

I. OIDO

Capítulo 7

EXPLORACIÓN FUNCIONAL AUDITIVA.

Juan García-Valdecasas Bernal, María Isabel Aguadero García ,
Manuel Sainz Quevedo.

Hospital Universitario San Cecilio. Granada

La exploración funcional de la audición es la base fundamental de una consulta de otología, siendo el dominio de las distintas pruebas, su realización, sus parámetros y condiciones de realización indispensables para la obtención del diagnóstico de forma eficiente. En este capítulo se repasarán las distintas pruebas diagnósticas existentes, desde las audiometrías, tanto tonales, verbales y las basadas en el comportamiento, hasta las más modernas técnicas objetivas de registro de potenciales evocados, sin olvidar las siempre útiles pruebas de funcionalidad de la cadena timpanoosicular.

AUDIOMETRÍA

La exploración audiométrica consiste en la valoración de la capacidad de un paciente para percibir tonos puros de intensidad variable (audiometría tonal) o en la cuantificación de los umbrales de reconocimiento de los sonidos del habla (audiometría verbal o logaudiometría).

AUDIOMETRÍA TONAL LIMINAR

Metodología

Se emplean sonidos puros, con un rango de frecuencias entre 125 y 8.000 Hz, siendo la intensidad del estímulo regulable en pasos de 5 dB hasta alcanzar un máximo de 120 dB para la conducción aérea y de 40-70 dB para la ósea.

Se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se explora la vía aérea mediante la colocación de auriculares. Se determina el umbral de audición comenzando por el oído menos patológico a priori. La primera frecuencia estudiada debe ser 1.000 Hz, para proseguir hacia las más agudas y posteriormente hacia las más graves. La estimulación se inicia con intensidades débiles, incrementadas en intervalos de 5 dB hasta conseguir la respuesta del sujeto (método del umbral ascendente), método más preciso que la obtención del umbral mediante la disminución progresiva de la intensidad (método descendente).

Tras concluir la determinación de los umbrales de la vía aérea se procede a la estimulación de la vía ósea, sustituyendo los auriculares por un vibrador que se coloca sobre la piel retroauricular.

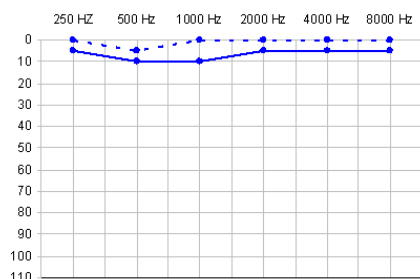
Interpretación de resultados.

En la práctica clínica diaria se deben considerar tanto los umbrales auditivos, con el fin de cuantificar la función auditiva, como la comparación de umbrales obtenidos mediante la estimulación de ambas vías, con el fin de clasificarla anatómicamente (transmisiva o perceptiva) y conocer las diferencias interaurales en los registros obtenidos, con el fin de aclarar posibles entidades nosológicas responsables.

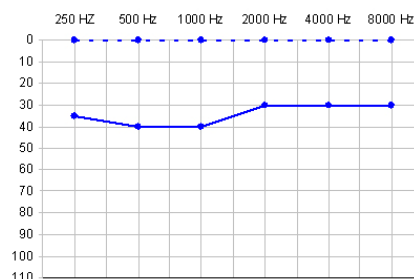
En la gráfica audiométrica la intensidad se anota en el eje de ordenadas, siendo el decibelio su unidad, y las frecuencias, medidas en Hz, en el eje de las abscisas. Se anotan las respuestas los umbrales de audición, siendo la unión de los umbrales obtenidos en las distintas frecuencias, la curva audiométrica.

Las hipoacusias pueden clasificarse en función de su localización anatómica en: 1) Hipoacusias de transmisión, producidas por lesión del complejo timpanoosicular. Su trazado de la vía ósea es horizontal, manteniéndose entre 0 y 20 dB, y el trazado de la vía aérea desciende separándose de la vía ósea más de 30 dB en tres o más frecuencias consecutivas (gap); 2) Hipoacusias neurosensoriales, por lesión del oído interno. En su trazado, ambas curvas permanecen juntas y paralelas, pero la vía ósea desciende en todo o parte de su recorrido por debajo de los 20 dB arrastrando con ella a la vía aérea; 3) Hipoacusias mixtas, con lesión en ambos niveles. En esta última, ambos trazados están separados como en una hipoacusia de transmisión y además la vía ósea desciende por debajo de los 20 dB como en una hipoacusia neurosensorial.

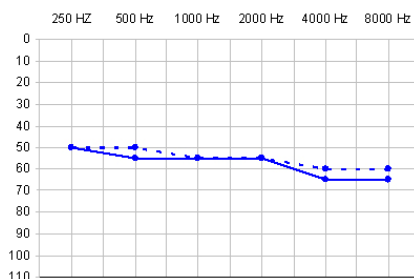
Las hipoacusias pueden además clasificarse en función de su gravedad: 1) Hipoacusia leve (20-40 dB); 2) Hipoacusia moderada (40-70 dB); 3) Hipoacusia severa (70-90 dB); 4) Profunda (>90-100 dB).



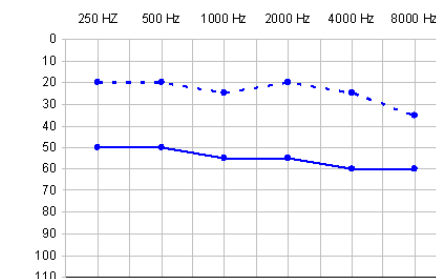
Normoacusia



Hipoacusia leve de transmisión



Hipoacusia moderada neurosensorial



Hipoacusia moderada mixta

Enmascaramiento.

En ocasiones la detección de umbrales resulta ineficaz al existir competencia entre ambos oídos, detectando, por el oído no estimulado, el estímulo aplicado al oído explorado. En este caso aparecen curvas audiométricas fantasma. En este sentido, el enmascaramiento consiste en presentar un ruido, en el oído no explorado, para que este no perciba el sonido con que se estimula al oído en estudio, de modo que el oído sano no altere los umbrales audiométricos obtenidos al explorar el oído sano y la temida curva fantasma.

El enmascaramiento debe realizarse siempre que se explore la vía ósea, pues toda estimulación por vía ósea estimula ambos oídos con una latencia inferior al tiempo de resolución temporal de localización del sonido, y por vía aérea siempre que exista una diferencia de vías aéreas superior a 45-80 dB, según las frecuencias estudiadas, pues es a partir de esta diferencia cuando se produce la transmisión del sonido desde la vía aérea hacia la vía ósea y por lo tanto detección por el oído contralateral. Por otra parte debe realizarse siempre que el paciente explorado refiera lateralización.

El ruido enmascarante debe cumplir 3 criterios:

- Frecuencialmente distinto al estímulo explorador: con la aparición de los audiómetros multicanales y la multifrecuencia se han empleado ruidos de banda frecuencial

ancha (WBN) o ruidos blancos que presentan como limitaciones la peor exploración de frecuencias graves (250-500Hz) y el alcance precoz del umbral doloroso. Fletchner, Luscher y Zwislacki descubrieron que realmente el rango enmascarador se sitúa entre los 50-100 HZ por encima y por debajo de la frecuencia estudiada, desarrollando los ruidos de banda frecuencial estrecha (NBN) y evitando los inconvenientes anteriores.

- Intensidad mayor que el estímulo explorador (criterio de eficacia) con el fin de enmascarar el oído que se explora: la intensidad mínima eficaz es igual a la suma de la intensidad del estímulo en el oído testado, el valor del Rinne negativo del oído a enmascarar y del Δ ensordecimiento, siendo este la intensidad necesaria para hacer desaparecer el umbral de un sonido-test presentado por vía ósea en el oído a enmascarar (15 dB para WBN y 5 dB para NBN).

- Intensidad inferior a la que necesaria para estimular el oído explorado (criterio de no repercusión): la intensidad máxima consiste en 60 dB sobre la intensidad del estímulo en el oído testado, valor por encima del cual la transferencia desde vía aérea a vía ósea queda asegurada. Las limitaciones de este método de enmascaramiento son una intensidad mínima mayor que la de no repercusión, lo cual ocurre cuando el valor del Rinne negativo es mayor de 45 dB. En estos casos, se debe proceder mediante el enmascaramiento por el método de la meseta o el enmascaramiento ipsilateral.

o El enmascaramiento mediante la técnica de meseta consiste en: detectar el umbral de enmascaramiento del oído a enmascarar, detectando la intensidad de ruido por vía aérea que enmascara un sonido por vía ósea de 10-20 dB, y añadir 10 db en pasos sucesivos realizando en cada paso la audiometría en 1 frecuencia. De esta forma, cada vez el oído sano esta mas enmascarado y recibe peor el sonido vía ósea. Cuando el umbral no se altera en 3 ocasiones, no encontramos en la meseta y ante el umbral audiométrico verdadero. Si se ignora este resultado y se prosigue en el incremento del enmascaramiento, el umbral audiométrico se eleva debido al enmascaramiento central y posteriormente al sobreenmascaramiento periférico. La principal limitación en la realización de este método consiste en la existencia de una meseta corta que ocurre en las hipoacusias de transmisión, al estar próximos las intensidades eficaces y las intensidades de sobreenmascaramiento. En este caso, se utiliza un auricular intracanal perfectamente ajustado para emisión de ruido enmascarador, disminuyendo el área de contacto con la vía ósea y por tanto disminuyendo la cantidad de energía que es transmitida por vía ósea, elevando el valor de transferencia transcraneal y disminuyendo el efecto sobre el oído explorado.

o El enmascaramiento ipsilateral, método de Rainville-Jerger-Lightfoot o S.A.L. (Sensitive Acuity Level) consiste en enmascarar por vía ósea y explorar la vía aérea del oído. Así, medimos el efecto enmascarante de un ruido enviado por vía ósea sobre los tonos que enviamos vía aérea y comparamos los niveles de audición pre-ruido y con ruido. Los pacientes normoacúsicos y con hipoacusias de transmisión el umbral con ruido baja, mientras que en las hipoacusias de percepción el umbral no baja porque no le enmascara. El umbral real de la vía ósea es igual al umbral pre-ruido menos el umbral durante ensordecimiento menos una constante (20 dB en 250 HZ; 45 dB en 500 Hz; 50 dB en 1000, 2000, 4000 Hz).

AUDIOMETRIA TONAL SUPRALIMINAR

Son pruebas audiométricas que utilizan estímulos sonoros de mayor intensidad que el umbral auditivo del paciente que previamente habremos calculado. Con ellas valoramos distorsiones sonoras y determinamos la zona lesionada en los trastornos auditivos neurosensoriales.

Con estas pruebas estudiamos:

1. **Reclutamiento:** consiste en percibir una sensación sonora mayor a la que le correspondería a esa intensidad de sonido en un oído sano. Este fenómeno ocurre las hipoacusias de percepción por afectación coclear. Las pruebas que estudian el reclutamiento son:

- **Prueba SISI de Jerger:** Es la más usada en el estudio del reclutamiento. La metodología de la prueba se basa en oír un sonido continuo a 20 dB por encima del umbral durante dos minutos, aumentando 1 dB cada cinco segundos. Cada vez que el paciente note un incremento debe indicarlo, siendo el porcentaje anotado en una gráfica. Si percibe menos del 20% el test es negativo, entre el 20 y 60% es dudoso y mayor del 60% positivo, es decir, existe reclutamiento y por tanto la hipoacusia es de origen endococlear.

- **Prueba de equiparación binaural de Fowler:** Consiste en comparar en una misma frecuencia la sensación sonora en ambos oídos. Se envía un estímulo sonoro por encima del umbral al oído sano y al enfermo el sonido umbral. Después se emite el sonido de manera alternante a cada oído manteniendo la intensidad en el sano y aumentamos de 5 en 5 dB en el sano hasta que el paciente tenga la sensación de que son similares. A continuación se aumenta 20 dB en el sano y se hace la misma operación que anteriormente con el enfermo; así sucesivamente. Los resultados se anotan en una gráfica, en la que la normalidad coincide con la diagonal.

- **Otras pruebas:** Prueba del ruido de Langenbeck, prueba de Lücher y Zwislocki, prueba de Bruines-Altes o del sonido emergente, etc.

2. Fatiga auditiva: es el fenómeno patológico en el que se produce una disminución de la sensibilidad auditiva al finalizar la estimulación, o la diferencia entre el umbral inicial y el postestimulatoria para un estímulo dado. No afecta únicamente a la frecuencia del sonido fatigante, sino a las próximas. La prueba de Peyser permite su detección y consiste en determinar el umbral por vía aérea tras un estímulo sonoro continuo con una frecuencia de 1.000 HZ a intensidad de 100 dB durante tres minutos. Se vuelve a determinar de nuevo a los quince minutos y a la hora. La normalidad es una variación máxima de 5 dB. Las personas susceptibles al ruido tienen una variabilidad de más de 10 dB.

3. Adaptación auditiva: Es la fatiga prestimulatoria. Se produce por un aumento del umbral auditivo durante una estimulación sonora prolongada. En las lesiones del nervio auditivo, es decir retrococleares, existe una adaptación patológica. El **Tone Decay Test de Carhart permite su exploración:** explora la adaptación del oído a un sonido durante un minuto. Lo normal es percibirlo durante ese tiempo, pero si el oído se fatiga rápidamente el sonido desaparece antes del minuto. Si por adaptación deja de oírlo, incrementamos cinco decibelios y al oírlo debe avisarnos y así sucesivamente hasta que perciba el sonido durante un minuto continuo. Los resultados posibles son los siguientes: normal (deterioro entre 0 y 5 dB), lesión coclear o retrococlear (15-20 dB) y lesión retrococlear (mayor de 20 dB).

AUDIOMETRIA VERBAL

Metodología

Se presentan listas de palabras, fonéticamente equilibradas a diferentes intensidades, trazándose una curva de inteligibilidad que se representa en una gráfica en la que las ordenadas determinan el porcentaje de palabras o fonemas comprendidos y las abscisas determinan la intensidad a la que se han presentado dichas listas de palabras. La logaudiometría mide la inteligibilidad para determinados fonemas, siendo esta fiel reflejo de la audición social del sujeto.

La duración aproximada de la prueba es de 15-20 minutos aunque al exigir la colaboración del paciente el tiempo de realización es mayor en función de su colaboración. Su práctica requiere que el usuario sea mayor de cuatro años, tenga un coeficiente intelectual normal, colabore y no existan trastornos del lenguaje.

Cuando se pronuncian palabras a intensidades crecientes, el receptor pasa por tres fases: 1) Umbral de detectabilidad: Oye pero no alcanza a reconocerlo; 2) Umbral de audibilidad: oye el sonido, pero no capta el significado. 3) Umbral de inteligibilidad: Es el que interesa medir: oye y comprende.

La audiometría verbal se puede realizar de dos formas:

1) **A viva voz.**

- Prueba de los ítems a viva voz: Se pronuncian palabras y números conocidos por el sujeto a diferentes intensidades de voz. El paciente tiene que repetir lo que entiende, contándose errores y aciertos. Para evitar que el paciente repita palabras mediante labiolectura se deberá tapar los labios o nombrar las palabras sin voz, ya que si el sujeto las repite, habría que sospechar que se trata de una persona sorda capaz de practicar la lectura labial.

- Prueba de los ítems a viva voz con sonómetro: La prueba es idéntica a la anterior, pero con un sonómetro al lado del sujeto para que capte las intensidades de emisión.

- Prueba de Fowler: Aproximadamente a una distancia de un metro, se comprueba la deficiencia auditiva según la intensidad de la voz, con que hay que hablarle para que entienda. Si oye la voz susurrada, se trata de una deficiencia auditiva ligera, pasando a ser de 45 db al oír entre susurrada y normal, 70 db si oye la voz normal moderada o 90 db si solo oye gritos.

- Acugrama fonético de Borel-Maisonny: Consiste en una estimación de la identificación fonética que el usuario oye con la grafía correspondiente. Los resultados se escriben en un eje de coordenadas, donde en ordenadas se sitúa el porcentaje de aciertos y en abscisas la intensidad. La curva se obtiene al unir los puntos de intersección. Los datos a destacar son: 1) Altura de la curva (máximo de inteligibilidad); 2) Umbral de inteligibilidad; 3) Porcentaje de discriminación: es el porcentaje de fonemas que el usuario es capaz de entender 35 db. por encima del umbral de inteligibilidad.

2) **Con medios electrónicos.**

Se introduce al paciente en una cabina insonorizada y se le colocan auriculares en ambos oídos para explorar la vía aérea o por medio de altavoces para explorar en campo libre. A través de un micrófono (viva voz) o CD (grabación) se presentan diferentes listas de palabras a distintas intensidades, que el sujeto explorado debe repetir aunque no comprenda el significado de las mismas. Se debe emitir la lista completa y a partir de cada lista presentada se calcula el porcentaje de aciertos y se lleva a la gráfica ya mencionada. Los materiales que se utilizan, están formados por listas de palabras bisilábicas para adultos y niños, balanceadas fonéticamente. En los niños no siempre es posible utilizar material estandarizado, y determinadas situaciones es necesario usar un material adaptado a su edad aunque no esté estandarizado. Mediante la audiometría tonal liminar hay que comprobar si es necesario enmascarar el oído sano.

Clasificación de las pruebas

Pruebas liminares: Son las pruebas en las que se busca el umbral, esto es, el mínimo nivel de intensidad al que se percibe la señal verbal el 50% de las veces que se presenta. Las dos más habituales son el umbral de detección verbal, en la que el sujeto nos indica cuándo detecta una voz humana, sin necesidad de que entienda su significado, y el umbral de comprensión verbal, en la que el sujeto nos indica cuándo entiende una palabra.

Pruebas Supraliminares: Son las pruebas que estudian mediante señales verbales la función auditiva por encima del umbral auditivo de un sujeto. Las más utilizadas son las pruebas de discriminación o inteligibilidad, que buscan cuantificar la capacidad de un sujeto para distinguir dos señales verbales entre sí, generalmente palabras.

Dentro de este grupo hay otras muchas pruebas, con diferentes objetivos específicos de análisis y cada una con su propia metodología que se debe seguir lo más puntualmente posible para obtener resultados estables y fiables. A su vez pueden ser de listas cerradas, en las que la

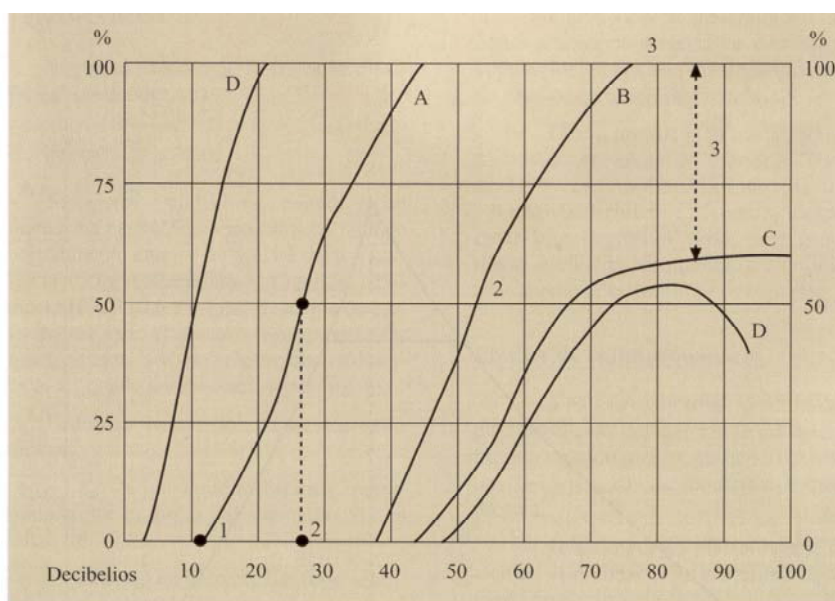
elección de la respuesta es limitada (elegir entre dos, los días de la semana, colores etc.) o listas abiertas, en las que no hay límite a la respuesta.

Interpretación de resultados.

1. Umbral de recepción verbal (URV). Corresponde a la intensidad a la que se repiten correctamente el 50% de las palabras presentadas. Es la intensidad a partir de la cual se entiende el lenguaje hablado.

2. Porcentaje de discriminación correspondiente al porcentaje de palabras repetidas de forma correcta a una intensidad de 35 dB por encima del URV.

3. Punto de máxima discriminación (discrimax). Es el máximo porcentaje de palabras que se repiten correctamente, en general, suele coincidir con el porcentaje de discriminación.



Curvas: A (hipoacusia de transmisión); B y C (Hipoacusia neurosensorial); D (hipoacusia neurosensorial con reclutamiento).
Umbrales: 1 (umbral de la palabra); 2 (umbral de inteligibilidad); 3 (umbral de máxima inteligibilidad).

Enmascaramiento.

El ruido enmascarante empleado es el ruido verbal o en su defecto se puede enmascarar con ruidos blanco y ruidos de banda estrecha. No se pueden aplicar aquí los métodos utilizados en la audiometría tonal, ya que en ésta trabajamos con intensidades a umbral mientras que en las pruebas verbales mantenemos niveles por encima del umbral tonal.

La intensidad necesaria de enmascaramiento (E) consiste en: $ISop-AI+(A-O)$.

1. Isop: intensidad de la señal en el oído en prueba.
2. AI: Atenuación interaural. 40 dB.
3. A-O: máxima diferencia óseo-aérea, en la audiometría tonal, del oído contrario.

EXPLORACION AUDIOLOGICA INFANTIL

Las pruebas audiológicas infantiles se clasifican en subjetivas y objetivas. Las subjetivas necesitan la colaboración del niño para que podamos observar un cambio en su comportamiento o para que responda con un acto voluntario al estímulo sonoro. Las pruebas objetivas no requieren la colaboración del niño y se pueden realizar a cualquier edad.

Pruebas subjetivas.

1. Babimetría: es una prueba de cribado de la sordera que puede ser usada durante la primera semana de vida. Es recomendable que el bebé esté despierto y tranquilo. Se coloca el altavoz del babímetro a unos 10 cm del oído a explorar. La duración del estímulo ha de ser menor al segundo. El sonido es un ruido blanco con una intensidad que varía de los 70 a 100 dB. Las reacciones observadas se pueden agrupar en cuatro categorías: reacciones de atención o alerta (reflejo de Moro, reflejo cocleopalpebral y reflejo cocleomuscular), reacciones de postura (centrípetas y centrífugas), reacciones de comportamiento (el despertar, el llanto, modificaciones de la subcción o movimientos del rostro) y modificación de las funciones autónomas (cambios y bloqueos mínimos del ritmo respiratorio y variaciones de la frecuencia cardíaca).

2. Juguetes sonoros: en el lactante menor de dos años esta es la prueba a utilizar. Clásicamente se ha utilizado una prueba para valorar la respuesta auditiva en función de la gama frecuencial, se denomina test de Ewing y analiza la respuesta mediante tres tipos de sonidos: tras arrugar un papel (frecuencias graves), golpeteo de una cucharita en una taza de café (frecuencias medias) y el ruido provocado por un cascabel (frecuencias agudas). También podemos emplear juguetes sonoros, en cuyo caso, dispondremos de un sonómetro que nos permita conocer la intensidad del sonido con que se estimula al niño. La respuesta ante los instrumentos y juguetes sonoros son diferentes en función de la edad: entre los tres y cuatro meses el bebé tiende a girarse a partir de estímulos de 50 dB, de los siete a los nueve meses localiza un sonido de más de 30 dB, entre los nueve y los trece meses puede localizar este sonido a partir de los 20 dB, si es mayor de catorce meses puede identificar un sonido que provenga de cualquier dirección.

3. Reflejo de orientación condicionado: Se utiliza en niños de edades comprendidas entre nueve meses y tres años aproximadamente. Se basa en que, en determinadas ocasiones, un estímulo visual y auditivo desencadena un movimiento de giro de la cabeza hacia la fuente estimuladora. Condicionamos la imagen y el sonido y cuando el niño ha comprendido la prueba, damos primero el estímulo sonoro y luego la imagen para ver si gira hacia un lado y otro. El estímulo audiovisual combinado no debe durar más de cuatro segundos. Pasados tres segundos se presenta el estímulo del otro altavoz, si el bebé oye responde rápidamente. A continuación, se va disminuyendo la intensidad y así podremos saber aproximadamente su nivel de audición.

4. Audiometría de Peep-show: se emplea en niños entre dos y cinco años. Se basa en el condicionamiento del niño a realizar un acto motor voluntario al oír el estímulo sonoro. Al percibir el estímulo sonoro el niño debe realizar un juego, como apilar cubos, realizar puzzles, o pulsar un interruptor para ver determinadas imágenes.

5. Audiometría tonal y verbal: Se utilizan a partir de los cinco años de edad y se realizan de forma similar al adulto.

IMPEDANCIOMETRIA

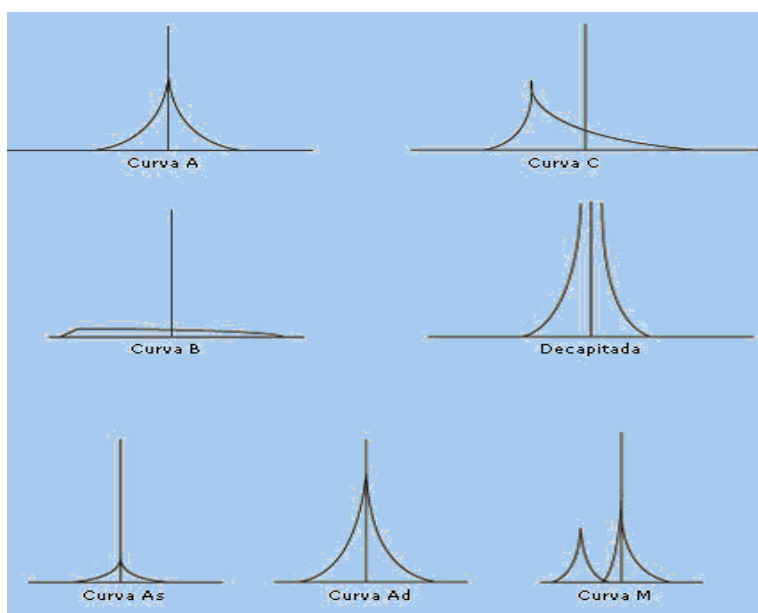
La impedancia acústica es la fuerza o resistencia que opone el conjunto timpanoosicular a la progresión de la onda sonora. Se entiende por impedanciometría el conjunto de pruebas funcionales auditivas que miden la resistencia que oponen las estructuras del oído medio cuando incide sobre ellas un sonido. Estas pruebas funcionales son la timpanometría, la determinación del umbral del reflejo del estribo y la prueba de volumen físico.

Timpanometría.

El objetivo de esta prueba es la medición de la admitancia o distensibilidad del sistema timpanoosicular mediante el reflejo en el tímpano de un eco acústico producido por una sonda que obtura el CAE y que consta de tres canales: 1) Permite variar la presión aplicada (mediada en decapascasles o en milímetros de agua) en la cara externa del tímpano, gracias a una bomba que insufla o extrae el aire del CAE; 2) Se dirige a un altavoz que emite un sonido de intensidad conocida a una frecuencia fija (220 Hz); 3) El tercero está conectado a un micrófono que mide el nivel acústico del CAE. A partir de este nivel filtrado en relación al tono de las ondas (que

corresponde a la onda acústica residual reflejada en el tímpano), el aparato calcula la distensibilidad por medio de un voltímetro.

Para llevar a cabo la prueba se introduce la sonda en el CAE de forma hermética. Se eleva la presión dentro del CAE a +200 mm de agua y, posteriormente, se va reduciendo hasta llegar a -200 o -400 mm de agua. Se registran las variaciones de compliancia según la presión. La curva obtenida se denomina timpanograma, quedando registrada en un gráfico con los valores de presión (mm de agua) en abscisas y distensibilidad (unidades relativas) en el eje de ordenadas. La curva de timpanometría normal se caracteriza por tener forma global en “techo de pagoda”, es decir, un pico estrecho con máximo de presión entre +50 y -100 mm de agua y una amplitud máxima del pico (compliancia) que entre 0,3 y 1,6 cc. El estudio de las diferentes curvas orientan hacia el diagnóstico.

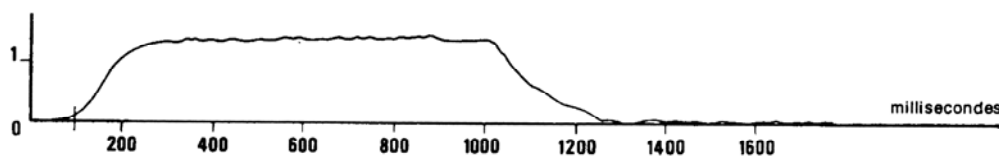


Diferentes curvas obtenidas en el registro de la impedanciometría: A (curva normal); B (atelectasia, timpanoesclerosis, perforación timpánica, OMS); C (obstrucción o disfunción tubárica); decapitada (disrupción de la cadena osicular); As (otosclerosis); Ad (complejo timpanoosicular laxo); M o W (cavidad tabicada por procesos cicatriciales).

Reflejo estapedial

El registro del reflejo estapedial o acústico consiste en la objetivación del cambio de rigidez del sistema tímpano-osicular ante la presencia de estimulación sonora 70-100 dB por encima del umbral auditivo, al provocar un aumento de la impedancia del complejo.

El reflejo estapedial consiste en la contracción refleja del músculo del estribo, que lo desplaza hacia atrás, limitando su hundimiento en la ventana oval. Esta conformado por una vía aferente (nervio coclear), una vía eferente ipsi y contralateral (nervio facial) y una estación intermedia constituida por los núcleos centrales del nervio coclear y del nervio facial.



Registro normal del reflejo estapedial.

El registro de reflejo estapedial permite:

1. Aproximarnos al umbral de audición: el umbral del reflejo se define como la intensidad sonora mas baja capaz de provocar un cambio en la impedancia, estando situado este entorno a 70-100 dB por encima del umbral auditivo.

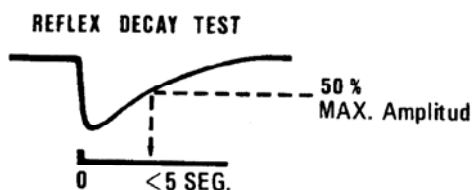
2. Estudio de las estructuras del arco reflejo: nos permite obtener información sobre todas las vías del reflejo incluyendo el oído externo, oído medio, oído interno, rama coclear del VIII par, el tronco cerebral y la vía eferente. En este sentido, el estudio del reflejo estapedial nos orienta sobre la topografía lesional en casos de parálisis del nervio facial.

3. Estudio del tipo de sordera: el reflejo estapedial desaparece en patologías de oído medio al no poder emitir sonidos con intensidades mayores de 100 dB. Solo en algunos casos de otosclerosis, donde puede estar presente una inflexión negativa al inicio y otra al final de la estimulación sonora (efecto on-off), o en raros casos de disrupción osicular, con unión del músculo del estribo al resto de la cadena osicular, es posible obtener dicho registro.

4. Estudio de parámetros supraliminares:

- En las hipoacusias cocleares el fenómeno de reclutamiento provoca que el reflejo estapedial se produzca a menores intensidades, encontrándolo 60 dB por encima del umbral (prueba de Metz positiva).

- En hipoacusias retrococleares se estudia la evolución del reflejo durante los 10 segundos posteriores al estímulo, encontrando una degradación del mismo, al realzarlo entre 500-1000Hz, del 50% de su amplitud durante los primeros 5 segundos (test de Anderson o Reflex Decay positivo). Es un signo muy específico de hipoacusias retrococleares al ser fiel reflejo de la fatigabilidad.



Antes de la realización del reflejo debe realizarse una timpanometría con el fin de obtener el punto de máxima distensibilidad y efectuar el reflejo con la sonda calibrada a esa presión. Además, en casi todas las situaciones se emplea el registro del reflejo contralateral al estímulo, con el fin de evitar interferencias con el mismo, pero en el estudio de recién nacidos y lactantes así como en la comparación de ambos registros, ante sospechas de alteración de las vías reflejas, es importante realizar la estimulación ipsilateral. De todas formas, los umbrales obtenidos mediante registro ipsilateral al estímulo presentan valores 2-14 dB inferiores al contralateral.

Prueba de volumen físico.

Permite conocer el espacio entre el tímpano y la oliva que se introduce en el CAE, el cual varía en función de las características del paciente (0,7-1,2 cm³ en niños y 1-4 cm³ adultos), del tamaño del CAE y de la existencia de una perforación timpánica o tubos de aireación.

OTOEMISIONES

En el año 1978 D. Kemp descubrió la existencia de una energía sonora, producida en la coclea, que podía ser registrada con un micrófono a nivel del conducto auditivo externo, tras la aplicación de un estímulo sonoro mediante una sonda colocada en el CAE o también de forma espontánea sin necesidad de estimulación. Esta energía acústica registrable, se debe a la contracción activa de las células ciliadas externas y aportó la primera prueba convincente de la implicación de los fenómenos activos en la micromecánica coclear y demostrar que la coclea es

capaz de sintonizar el sonido y realizar una discriminación fina mediante la contracción de las células ciliadas externas, mejorando la selectividad frecuencias y la audición de sonidos de baja intensidad. Esta contracción activa de las CCE produce una energía acústica que se transmite en forma de onda sonora en sentido contrario al sonido y con una latencia entre 5 y 15 ms.

Las otoemisiones acústicas presentan como ondas físicas que son unas características:

1. No son un eco provocado por la resonancia de la membrana basilar, pues su **latencia es mayor** (5-15 ms).
2. Están relacionadas con la distribución tonotópica coclear, pues su **latencia es menor a mayor frecuencia del sonido** empleado en su aparición.
3. Su umbral es menor que el umbral psicoacústico, siendo por lo tanto un fenómeno **presináptico**.
4. **Reproducibles y estables**.
5. Son originadas por un **proceso activo**.
6. Su **Comportamiento no es lineal**, no incrementando la energía emitida al aumentar la energía del estímulo. Existe además saturación al aumentar la intensidad del estímulo.
7. **Invierten su fase y polaridad** al invertir la fase y polaridad del estímulo.
8. **Se modifican con factores lesionales cocleares**, ruido, patologías de la audición, y por la **estimulación auditiva contralateral**. Las OEA desaparecen con la muerte del animal.

Las OEA pueden ser registradas sin la aplicación de un sonido (OEA **espontáneas**), o tras la aplicación de un estímulo (OEA **provocadas**) que pueden ser **estímulos transitorios** o bien **productos de distorsión**.

OEA espontáneas (OEAE): es la fracción de sonido generada en la coclea y recogida en el CAE en ausencia de estimulación acústica. Su registro consiste en una señal de uno o más picos frecuenciales de banda estrecha, de 1-3 KHz de frecuencia, estables en el tiempo y de alrededor de 20 dB SPL. Solo están presentes en el 30-60% de los oídos sanos, disminuyendo su prevalencia con la edad hasta alcanzar una prevalencia del 20% a partir de los 50 años. Por este motivo, su ausencia no es un signo específico de pérdida auditiva y su aplicación clínica limitada.

OEA provocadas (OEAP): es la fracción de sonido generada por la coclea, recogida en mediante una sonda situada en el conducto auditivo externo, tras la estimulación auditiva.

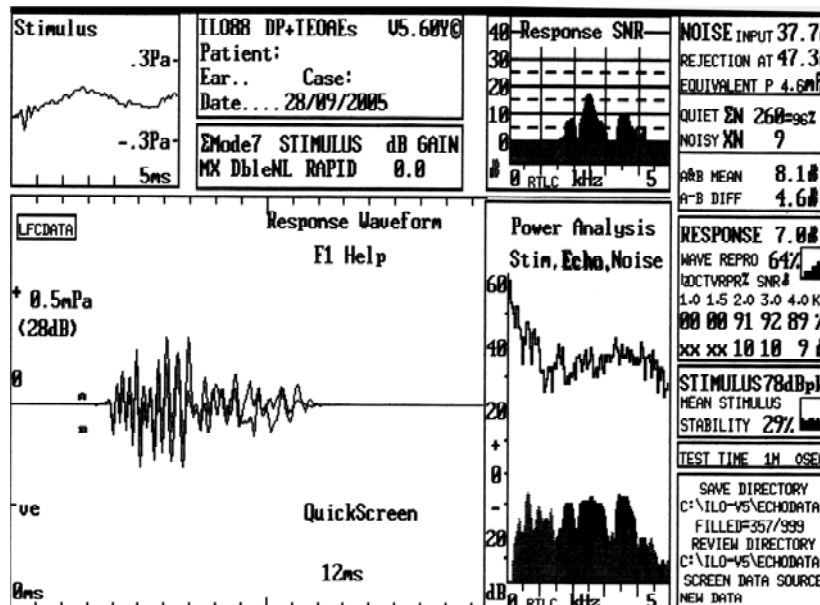
- **OEAP por estímulos transitorios** consiste en la obtención de OEA tras estimulaciones de carácter transitorio y repetitivo. El problema fundamental de su registro radica en la distinción entre otoemisión y ruido, pues existen numerosas interferencias que dificultan el registro de la emisión (el propio sonido emisor y sus resonancias en el conducto y otras estructuras del oído, ruidos respiratorios, deglutorios, llantos, ruidos ambientales etc.). En este sentido, para favorecer la distinción de la otoemisión frente al ruido, deben emplearse mecanismos de rechazo del artefacto (rechazo 0-5 ms y de estímulos contaminados), premedicación (512-1024 veces) y sustracción de respuestas.

Una vez registrada la otoemisión se procede a su análisis sistemático:

1. Análisis de la morfología de las ondas durante la premedicación de la prueba: 2 ondas superpuestas con abundantes picos y valles; identificación de emisiones por encima del nivel de ruido; espectro frecuencial amplio (0,5 y 6 KHz).
2. Comprobación de los parámetros de calidad del registro:
 - a. Correcta morfología del estímulo en la ventana de análisis.
 - b. Estímulo: 75-85 dB SPL.
 - c. Nivel de ruido menor de 39 dB SPL.
 - d. Estabilidad temporal mayor de 85%.
 - e. Diferencia entre el registro obtenido en la memoria *a* y la memoria *b* inferior a 5 dB y lo más cercana a 0.

3. Comprobación de los parámetros objetivos:

- a. Reproducibilidad de la onda mayor o igual al 70%.
- b. Análisis frecuencial de la respuesta: es el dato mas usado en la actualidad, sobretodo en el screening. Se consideran positivas aquellas respuestas con una intensidad mayor de 5 db sobre el ruido en 3 o más frecuencias, con reproducibilidades iguales o superiores a la reproducibilidad general.



Registro de otoemisiones obtenidas por estímulos transitorios.

La incidencia de aparición de OEA por estímulos transitorios es del 96-100% según los estudios realizados en normooyentes. Al contrario que sucede con las espontáneas no existen tantas diferencias en cuanto a su prevalencia en función de la edad, apareciendo en el 35% de los pacientes mayores de 60 años y elevándose el umbral de aparición 8 dBHL por cada década desde la edad de 40 años. Si aparecen diferencias cualitativas en el registro. En recién nacidos existe un mayor número de picos en bandas frecuenciales con clara predominancia de frecuencias agudas y una mayor amplitud global (10dB) que en el adulto.

- **OEA por productos de distorsión:** la coclea es un sistema físico que al ser estimulado por ondas sonoras distorsiona la señal de entrada creando frecuencias adicionales, siendo capaz de percibir tonos no presentes en el estímulo acústico cuando este está constituido por tonos de dos o mas frecuencias. Puesto que la membrana basilar es incapaz de resolver de forma satisfactoria la selectividad frecuencial de 2 sonidos emitidos al mismo tiempo, la coclea ejerce una capacidad de resolución frecuencial activa, llevada a cabo por la membrana basilar y sobretodo por las células ciliadas externas y las deflexiones de sus cilios. Es esta característica la que diferencia la respuesta de la obtenida por las OEA por estímulos transitorios, ya que estas últimas parecen estar originadas en la membrana baso-lateral.

Estas nuevas frecuencias de tonos pueden ser calculadas matemáticamente en función de los tonos que los provocan. Así, al estimular la coclea con 2 tonos puros de frecuencias F1 y F2 y siendo $F2 > F1$, se obtiene una estimulación de la coclea selectiva en distintas frecuencias, siendo la frecuencia $2F1-F2$ la mas claramente percibida en el ser humano. De todas formas la zona de producción de la otoemisión no parece estar situada en la situación $f2-f1$, ya que no se consigue enmascarar su aparición con un tono $f2-f1$ sino un tono de frecuencia media entre ambos tonos.

La técnica de realización es similar a las OEA de estímulos transitorios, excepto en que la emisión es de 2 tonos frecuenciales distintos, siendo los parámetros más eficientes una relación frecuencial $f_2/f_1=1.221$, una relación de intensidades $F_1=F_2+10\text{dB}$ con intensidades de estimulación alrededor de 70 dB SPL.

Las OEA por productos de distorsión aparecen en el 95% de sujetos normooyentes, pero el 33% de los oídos son incapaces de generar productos de distorsión en algunas frecuencias exploradas. Tienen buena fiabilidad y presentan la posibilidad de realizar un estudio frecuencial desde 600 Hz hasta 8 KHz, considerándose esta una ventaja sobre las provocadas por estímulos transitorios. En este sentido, el estudio de las OEA por productos de distorsión se basa en el análisis del audiograma (dBsPL) de productos de distorsión (PD-grama) o mediante las curvas de crecimiento de respuesta en función de variaciones de intensidad del estímulo en aquellas frecuencias donde no se registran productos de distorsión.

Ventajas de las OEAP:

1. Prueba objetiva, no necesitando la interpretación del explorador, ni la colaboración del paciente explorado, lo cual es sumamente importante en los pacientes afectos de alteraciones del desarrollo mental, autismos, etc. y sobretodo en recién nacidos.
2. Prueba simple y atraumática para el paciente.
3. Alta eficacia: sensibilidad 96% y especificidad cercana al 100%.
4. Alta fiabilidad: el registro es similar al repetir las exploraciones a lo largo del tiempo (99% a las 2 horas, 91% días; 88% semanas).
5. Rápida: duración de la prueba 12 minutos.
6. El sistema portátil puede ser desplazado a unidades de cuidados intensivos.
7. Económico: no precisa de material fungible y sus costes se sitúan entre 20 y 40 euros por prueba.

Utilidades:

1. Detección precoz de la hipoacusia en recién nacidos: las otoemisiones obtenidas poseen diferencias respecto a las obtenidas en adultos:
 - a. Mayor número de picos frecuenciales.
 - b. La frecuencia de máxima energía se sitúa en frecuencias agudas (3-5 KHz).
 - c. La amplitud global es 10 dB mayor que en adultos y su incremento con el aumento de intensidad es mayor.
 - d. El umbral de detección se sitúa entre 10 y 14 dB HL, incluso 0dB si la prueba se realiza en cabina insonorizada.
2. Valoración auditiva en la edad escolar, en pacientes con riesgo de hipoacusia y en seguimiento durante su edad escolar.
3. Evaluación y diagnóstico de hipoacusias en adultos: ayudan al diagnóstico de la HNS de origen coclear en hipoacusias menores de 45-55 dB, monitorizando la población de células ciliadas externas en casos de ototoxicidad por aminoglucósidos, furosemida, cisplatino y otros antineoplásicos o trauma acústico, que se refleja como disminución de la amplitud y reproducibilidad de las otoemisiones por estímulos transitorios
4. Seguimiento de hipoacusias fluctuantes.
5. Valoración del tratamiento de procesos efusivos de oído medio en niños, sobretodo mediante las otoemisiones por productos de distorsión.
6. Acúfenos: existen ciertos acúfenos de tonalidad aguda causados por malfunción de CCE con aumento de amplitud en OEA productos de distorsión en el área de 4-6,3 KHz.

Limitaciones:

1. Solo detecta hipoacusias neurosensoriales de origen coclear, siendo incapaz de detectar aquellas de origen retrococlear (neuropatía auditiva, HNS por kernicterus). Este impedimento resulta importante al estudiar pacientes procedentes de UCI neonatal, donde la neuropatía o la disincronía auditiva resulta muy prevalentes (24%).

2. Reducción de la eficacia de la prueba cuando existe patología de oído medio o externo que conducen a hipoacusias de transmisión, dando el resultado de OEA negativas.

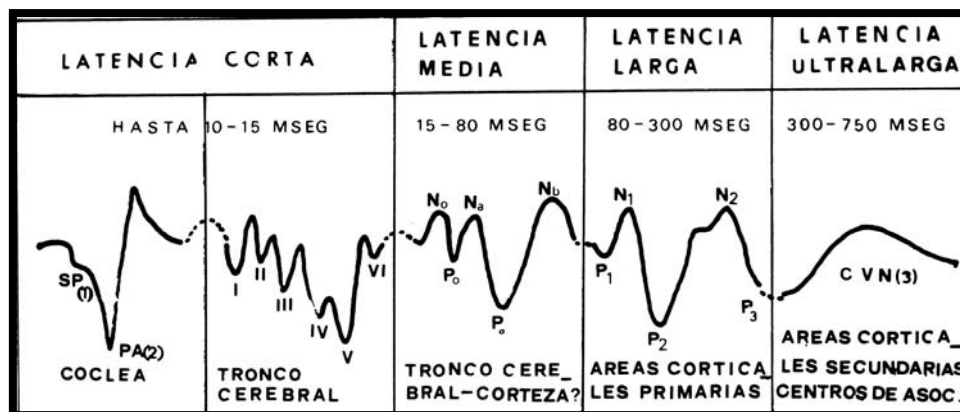
3. Dificultad para detectar hipoacusias en frecuencias agudas >5-6 KHz.

POTENCIALES EVOCADOS.

Desde que el iniciador de la electroencefalografía, Hans Berger, observase en 1929 que al someter al paciente a un estímulo sonoro intenso se producía un cambio en el registro encefalográfico, numerosos investigadores se centraron en la obtención de registros encefalográficos para objetivar la audición. Incluso tras los numerosos fracasos provocados por el enmascaramiento, que sobre la respuesta obtenida, tenía el ruido de fondo, se desarrollaron otras exploraciones como la audiometría psicogalvanica que a través del condicionamiento del reflejo sudorífero ante la estimulación auditiva, permitía aproximar el umbral de audición.

No es hasta el desarrollo de las computadoras y la capacidad de estas para sumar las variaciones del registro no visibles ocasionadas por un sonido repetitivo y su premedicación, cuando se desarrollan las técnicas de audiometría por respuesta eléctrica o audiometría por potencial eléctrico.

Los potenciales evocados consisten en el registro de potenciales eléctricos generados como consecuencia de la activación de la vía auditiva en distintos niveles, tras la estimulación sonora de la misma. Es el método objetivo por excelencia desde hace 2 décadas, aunque en líneas generales no son un método audiométrico objetivo pues los umbrales auditivos se derivan del análisis subjetivo de la morfología del registro.



Los registros de la actividad neurogénica ante la estimulación sonora son clasificados según su latencia de aparición en:

Potenciales de latencia corta (10-15 ms), que son los originados en:

1. Coclea: mediante electrococleografía se registran los potenciales generados en las células ciliadas internas (potencial eléctrico coclear) y la porción más periférica del nervio auditivo (potencial de acción del n.coclear).

Tienen una latencia entre 0 y 4 ms. Para obtener su registro es precisa la colocación del electrodo positivo en la pared post CAE o en el promontorio (amplitud 10-20 veces mayor), negativo en mastoides y tierra en la frente. Utiliza clicks de 5-9/sg o 80-200/sg o bien tone Burst. Se realiza a intensidades iniciales de 75-90 dB hasta localizar el umbral. Se realizan 100-200 repeticiones y no es necesario el enmascaramiento. No se alteran con el sueño ni la anestesia general, característica común a todos los potenciales registrados en las distintas latencias salvo para los de latencia tardía. Se compone de 3 registros:

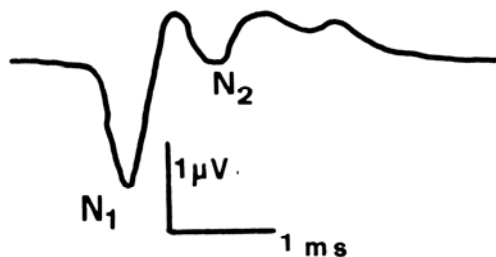
i. Microfónico coclear: refleja la reproducción del estímulo sonoro por parte de las células ciliadas internas y externas, concretamente los cilios de estas, como si fuera un micrófono. Permitiendo monitorizar la función de las células ciliadas.



ii. Potencial de sumación: componente negativo de corriente continua debido al movimiento de la membrana basilar, siendo el área de generación, el área de máxima amplitud de movimiento de la membrana basilar. Mediante electrococleografía, el potencial de sumación aparece mezclado con el potencial de acción, precisando técnicas especiales para su aislamiento. Ni el microfónico coclear ni el potencial de sumación tienen interés en la determinación del umbral audiométrico pues solo aparecen a intensidades elevadas (50 dB sobre el umbral real), siendo el potencial de acción el utilizado para dicha detección.

iii. Potencial de acción: es la suma de todos los potenciales de acción unitarios de las distintas fibras del nervio. Indica el final del proceso de transducción mecano-eléctrico y el comienzo de la actividad neural de la rama coclear del VIII par. Podemos distinguir distintos potenciales de acción:

1. Potencial de acción compuesto generado por un clic no filtrado: consta de 2 deflexiones negativas (N1 y N2). Al aumentar la intensidad del estímulo, aumenta la amplitud de la N1, disminuye la latencia y aumentando la amplitud de N2 y va apareciendo una tercera deflexión negativa, N3. En el umbral de audición, el registro queda como una única deflexión negativa.



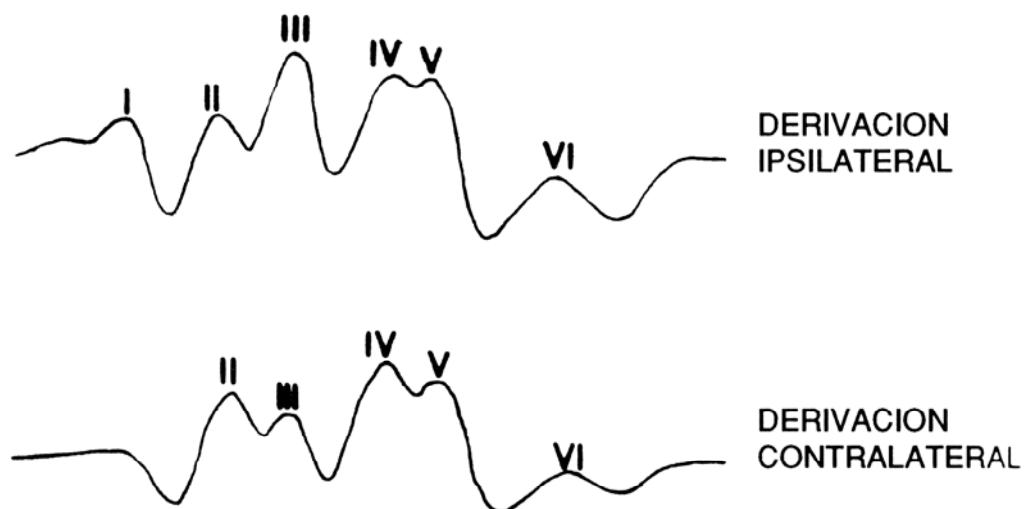
2. Potencial de acción compuesto ante estímulos de distintas frecuencias: el registro en la clínica consiste en el uso de estímulos de corta duración con cortos periodos de ascenso y descenso (tone Burst).

La detección del potencial de acción permite conocer mejor el estado del receptor periférico que los PEATC, que aportan más información sobre la vía auditiva a nivel del tronco. En este sentido, una lesión de células ciliadas conlleva disminución o desaparición de microfónicos cocleares, disminución de la amplitud del potencial de sumación y de la relación PS/PA, apareciendo curvas difásicas en el potencial de acción con pérdidas de registros a bajas intensidades aumentando la amplitud y disminuyendo las latencias. Además, permiten conocer el umbral auditivo monoaural de forma objetiva, sobreestimando el umbral audiométrico en 10 dB para frecuencias mayores de 2000 KHz, siendo su limitación, la identificación de umbrales en frecuencias graves, debido a que con los tonos utilizados para obtener una buena sincronización neural (tone Burst) consiguen peor sincronización en frecuencias graves, separándose el umbral audiométrico y el eléctrico. Por último, permite identificar la onda I cuando esta no aparece en los PEATC, pues N1 se corresponde a esta.

2. Tronco cerebral: representan las estructuras neurales del nervio auditivo y del tronco cerebral, presentando una latencia inferior a 10-15 ms tras la estimulación sonora. Su amplitud

difusión en la práctica clínica se debe a su consideración como técnica básica para la determinación objetiva de umbrales auditivos, detección de patología retrococlear y otros trastornos neurológicos. Los estímulos más utilizados para su identificación son clics y tone burst, pues consiguen una buena sincronización de las respuestas neurales. Los electrodos se sitúan en el vértex (positivo), mastoides ipsilateral (negativo) mastoides contralateral (tierra).

El registro consta de 5-7 deflexiones u ondas de Jewett, siendo cada una de ellas generadas por la descarga sincrónica de generadores bipolares de estaciones relevo situadas en distintas zonas de la vía auditiva. El origen de la onda I se sitúa en la zona periférica del nervio auditivo, la onda II en el conducto auditivo interno, la onda III en el complejo ipsilateral coclear, la onda IV en el complejo olivar superior medial y el cuerpo trapezoide y la onda V el lemnisco lateral. Son las ondas I, III y V las más fácilmente detectables y por lo tanto empleadas en el diagnóstico, valorándose la morfología, latencia, amplitud, intervalos y diferencias interaurales.



Aplicaciones:

- Método objetivo de valoración de la audición. Para la detección del umbral de audición, se realiza la identificación de la onda V, encontrándose esta, en promedio, 10 dB por encima del umbral psicoacústico en las frecuencias 2000-4000 Hz, encontrando importantes dificultades para la detección de umbrales para frecuencias graves (<1000 Hz).

- Los PEATC son muy sensibles a lesiones del VIII para y el tronco cerebral, siendo muy útiles en el diagnóstico topográfico de la hipoacusia, detectando hipoacusias retrococleares, aunque con escasa especificidad:

1. Desestructuración parcial o total de ondas.

2. Aumento de las latencias:

- Latencia onda V > 6.3 ms.

- Intervalo I-V > 4,3 ms.

- Diferencias interaurales:

- * latencia de onda V > 0.3 ms.

- * Intervalo I-V > 0,35 ms.

- Ventajas:

- * Prueba incruenta, objetiva, sencilla y de fácil realización.

- * Posibilidad de falsos negativos, en situaciones de afectación central, pero ausencia de falsos positivos.

- Limitaciones:

* No proporciona información sobre frecuencias graves, producido no solo por el uso de clics, que producen mala sincronización en frecuencias graves, sino también que al emplear estímulos frecuenciales graves la respuesta obtenida esta mediada por frecuencias agudas. Esta desventaja ha sido mitigada con la incorporación de Potenciales Evocados Auditivos de Estado Estable. Su fundamento radica en que la aplicación de un estímulo repetitivo da lugar a señales bioeléctricas repetitivas, que se superponen unas a otras dando lugar una respuesta periódica, que se mantendrá mientras dure el estímulo (estado estable). El estímulo empleado es un tono modulado en amplitud, que con una determinada frecuencia, aumenta o disminuye de intensidad, con una frecuencia de emisión de 70-100 Hz y genera una respuesta de igual frecuencia, que es identificada y valorada mediante la transformada rápida de Fourier y un análisis estadístico, que determinara con un margen de error si la respuesta es significativamente diferente al ruido. Es una exploración poco afectada por el sueño o la sedición, teniendo gran valor como exploración audiométrica objetiva del paciente. Además pueden explorarse simultáneamente varias frecuencias de forma simultánea, mediante la técnica de Múltiples Frecuencias, e incluso ambos oídos a la vez. Presentan una correlación con los umbrales auditivos muy importante pero con diferencia de 10-20 dB, siendo esta mayor en tonos graves. Es una técnica objetiva pues no precisa la colaboración del paciente ni del explorador; pueden explorarse diferentes frecuencias, obteniendo así un audiograma.

* Influenciada por la maduración neurológica: no encontramos amplitudes de la onda V como en adultos hasta los 9-12 meses, latencias de la onda V hasta los 2 años y amplitud de la onda I hasta el 2-3 mes.

* Precisa explorador experto pues la identificación de las ondas correrá a cargo de el. Con el objetivo de reducir esta subjetividad de la exploración, se han diseñado los potenciales automatizados, que a través de técnicas de probabilidad estadística estiman la presencia o ausencia de registro, la identificación de las ondas y los criterios automáticos de pasa/no pasa. Son un método rápido y sencillo pero con pérdida de eficacia y falsos positivos.

* Larga duración: 40 minutos.

* Coste económico moderado: 50 euros por exploración.

Potenciales de latencia media: comprendidos entre 15-80 msg tras el estímulo. En esta latencia coinciden a altas intensidades potenciales miogénicos retroauriculares y potenciales neurógenos que pueden ser independizadas bajo la acción de relajantes musculares. Estos últimos están compuestos por un total de 6 deflexiones, siendo probablemente No la onda V de los PEATC, distorsionada por el filtrado que se emplea en su registro, y la onda Pb coincidente con la primera parte de la respuesta cortical lenta (p1). Se han empleado en la determinación del umbral de audición sobretodo en frecuencias graves puesto que pueden emplearse tone Burst con la suficiente duración y periodos de ascenso como para conseguir buena selectividad frecuencial sin pérdida de definición de la respuesta. Además se emplean en el diagnostico de afecciones neurológicas centrales. Se ven afectados por el empleo de sedantes.

Potenciales de latencia larga: entre 80 y 300 msg. Son originadas en áreas corticales primarias siendo sus respuestas menos consistentes y fiables al alejarse del generador por contaminarse la señal. Además se ven muy influidas por el sueño y la sedición, teniendo hoy día escasas aplicaciones y no habiendo demostrado su utilidad en afecciones centrales como la afasia.

Potenciales de latencia ultralarga: entre 300 y 750 msg. Están constituidos por la deflexión P300 y el contingente de variación negativa, siendo considerados actividad intrínseca del sistema nervioso, independiente del estímulo que genera el mensaje, constituyendo así un fenómeno psicológico.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Attias J, Buller N, Rubel Y, Raveh E. Multiple auditory steady-state responses in children and adults with normal hearing, sensorineural hearing loss, or auditory neuropathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2006;115:268-276.
2. Brown CJ. Clinical uses of electrically evoked auditory nerve and brainstem responses. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003; 11:383-7.
3. Callison DM. Audiologic evaluation of hearing-impaired infants and children. *Otolaryngol Clin North Am*. 1999;32:1009-18.
4. Ciges M, Artieda J, Sainz M, Stingl de Mendez M. Potenciales evocados somatosensoriales, visuales y auditivos. Granada (España). Graficas Anel. 1992.
5. Portmann M, Portmann C. Audiometría clínica. Barcelona (España). Toray Masson 1979.
6. Gross M. Universal hearing screening in newborns. Recommendations for organizing and conducting universal hearing screening for congenital hearing loss in Germany. *Laryngorhinologie*. 2005; 84:801-8.
7. Jacobson J, Jacobson C. Evaluation of hearing loss in infants and young children. *Pediatr Ann*. 2004;33:811-21.
8. Kemp DT. Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use. *Br Med Bull*. 2002;63:223-41.
9. Rance G, Roper R, Symons L, Moody LJ, Poulis C, Dourlay M, ET AL. Hearing threshold estimation in infants using auditory steady-state responses. *J Am Acad Audiol*. 2005;16:291-300.
10. Rivera T. Audiología. Técnicas de exploración. Hipoacusias neurosensoriales. Barcelona (España). Medicina STM editors. 2003.
11. Shaffer LA, Withnell RH, Dhar S, Lilly DJ, Goodman SS, Harmon KM. Sources and mechanisms of DPOAE generation: implications for the prediction of auditory sensitivity. *Ear Hear*. 2003;24:367-79.
12. Shallop JK, Jin SH, Driscoll CL, Tibesar RJ. Characteristics of electrically evoked potentials in patients with auditory neuropathy/auditory dys-synchrony. *Int J Audiol*. 2004;43:22-27.
13. Savio G, Perez-Abalo MC, Gaya J, Hernandez O, Mijares E. Test accuracy and prognostic validity of multiple auditory steady state responses for targeted hearing screening. *Int J Audiol*. 2006; 45: 109-120.
14. Sininger YS. Audiologic assessment in infants. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003;11:378-82.