generales

Las enfermedades vocales de un cantante no relacionadas con su actividad profesional y que padece como cualquier otra persona tienen su mayor reflejo en las infecciones del tracto respiratorio. El factor que les da un carácter distinto es el que se presenten poco antes de una función importante, en plenos ensayos. Si la infección no radica en las propias cuerdas se puede forzar moderadamente la curación o permitir un esfuerzo leve, como cantar sin volumen o marcar hasta el día de la función. Cuando la inflamación afecta a las cuerdas es obligado incluir en el tratamiento el reposo vocal, pues cantar en tales condiciones puede lesionarlas de forma grave o hacer que se pierda la voz durante la actuación. A la hora de tomar la decisión de si canta o no en tales circunstancias hay que contar también con la opinión de los cantantes.

CONSEJOS A LOS CANTANTES

La voz no debe derrocharse inútilmente. Al principio cuando el cantante es joven y la laringe normal se suelen hacer muchos esfuerzos que pueden dañar la voz, aunque no de una manera inmediata, por lo que el cantante no los relaciona con dicha actividad. Entre ellas tenemos: hablar mucho en ambientes ruidosos (incluyendo el interior de los coches), permanecer en atmósferas con humo o muy secas, cantar cuando no se está bien de voz, cantar mucho tiempo seguido (más de dos horas) o cantar con tensión profesional sin descansos (dos funciones o dos audiciones en menos de dos días). Esto es lo más frecuente, pero como consejo general a los jóvenes cantantes hay que decirles que cualquier activi-

dad vocal cantada que no sirva para aprender, encontrar trabajo o ganar dinero debería suprimirse.

Hablar excesivamente puede lesionar las cuerdas vocales. En ocasiones el joven cantante no se explica cómo se le puede decir que sus cuerdas muestran una sobrecarga si apenas ha cantado, pero suele llevar una actividad profesional paralela como acto de doblaje, acompañante vocal de un cantante de música ligera, presentador de programas musicales, profesor musical infantil u otras. De forma más sutil, pero igualmente dañino, pueden resultar los desequilibrios afectivos, las pérdidas de confianza en sí mismo y las faltas de descanso o tranquilidad.

Tiene una gran importancia la elección del repertorio. No es recomendable porque puede provocar efectos tan devastadores en la voz como una mala clasificación, el elegir papeles vocales que estén fuera de las posibilidades actuales de un cantante: la prudencia impone ir despacio para llegar lejos («chi va piano, va lontano»). Esto tiene todo su sentido cuando hablamos de jóvenes y buenos cantantes que aceptan papeles para los que necesitarían mayor experiencia o envergadura vocal. Los pasos en falso, aunque no definitivamente, retrasan la madurez y crean frustración, que en ocasiones se manifiesta como alteraciones en la voz.

La tendencia actual tiende a considerar a los cantantes como personas que deben estar en excelentes condiciones físicas, pues en muchas ocasiones su actividad es agotadora; en este sentido los cantantes deben tener un buen estado físico, con un peso en consonancia con su estatura (es falso que para cantar bien se deba estar obeso; otra cosa es que la obesidad no impida en casos concretos cantar bien), también deberían hacer gimnasia respiratoria y corporal, practicar algún deporte y tener una alimentación regular y sana. Estos son algunos de los esfuerzos que la profesión les pide a los cantantes, además de otros, como viajar constantemente, estar sometido a cambios de clima, no tener a las mismas personas en su entorno, vivir en hoteles y teatros, estar sometidos a muchas presiones, depender excesivamente de la voluntad de los demás, vivir alejados de los suyos... Todo ello hace que la parte más frágil, la laringe, pueda enfermar de forma casi imperceptible, pero con desastrosas consecuencias para el cantante. En algunas ocasiones se necesita estar muy seguro para afirmar que la laringe es normal y que los problemas radican en el propio ánimo del paciente.

EL PROFESOR DE CANTO

La persona más importante en el mundo del joven cantante es el profesor de canto. El profesor tiene una gran responsabilidad. El profesor será quien diga si una voz (una persona) tiene posibili-

dades artísticas profesionales, quien clasifique la voz y quien saque el mejor rendimiento sin dañar la laringe. La clasificación correcta de la voz es un hecho trascendental en la vida académica del joven cantante: en una mala clasificación está el origen de muchas lesiones vocales.

Para el otorrinolaringólogo la opinión del profesor de canto es de mucho valor porque el profesor conoce al cantante, sabe cuándo la voz empieza a ser patológica y debido a la relación con el alumno suele dar siempre opiniones mesuradas. Cuando un profesor recomienda al alumno que visite al otorrinolaringólogo existe patología la inmensa mayoría de las veces.

AGRADECIMIENTO

Quiero darle las gracias a la profesora Carmen Rodríguez Aragón por haber leído el manuscrito y haber hecho muy atinadas sugerencias.

BIBLIOGRAFIA

BENNINGER, M. S.: *Vocal arts medicine. The care and prevention of professional voice disorders*. Nueva York: Thieme, 1994.

BUNCH, M.: *Dynamics of the singing voice*. Viena: Springer-Verlag, 1993.

DEJONCKERE, P. H.: *Vibrato*. San Diego: Singular Publishing Group, 1995.

FAN, G.: *Theory of voice production*. La Haya: Mouton, 1960.

MORRISON, M.: *Tratamiento de los trastornos de la voz*. Barcelona: Masson, 1996.

PERELLO, J.: *Canto-dicción. Foniatria estética*. Barcelona: Editorial Científico Médica, 1975.

PUNT, N. A.: *The singer's and actor's throat*. Londres: Heinemann, 1981.

REGIDOR ARRIBAS, R.: *Temas de canto. La clasificación de la voz*. Madrid: Real Musical, 1977.

RODRIGUEZ PEREZ-IÑIGO, C.: *Técnica de canto*. Madrid: Memoria Escuela Superior de Canto, 1988.

SATALOFF, R. T.: *Professional voice. The science and art of clinical care*. Nueva York: Raven Press, 1991.

SUNDBERG, J.: *The science of the singing voice*. Dekalb (Ill): Northern Illinois University Press, 1987.

SUNDBERG, J.: *The science of musical sounds*. San Diego: Academic Press, 1991.

VAN DEN BERG, J. W.: «Myoelastic-aerodynamic theory of voice production». *Journal of Speech and Hearing Research*, 1958; 1: 227-244.

VENNARD, W.: *Singing, the mechanism and the technic*. Nueva York: Carl Fischer Inc., 1967.

Voz hablada

R. COLL e I. COBETA MARCO

Existen numerosas profesiones que utilizan la voz como herramienta de trabajo. Estas profesiones han ido apareciendo a través del tiempo y del desarrollo de las civilizaciones, entre las que tenemos profesores, predicadores, actores, comerciantes, locutores, abogados, etc., y con ellos comenzaron a acentuarse los trastornos vocales en los profesionales.

La voz es para estas personas la herramienta de trabajo que deberán cuidar y aprender a manejar para lograr el máximo rendimiento y longevidad en la profesión que desempeñen. «Para trabajar en el teatro, radio, cine o televisión no basta con poseer dotes naturales, ya que éstos resultan insuficientes si no se los refuerza y desarrolla de acuerdo con las necesidades que cada profesional requiere para su trabajo» (CRISTINA JACKSON MENALDI).

El profesional de la voz hablada debe conocer y manejar perfectamente una técnica vocal y respiratoria adecuada que le permita obtener una voz buena sin esfuerzo y que preserve la salud laríngea; una voz que, además de proyectar una imagen favorable de quien habla, le permita presentar sus palabras de forma más significativa e interesante. Del uso adecuado de la voz dependerá no sólo la salud de la laringe, sino también la eficacia comunicativa.

Existe un alto porcentaje de profesionales que utilizan mal la voz, realizan esfuerzos para ser escuchados, no dominan las variaciones de intensidad, tienen una articulación defectuosa, etc. Al utilizar una técnica vocal incorrecta se altera la fisiología fonatoria, produciéndose trastornos que serán, en principio, funcionales.

El conocimiento del mecanismo vocal es la base que permite al profesional de la voz saber en cada momento de su actividad vocal qué hacer y por qué lo hace. El uso correcto de la voz es en sí un aprendizaje y como todo aprendizaje deberá pasar por diversas etapas que van desde la concienciación de una técnica vocal correcta hasta llegar al empleo de la misma en forma inconsciente y automática.

La voz hablada profesional debe cumplir con ciertos requisitos, como son:

- Utilizar la voz con el máximo rendimiento y el mínimo esfuerzo.

- Evitar el cansancio y el esfuerzo vocal teniendo en cuenta la resistencia física de su laringe.
- Manejar armónicamente los elementos formativos de la voz.
- Adaptar sus recursos fisiológicos a las exigencias del auditorio.
- Al hablar en voz alta debe procurar medir sus dificultades prestando mucha atención a la cantidad de aire que posee y coordinándola adecuadamente en función de la palabra sin utilizar aire residual.

El entrenamiento vocal consta de diversos pasos, que se trabajan en forma simultánea y progresiva, de acuerdo con las necesidades y dificultades de cada paciente. Estos pasos son:

- Relajación.
- Respiración.
- Resonancia.
- Emisión vocal.
- Articulación.
- Modulación.

Del trabajo correcto y armónico de estos puntos se obtendrá la impostación vocal y la adecuada utilización de la voz.

RELAJACION

Es fundamental que el profesional de la voz aprenda a disociar que al hablar deben existir zonas del cuerpo en gran tensión que trabajan simultáneamente con otras que están muy relajadas. Debe aprender a distinguir la diferencia entre tensión útil y contractura excesiva.

RESPIRACION

Los ejercicios respiratorios representan uno de los pilares más importantes de toda reeducación de la voz hablada. Su finalidad será aumentar la amplitud, velocidad y silencio de la inspiración, y regular la espiración de manera que pueda ser controlada conscientemente el mayor tiempo posible en fuerza y continuidad.

El tipo de respiración que se adapta a las necesidades del profesional de la voz es la que se atribuyó a los cantantes del siglo XIX y que se denominó *técnica del apoggio*. Consiste en una respiración de tipo costoabdominal. La inspiración es primeramente abdominal, seguida de ascenso de la pared torácica. Y la espiración se realiza sin modificar la posición inspiratoria. Los músculos abdominales actúan a manera de émbolo, ejerciendo la presión necesaria sobre el diafragma, permitiendo un sople homogéneo, constante, lento e intenso. El mantenimiento del diafragma en descenso produce una fuerte presión en el aire, por debajo de la glotis, que es la que dará firmeza al sonido emitido.

Esta respiración será fundamental para el profesional, pues le permitirá proyectar adecuadamente la voz y realizar todos los esfuerzos a la hora de hablar con la musculatura abdominal, liberando la parte superior del tórax y la laringe de tensión.

RESONANCIA

En esta etapa se trata de obtener el máximo aprovechamiento de los resonadores naturales. Se debe descubrir cómo la posición normal y relajada de los órganos fonoarticulatorios con una presión aérea adecuada facilitan la creación de armónicos y mejora el timbre de la voz.

EMISION

La técnica vocal debe enseñarle al profesional a colocar las cuerdas vocales en posición fonatoria correcta y sobre todo a dosificar con precisión la presión espiratoria sobre las cuerdas y la cantidad de aire, que determinará la intensidad del sonido y el tipo de ataque.

Debe lograrse una coordinación fonorrespiratoria adecuada, regulando la intensidad y evitando el timbre opaco y nasalizado.

DICCION Y ARTICULACION

Todo entrenamiento de la voz hablada profesional debe ir dirigido a la fácil comprensión y audición del mensaje oral por el que escucha. Articular bien es pronunciar diferenciadamente todas las consonantes. Por definición las vocales son los sonidos producidos por la vibración de las cuerdas vocales, amplificados por los resonadores y no modificados en forma apreciable por los órganos fonoarticulatorios. Así, las vocales darán el sonido y las consonantes la inteligibilidad.

La precisión y nitidez de la articulación se logra a través del empleo apropiado de los órganos fono-

articulatorios (labios, lengua, velo del paladar, cavidad nasal). Una articulación clara proporciona la debida comprensión de lo que se dice, y ésta es la única forma de mantener y desarrollar el interés de quien escucha.

MODULACION

La modulación o fraseo musical constituye la manifestación expresiva del discurso y última adquisición del proceso vocal. Es aquí donde se compendian todos los aspectos de la técnica vocal. Para que el discurso sea rico debe jugarse con variaciones de intensidad, de frecuencia, de velocidad, de ritmo, etc. Y esto sólo se logra con el uso adecuado de la voz.

Todo profesional de la voz hablada debiera tener un adecuado entrenamiento funcional y respetar pautas de higiene vocal indispensables para garantizar la salud de su voz.

EL OTORRINOLARINGOLOGO FONIATRA Y EL PROFESIONAL DE LA VOZ

El otorrinolaringólogo foniatra debe diferenciar a los profesionales de la voz de los otros pacientes, puesto que en los primeros la voz es esencial para su vida y la fuerza motriz en su actividad profesional. Debe conocer bien cuáles son los síntomas que indican una mala o excesiva actividad vocal.

La mala utilización vocal se suele manifestar por un tono de voz excesivamente grave; este tono grave utilizado durante mucho tiempo puede llevar a la aparición de nódulos. Antes de aparecer las alteraciones nodulares el profesional de la voz suele quejarse de fatiga vocal, la cual suele incluir disfonía leve y dolor a la fonación. En estas circunstancias es muy frecuente que el profesional de la voz tenga un mal control de la respiración, una tensión muscular excesiva en la región cervical y en la base de la lengua y un estrechamiento del rango vocal. En la exploración, mientras habla, notaremos una contracción de los músculos cervicales, un mal aprovechamiento de la respiración con utilización del aire residual, y en los casos más graves una ingurgitación de las venas superficiales cervicales.

Los principios generales del tratamiento de estos enfermos deben incluir:

- Autorreconocimiento de cambios de voz.
- Aprendizaje en la utilización del aire.
- Limitar el ataque glótico.
- Disminuir la velocidad del habla y adecuarla con intencionalidad objetiva.
- Disminuir la tensión laríngea y relajar los músculos no productores de voz.

