

II. NARIZ Y SENOS PARANASALES

Capítulo 42

FISIOLOGÍA DE LA NARIZ Y DE LOS SENOS PARANASALES. MECANISMOS DE LA OLFACCIÓN

Antonio Martínez Ruiz-Coello, Andrés Ibáñez Mayayo, María Teresa Pinilla Urraca.

Hospital Puerta de Hierro. Madrid

Palabras Clave: Fisiología nasal, Fisiología sinusal, Olfacción, Flujo aéreo nasal, Acondicionamiento aéreo, Ciclo nasal, Aclaramiento mucociliar

INTRODUCCIÓN.-

La nariz es el órgano respiratorio superior por excelencia. Cumple varias funciones importantes que se relacionan entre sí y que podemos englobar en cuatro grandes grupos: respiratoria, defensiva, fonatoria y olfatoria.

FUNCIÓN RESPIRATORIA –

La nariz va a realizar esta función mediante la creación de una serie de resistencias capaces de modificar el flujo nasal y facilitar la función pulmonar, siendo la respiración oral una vía de suplencia en caso de necesidad; y, a través del acondicionamiento del aire inspirado: filtración calentamiento y humidificación.

- **Regulación del flujo aéreo nasal.**

En la regulación del flujo de aire que pasa a través de las fosas nasales tanto en inspiración como en espiración, intervienen factores estáticos invariables como son la configuración anatómica de éstas, y también factores dinámicos que varían en el tiempo y que son fundamentalmente la movilidad de las alas nasales y de la válvula, y los fenómenos vasomotores.

El volumen de aire que pasa en un solo sentido por las fosas nasales en condiciones normales es de 6 a 8 litros/minuto, pudiendo llegar a 60 litros/minuto cuando la ventilación es máxima. La distribución del flujo inspiratorio y espiratorio en las cavidades nasales humanas ha sido estudiada por varios métodos. Probablemente, los resultados más constatados hayan sido los obtenidos, en 1977, por Swift y Proctor, quienes determinaron la dirección y la velocidad lineal en las distintas porciones mediante estudio del flujo en modelos hemi-nasales de cadáveres humanos (Fig. 1).

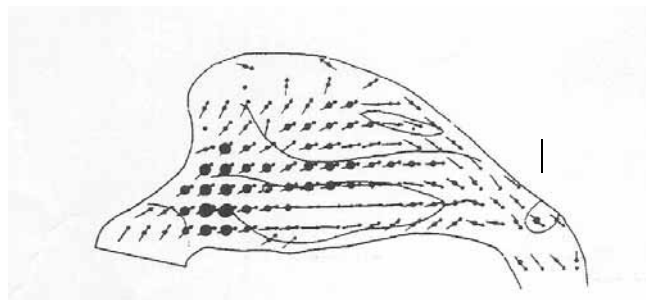


Fig. 1. Diagrama del flujo aéreo inspiratorio en reposo. El tamaño de los puntos indica la velocidad que es mayor en la parte anterior de la fosa. El flujo aéreo transcurre fundamentalmente entre los cornetes superior e inferior. (Tomado de Swift y Proctor)

Según estos y otros estudios, el caudal aéreo inspirado se desliza en forma de arco que, en condiciones normales, se produce principalmente a través del meato medio; el espirado seguirá un trayecto predominante por el suelo de la fosa y el meato inferior.

Las corrientes aéreas nasales pueden ser tanto de tipo laminar, como turbulento, dependiendo del área nasal o de la fase de la respiración en la que nos encontremos. Durante una respiración tranquila el flujo de aire es predominantemente laminar. Si este flujo persistiese en todo el árbol respiratorio, el contacto entre el flujo aéreo y la mucosa respiratoria se vería reducido, y con él, el intercambio de calor, humedad y partículas, empeorando por tanto el acondicionamiento de este aire inspirado. Es por esto último que la nariz posee estructuras (válvula nasal, cornetes y meatos) que varían este flujo laminar convirtiéndolo en turbulento. La turbulencia se produce de manera principal tras pasar la estrechez del vestíbulo nasal y aumentará con la velocidad del flujo. Sólo en las vías aéreas pulmonares pequeñas se puede dar un flujo laminar puro y lento.

En la inspiración, el aire atraviesa en primer lugar las ventanas nasales formando una columna vertical dirigida hacia arriba, a una velocidad aproximada de 2-3 metros/segundo. Tras esto el flujo converge para convertirse en laminar en el punto más estrecho de la fosa, la válvula nasal. Al pasar este punto la corriente laminar se desorganiza pasando a un flujo turbulento tras el aumento de velocidad experimentado en la válvula (alcanzando los 12-18 metros/segundo y siendo la mayor de todo el árbol respiratorio). Al llegar a la bóveda nasal adquiere un trayecto horizontal tras sufrir un giro de 90°. La corriente aérea continúa horizontalmente, a lo largo del meato medio principalmente. Discurre por éste aproximadamente 8 centímetros, a una velocidad de 2-3 metros/segundo. Al alcanzar la pared posterior de la rinofaringe, el flujo sufre un nuevo giro de 80-90° en dirección inferior, hacia la orofaringe, llevando una velocidad en este punto de 3-4 metros/segundo.

Una correcta respiración nasal se caracteriza por un íntimo contacto entre la mucosa y la columna de aire que pasa a través de las fosas. Las alteraciones en la corriente aérea a este nivel, ya sea por una fosa nasal excesivamente estrecha o amplia, se traducen normalmente en una reducción de este contacto.

Por último, otro factor importante en la regulación del flujo aéreo nasal son las variaciones en los tejidos con capacidad eréctil. Éstos están situados principalmente en el área septal anterior (caudal al cornete medio y dorsal al cornete inferior) y, en la pared lateral nasal, y regulan el flujo en la porción anterior de la nariz. Diversos estudios realizados en tejidos nasales de cadáveres mostraron la manera en que los vasos de estos tejidos eréctiles pueden regular la luz de la vía aérea en el segmento de la válvula nasal, el punto más estrecho. Estudios "in vivo" con tomografía computerizada, rinometría acústica y medición del flujo de aire, confirmaron la distribución de este tejido eréctil, reafirmando posteriormente con estudios de Resonancia Magnética. Además de regular el flujo en cada instante del ciclo nasal, cumplen una importante función al compensar irregularidades estructurales, como una marcada desviación septal.

- **Resistencias nasales.**

La resistencia que oponen los distintos segmentos de las fosas nasales al paso del flujo aéreo a su través, tanto en inspiración como en la espiración, es un factor de vital importancia para las distintas funciones llevadas a cabo por la nariz. Tanto el acondicionamiento del aire inspirado, como la correcta ventilación alveolar o incluso el mecanismo de la olfacción, dependen de las variaciones de la resistencia en cada una de las porciones del árbol respiratorio.

El punto de mayor resistencia al flujo aéreo de todas las vías respiratorias es la nariz, que supone aproximadamente el 50% de las resistencias totales. Dentro de ésta, la mayor resistencia se localiza a nivel de la válvula nasal, la cual genera aproximadamente el 70% de las resistencias de las fosas nasales, produciéndose el 30% restante en el área turbinal.

Aunque la vía nasal sea, como hemos visto, la de mayor resistencia, y conlleve un mayor gasto de energía que la respiración bucal, en el ser humano y sobre todo durante la respiración en reposo, la respiración se realiza preferentemente por las fosas nasales. Este fenómeno se debe, no solo a la humidificación, calentamiento y filtrado que proporciona la nariz, sino además a la optimización de la ventilación alveolar al utilizar una vía de alta resistencia. Durante la respiración nasal la presión intratorácica creada a de ser mayor, debido a esa mayor resistencia de la vía, lo que produce una entrada de mayor volumen en el pulmón y secundariamente, una disminución de la frecuencia respiratoria. Por otro lado, la respiración nasal es más lenta y profunda, lo que conlleva una mayor permanencia del aire en los pulmones y mayor tiempo para que se produzca el intercambio gaseoso. Además se dilatan un mayor número de alveolos periféricos, y se permite una mejor distribución del surfactante pulmonar previniendo la atelectasia alveolar.

En la figura 2 podemos observar los 4 tiempos de la respiración según el esquema de Negus. Durante la espiración se produce una presión positiva en el pulmón, que expulsa el aire de su interior. En reposo esta presión se alcanza de manera pasiva, y durante la espiración activa son los músculos de la caja torácica los que facilitan esta compresión. La fase fundamental del intercambio gaseoso, ocurre durante los primeros momentos de la espiración (C), cuando esta presión intraalveolar es positiva. Por este motivo, cualquier fenómeno que, dentro de algunas limitaciones, favorezca el aumento de esta presión, aumentara el intercambio gaseoso. Las resistencias nasales durante la espiración facilitan la difusión del oxígeno al dificultar la salida del aire (**Fig. 2**).

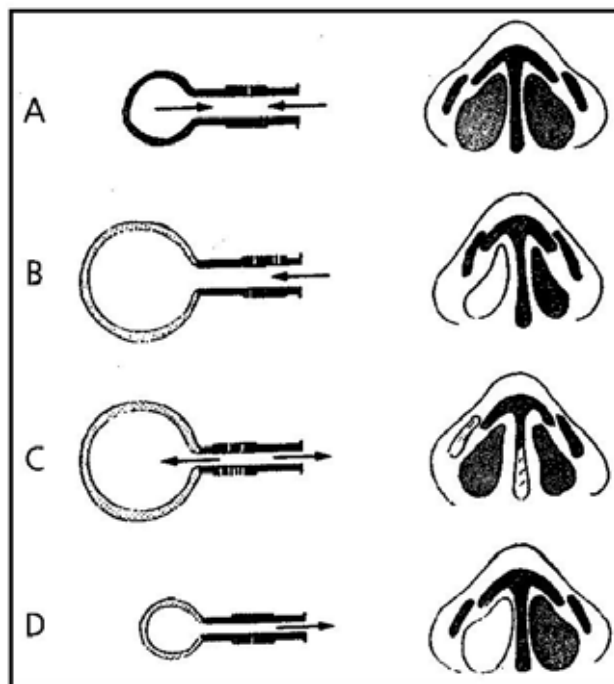


Fig.2. Relación entre resistencias nasales y presión intraalveolar. Inicio de la inspiración (A); Inspiración activa (B); Inicio de la espiración (C); Espiración activa (D). (Tomado de Fabra JM et al en Ponencia Oficial de la SEORL y PCF, 2005)

- **Ciclo nasal.**

El flujo respiratorio nasal se ve influido no sólo por características anatómicas invariables de las fosas nasales, antes descritas, si no también por factores dinámicos, a nivel de la mucosa nasal, que van cambiando a lo largo del tiempo. Estos cambios obedecen a estímulos nerviosos, posturales e incluso hormonales y siguen un ciclo alternante denominado “ciclo nasal”.

Este fenómeno fue descrito por primera vez por Kayser en 1895 y se ha descrito un ciclo similar en diversos mamíferos: gatos, perros, cerdos, conejos y ratas. El ciclo nasal se define como una congestión-descongestión alternante de los cornetes nasales y de las zonas eréctiles del tabique, capaz de producir variaciones de la compliancia del orden del 20% al 80% según autores. Según esto, en cada momento existe una fosa que respira y otra que “descansa”, y aunque las resistencias varían en cada lado de forma individual, la suma de las resistencias de ambas fosas permanece siempre constante.

Los ciclos se suceden en periodos de 30 minutos a 4 horas y están influenciados por numerosos factores como son: las condiciones climáticas, la postura, la edad y las características de cada individuo (**Fig.3**). Aunque el mecanismo exacto de control permanece aún desconocido, se cree que depende de 2 centros vegetativos periféricos que poseerían conexiones con los ganglios esfenopalatino y estrellado. Un centro autónomo situado en el hipotálamo se encargaría de la integración y regulación de ambos núcleos periféricos.

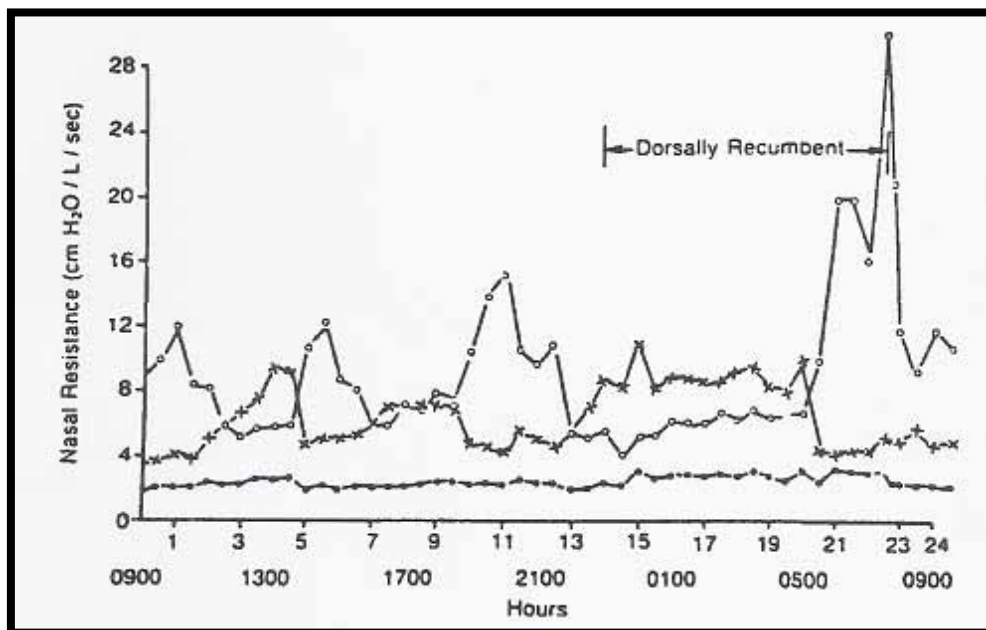


Fig. 3. Demostración del ciclo respiratorio nasal mediante las resistencias al flujo aéreo en cada fosa. Fosa izquierda (x); Fosa derecha (o). (Tomado de Cole P, 1998).

- **Acondicionamiento del aire inspirado.**

Consiste en la consecución de 3 objetivos, la humidificación, el calentamiento y el filtrado del aire inspirado. Para ello son diversas las estructuras involucradas y varios los procesos que tienen lugar a nivel de la mucosa respiratoria nasal.

Ya en 1829 Magendie sugiere que la nariz posee una función activa en el calentamiento y la humidificación del aire inspirado, además la mayor parte de las partículas que miden más de una micra son eliminadas a su paso por la nariz.

Con los experimentos llevados a cabo, en 1970, por Sven Ingelstedt, quien colocó un microsicómetro en el espacio subglótico para medir la temperatura y humedad del aire tanto en inspiración como en espiración, se demostró que el aire inspirado está más caliente y húmedo si respiramos por la nariz que si lo hacemos por la boca. La adecuación en temperatura y humedad comprende 2 pasos: calentar y humidificar el aire inspirado, y enfriar y secar el espirado. Es lo que Ingelstedt denominó “cambio regenerativo humedad-calor”. Para que esto se realice de forma satisfactoria es imprescindible un buen funcionamiento de los vasos y las glándulas nasales. Los vasos sanguíneos situados en la submucosa del epitelio nasal presentan gran número de anastomosis arteriovenosas, lo que permite la regulación del flujo a través de estos. Al aumentar el flujo por los lechos cavernosos distales de estos vasos, se produce la congestión de la mucosa nasal, mientras que si la sangre evita estos lechos pasando a través de las anastomosis, se consigue la descongestión nasal.

Los sistemas nerviosos autónomos simpático y parasimpático, son los encargados de regular el aporte sanguíneo a la mucosa nasal. Mientras el sistema simpático produce una vasoconstricción de los vasos con la consiguiente descongestión (mecanismo utilizado por algunos fármacos descongestionantes nasales), el sistema parasimpático producirá el efecto contrario, aumentando el flujo mediante vasodilatación.

Además de la regulación de la vascularización de la mucosa nasal, otro factor importante que propiciará la mejor adecuación del aire inspirado a través de las fosas nasales, va a ser el tipo de flujo de este aire. Un intercambio efectivo entre el aire y la mucosa requiere un patrón de flujo turbulento, que permitirá un mayor contacto entre ambos y por tanto un equilibrio en cuanto a calor, humedad y partículas disueltas. Con los aumentos en la ventilación, entra mayor cantidad de aire incorrectamente procesado. Este fenómeno es parcialmente compensado por una mayor dispersión del flujo, mayor y más rápida mezcla con el volumen residual pulmonar, y un mayor contacto con la superficie mucosa.

Además del calentamiento y humectación, es necesaria la filtración de ese aire inspirado. En una primera etapa, las vibras del vestíbulo nasal, se encargan de atrapar las partículas macroscópicas, las de menor tamaño se depositarán en segmentos posteriores sobre la mucosa nasal, quedando incluidas en la capa de secreción mucosa que cubre ésta y siendo más tarde arrastradas gracias a los mecanismos de aclaramiento mucociliar, de los que más adelante hablaremos.

FUNCIÓN DEFENSIVA.-

La mucosa respiratoria constituye una superficie de barrera que actúa como defensa del organismo frente a diferentes contaminantes del medio exterior, tales como bacterias, polvo, virus, toxinas, gases o alérgenos. Para proteger al resto del cuerpo de estas agresiones, la mucosa respiratoria posee sistemas de defensa locales (como el aclaramiento mucociliar) y otros generales (como la inmunidad humoral y celular).

- **Defensa mucociliar.**

Esta función tiene como finalidad la limpieza de las fosas y la supresión de irritantes y agentes nocivos. El transporte mucociliar depende principalmente de dos aspectos: de la formación de secreciones por parte de las células caliciformes y de las glándulas mucosas y seromucosas de la submucosa, y de la actividad ciliar. Actuando de manera conjunta, atrapan sustancias inhaladas, y las arrastran desde las fosas nasales (y todo el árbol respiratorio) hasta la faringe para ser deglutidas y así eliminadas.

El moco secretado por las glándulas está constituido en un 95% por agua; un 4% por mucinas (glicoproteínas de alto peso molecular) que confieren viscosidad y elasticidad; y una serie de factores de protección específicos (inmunoglobulinas, sobretodo factor secretorio de la IgA) e inespecíficos (lisozima, lactoferrina, interferón) en menor proporción.

Las células del epitelio respiratorio, desde las fosas nasales hasta los bronquiolos terminales, son del tipo epitelial pseudoestratificado ciliado. Los cilios son proyecciones alargadas y móviles situados en el polo apical de la célula y se encuentran en un número de 50 a 200 en cada célula. Estos cilios baten de forma constante a una frecuencia aproximada de 1000 batidas por minuto, haciendo avanzar el moco superficial a una velocidad media de 5mm/min (oscilando desde 0 a 20 mm/min).

El movimiento ciliar puede llevarse a cabo gracias a la estructura de microtúbulos centrales y periféricos, y al deslizamiento de estos últimos entre sí. La batida consta de 2 fases, una rápida que impulsa el moco en la dirección deseada, y otra lenta de retorno. Existe una sincronía entre las distintas células ciliadas que denominamos “metacronal”. Esto quiere decir que baten en la misma dirección pero no al mismo tiempo, sino que en cada punto del recorrido los cilios se encuentran en una fase distinta para facilitar el avance del moco (**Fig. 4**).

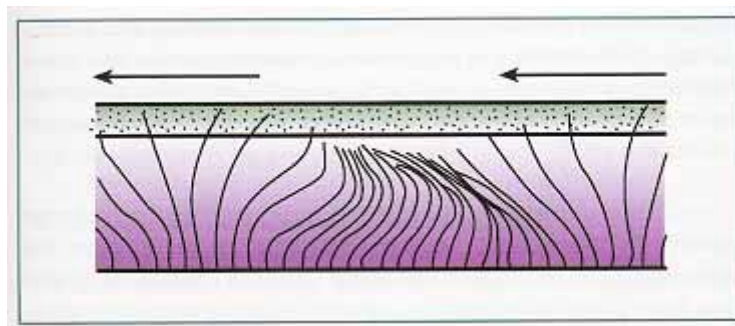


Fig.4. Reproducción esquemática de una onda metacronal. (Tomado de Soler Vilarrasa R, Til Pérez G, 2003)

En 1934, Lucas y Douglas, tras varios estudios, dedujeron que debían existir 2 capas distintas en la distribución del moco en relación con los cilios de la mucosa. Una es la capa superficial, denominada gel, que descansa sobre la capa ciliar y está compuesta por moco más viscoso. El gel se encarga de captar las partículas disueltas en el aire inhalado. La segunda capa se encuentra rodeando a los cuerpos ciliares y en su interior éstos se mueven con facilidad. Esta capa más profunda es serofluida y se denomina sol. Es de destacar que sin estas 2 capas mucosas, los cilios no podrían llevar a cabo su movimiento de arrastre de forma correcta, así como el moco por sí solo no podría eliminar las sustancias atrapadas.

Por último destacar que este movimiento ciliar y el consiguiente aclaramiento mucoso, pueden verse afectados por distintas anomalías ciliares, como el síndrome de Kartagener o el síndrome de Young, pero también a causa de otros factores como la genética (un porcentaje

variable de personas presentan un aclaramiento muy lento), el tabaco, el envejecimiento, la temperatura, la humedad, o el uso de algunos medicamentos.

- **Defensa inmunológica**

Además del bazo y los nódulos linfáticos, existen otros acúmulos de tejido linfático no encapsulados que actúan también como productores secundarios o periféricos de células defensivas. Un ejemplo de este último grupo sería el denominado MALT (Mucosa Associated Lymphoid Tissue), que comprende agregados linfocitarios de mucosa gastrointestinal, tracto genitourinario y tractos respiratorios inferior y superior, llamado también NALT (Nasal Associated Lymphoid Tissue).

Estos agregados de linfocitos, funcionan como puntos de proliferación y diferenciación de linfocitos B tras su estimulación antigénica. El principal cometido de este tejido en la mucosa nasal (al igual que en otras localizaciones del MALT) es la producción de IgA secretora por linfocitos sensibilizados. Se sabe que el 80% de las inmunoglobulinas presentes en el moco nasal es IgA bajo su forma secretada. Otra característica importante es que la secreción de esta IgA, es independiente de su síntesis sérica. Su función es impedir la adhesión y entrada de gérmenes a la mucosa. Al no activar el complemento no produce respuesta inflamatoria lesiva.

FUNCIÓN FONATORIA.-

La articulación de la voz es un fenómeno que implica un gran número de estructuras y procesos distintos. En la formación de sonidos armónicos, los que determinan el timbre de la voz, la nariz cumple un papel esencial al actuar como resonante.

Esta implicación de la nariz en la función fonadora, se pone de manifiesto al comprobar los cambios que se producen en la voz ante la presencia de alguna patología a nivel nasal, como por ejemplo ante un resfriado común u otras causas que obstruyan la nariz.

Existen varios sonidos en los que se ve la implicación de la resonancia nasal de manera muy clara. Estos son sobre todo, las llamadas consonantes “nasales”: m, n, ng; o por otro lado, las “vocales nasales”, presentes en algunos idiomas (portugués, francés).

En la formación de estos sonidos, el aire fluye a través de las fosas nasales abiertas, tras producirse el descenso del velo del paladar y la oclusión de la cavidad oral llevada a cabo por la lengua.

Las alteraciones en esta función fonadora de las fosas nasales pueden dar lugar al efecto denominado rinolalia, que puede ser de 2 tipos, abierta o cerrada, en función de la relación que se establezca entre las fosas y la orofaringe.

La rinolalia abierta consiste en una alteración del resonador nasal debida a una vinculación entre cavidad bucal y nasal. Esto produce un paso audible de aire por las fosas nasales durante el habla y a un tiempo inapropiado, por ello también es llamada por algunos autores hiperrinolalia o hiperrinofonía. Puede deberse a varias causas, tanto funcionales como orgánicas, entre ellas la insuficiencia del velo del paladar, la parálisis de éste, o la existencia de una fisura submucosa.

La rinolalia cerrada se produce por una disminución de la resonancia vocal por una falta de comunicación con la cavidad nasal (hiporrinolalia o hiporrinofonía). La voz adquiere un “timbre muerto”. Las causas pueden ser también orgánicas (poliposis, hipertrofia adenoidea, hipertrofia

de cornetes, sinequias, atresia de coanas...) o funcionales (principalmente contracción paradójica del velo del paladar, que cursa con buena respiración nasal)

FISIOLOGÍA DE LOS SENOS PARANASALES.-

En contra de lo que ocurre en muchas especies animales, la olfacción humana y la estructura y función turbinal son vestigiales. Sin embargo los senos paranasales humanos están relativamente bien desarrollados. Es probable que en los mamíferos macrosmáticos sirvan para incrementar la superficie del área olfatoria, puesto que estas cavidades están cubiertas de pituitaria olfatoria. En humanos, mamíferos microsmáticos, están cubiertas de mucosa respiratoria. A pesar de numerosas especulaciones y teorías sobre su función, no se han encontrado aún evidencias concluyentes sobre esta.

Los senos paranasales no juegan un papel importante en el acondicionamiento del aire inspirado, su volumen es demasiado pequeño, pudiendo aportar tan solo el 0,01% del aire inspirado en cada inspiración y el 1,5% del total de la humedad. Por otra parte la mucosa que los recubre posee características especiales, como son el menor espesor, el menor número de vasos sanguíneos, menos glándulas y una inervación más escasa, que le hace menos eficiente que la mucosa nasal en el desarrollo de esta tarea.

Se ha postulado también que los senos cumplan otras funciones: estática, reduciendo el peso del cráneo, pero el volumen liberado solo representa el 1%; mecánica, confiriendo mayor resistencia a los traumatismos faciales, al actuar como arbotantes que distribuyen la fuerza a otras áreas; y térmica, aislando térmicamente la base del cráneo (aunque esto se contradice con la delgadez de la lámina cribosa).

En cuanto al origen de estas cavidades, tampoco están claros varios aspectos de su formación. Aunque se sabe que derivan embriológicamente de las fosas nasales, los mecanismos de modelación de los senos paranasales permanecen aún desconocidos. Se piensa que el paro repentino de la corriente aérea 2 veces en cada ciclo respiratorio, junto con la inversión de la trayectoria del flujo, sería estímulo mecánico suficiente para la formación de estas cavidades. Según esta teoría, los senos actuarían como cámaras de bombeo disipadoras de esa energía excesiva. En cualquier caso el desarrollo definitivo no se alcanza hasta el final de la segunda década de vida.

Una vez visto el desarrollo y la función, pasamos a abordar dos temas cruciales en la fisiología sinusal: la ventilación y el drenaje.

- **Ventilación.**

Los ostium sinusales están situados estratégicamente para evitar la exposición directa al flujo aéreo. La fluctuación en la presión del flujo nasal en la respiración de reposo es aproximadamente de +/- 100 Pa., desplazando aire a través de los ostium con cada inspiración. Además, mayores presiones generadas con incrementos de la ventilación (olfatear, inspiraciones vigorosas por colapso de alas nasales...) potencian el intercambio aéreo entre la nariz y las cavidades paranasales.

Para que este intercambio de aire se pueda llevar a cabo, es imprescindible la permeabilidad de los ostium sinusales así como del complejo ostiomeatal o zona donde confluyen la mayoría de los senos. En el interior de los senos el gas absorbido por la mucosa genera una presión negativa que se compensará por una nueva entrada de aire.

Si se produce un aumento brusco de presión (por ejemplo durante el buceo), el equilibrio entre fosas nasales y cavidades sinusales puede no realizarse, ocasionando una hipopresión relativa intrasinusal. Esta situación produce una protusión de la mucosa que rodea al ostium, agravando la situación. Además la hipopresión va a provocar un aumento de la secreción por parte de la mucosa y un edema que da lugar a clínica de sinusitis aguda.

- **Drenaje.**

Al igual que en la mucosa nasal, las células caliciformes y las glándulas seromucosas de los senos paranasales, producen moco que será arrastrado por la actividad ciliar hacia los ostium de drenaje. Esto permitirá la limpieza de estas cavidades.

Para que este proceso de drenaje si realice adecuadamente es necesaria una buena movilidad ciliar, una correcta relación entre la cantidad de moco producida y la reabsorbida, así como un buen funcionamiento del complejo ostiomeatal.

Las vías de drenaje que sigue el moco desde los senos paranasales hasta que abandona las fosas nasales, fueron descritas a mediados del siglo XX por Messerklinger. A pesar de la existencia de orificios de drenaje accesorios, tanto naturales como iatrogénicos, estas vías se mantienen constantes.

En el meato medio a nivel del infundíbulo etmoidal concurre el drenaje de los senos maxilar, frontal y etmoidal anterior. Desde este punto el moco discurre sobre el cornete inferior hacia la nasofaringe, abandonando las fosas por la cara antero-inferior del rodete tubárico.

El seno esfenoidal y las celdillas etmoidales posteriores vacían su contenido en el meato superior, a nivel del receso esfeno-etmoidal, y alcanzan la nasofaringe por encima del rodete tubárico.

FUNCIÓN OLFATORIA.-

Debido a las escasas implicaciones graves sobre la salud humana que conlleva su ausencia, se trata del órgano del sentido menos estudiado en el humano. Sin embargo, se trata del sentido más primitivo y primero en aparecer en la escala evolutiva. En los últimos años ha cobrado mayor interés, tras la investigación sobre el sentido del olfato y la consecución del Nobel de Medicina, en 2004, por los investigadores americanos Linda Buck y Richard Axel. En el mundo animal aporta una parte muy importante de información, especialmente en los animales macrosomáticos (aquellos con una extensa superficie olfatoria). De esta forma permite respuestas encaminadas a la búsqueda de alimento, reproducción, detección de depredadores,...

En el hombre tiene menor importancia pero participa en procesos como mecanismo de defensa (presencia de gases tóxicos), reflejos digestivos, colabora en el sentido del gusto, interviene en las relaciones sociales y sexuales y por último, su alteración permite el diagnóstico de enfermedades nasales y del sistema nervioso central (SNC). El olfato sufre una fase de aprendizaje hasta los veinte años, se mantiene estable hasta los cuarenta y empieza a decaer a partir de los cincuenta años de edad.

El hombre es un animal microsomático, la mucosa olfatoria ocupa una pequeña superficie de 200-300 mm² en cada fosa nasal. Se distribuye principalmente en el techo de las fosas

nasales (lámina cribosa), porción dorsal del cornete superior y la zona más craneal del tabique nasal (**Fig.5**). En el niño la superficie es mayor pudiendo llegar a 500 mm².

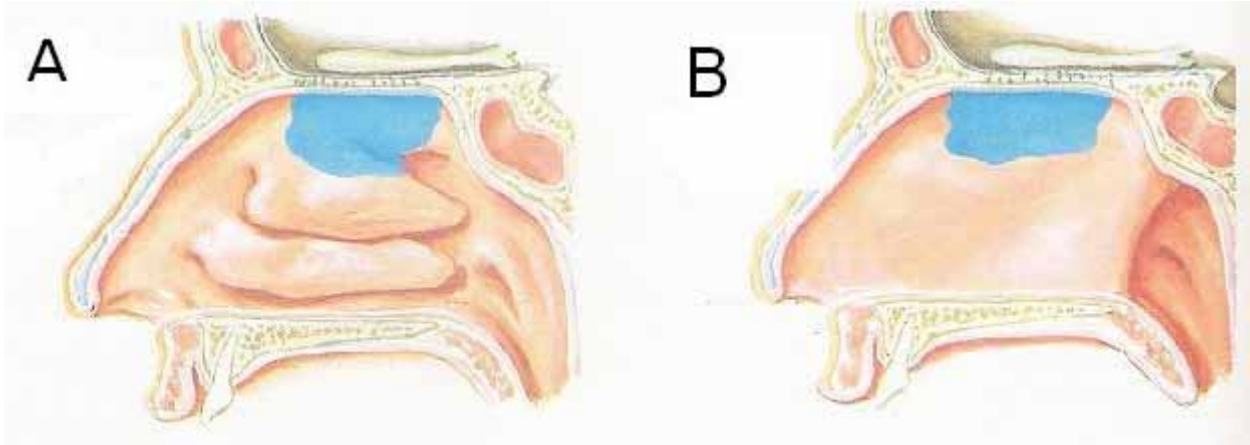


Fig.5. Distribución de la mucosa olfatoria (sombreado azul) en pared lateral nasal (A) y en el septo nasal (B). (Tomado de Atlas de Anatomía Humana. F.H. Netter. Lámina 38).

- **Histología**

La mucosa olfatoria está formada por dos capas principales (epitelio y lámina propia) que están separadas por una membrana basal. La superficie epitelial se encuentra recubierta por una película de moco que baña las vesículas olfatorias. Los cilios de dichas vesículas permiten un movimiento más o menos anárquico que aumenta la posibilidad de contacto entre las moléculas olorosas y el receptor sensorial.

El epitelio es pseudoestratificado ciliado neurosensorial, que contiene la primera neurona de la vía olfatoria o célula de Schultz. Se trata de una neurona bipolar que emite la dendrita apical hasta la luz de las fosas formando las vesículas olfatorias. El axón amielínico de la primera neurona se extiende en profundidad, atraviesa la membrana basal y se une en la lámina propia con otros axones hasta formar un nervio olfatorio. Los fascículos nerviosos aparecen recubiertos de una vaina de Schwann a nivel de la lámina propia. Los nervios olfatorios, unos 20-30 en total, atraviesan la lámina cribosa etmoidal y se dirigen al bulbo olfatorio.

La célula neurosensorial olfatoria, a diferencia de otras células neurosensoriales tiene gran facilidad para la regeneración que está facilitada por la estimulación olorosa.

- **Vía olfatoria**

Linda Buck y Richard Axel descubrieron una gran familia de genes que codificaban una amplia variedad de receptores de siete dominios transmembrana situados en la membrana de las primeras neuronas de la vía olfatoria (**Fig.6**). La activación de dichos receptores induce una cascada de eventos intracelulares mediados por la activación de una proteína G y el aumento de la producción de AMPc que desencadena la apertura de canales iónicos y la consiguiente activación de las neuronas olfatorias (**Fig.7**). Los axones agrupados de las primeras neuronas situadas en el epitelio neurosensorial conforman los nervios olfatorios que alcanzan el bulbo olfatorio. La siguiente conexión se produce en la capa glomerular del bulbo con las dendritas de las células mitrales y empenachadas, que actúan como segundas neuronas de la vía. El bulbo olfatorio recibe además fibras aferentes procedentes de regiones cerebrales altas y del hipotálamo.

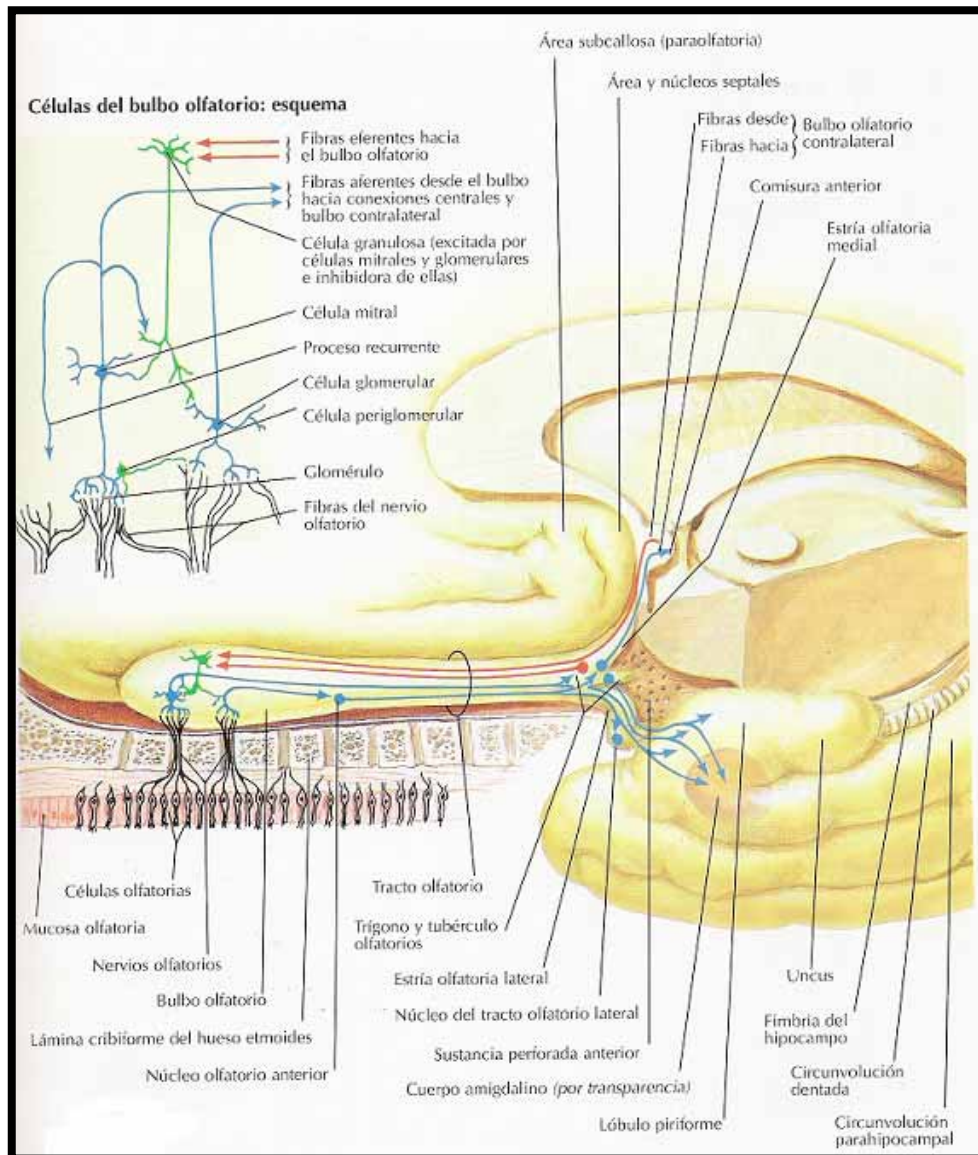


Fig. 6. Vía olfatoria. Recorrido del impulso nervioso desde su recogida en las células olfatorias en la mucosa olfatoria, su trayecto por bulbo y tracto olfatorio, pasando a través de las estrias olfatorias lateral y medial a las regiones específicas de la corteza cerebral y al bulbo olfatorio contralateral. (Tomado de Atlas de Anatomía Humana. F.H. Netter. Lámina 113)

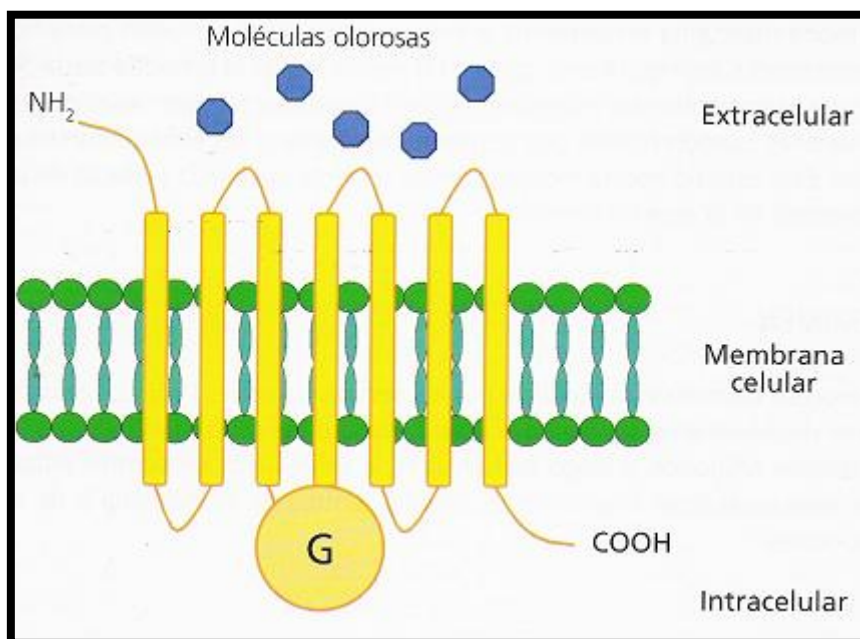


Fig. 7. Esquema de las partículas olorosas estimulando y activando los receptores olfatorios del tipo 7-transmembrana ligado a proteína G, responsables de la percepción olfatoria.
(Tomado de Mullol J, Marín C, 2004)

El estímulo olfatorio se desplaza desde el bulbo hacia atrás por el tracto olfatorio que se continúa en dirección posterior con el trigono y las estrías olfatorias. Las estrías olfatorias son tres en cada lado:

- * Lateral o externa conecta con el córtex olfatorio primario formado a su vez por cinco estructuras diferenciadas: el complejo amigdalino, el córtex piriforme anterior, la corteza entorrinal, el núcleo olfatorio anterior y el tubérculo olfatorio.

- * Medial o interna conecta con el área septal o septum, por tanto con el área subcallosa o paraolfatoria de Broca.

- * Intermedia o media que se dispersa por el espacio perforado anterior.

De esta forma la segunda neurona conecta con distintas partes del cerebro y con el bulbo contralateral.

La tercera neurona de la vía se encuentra en el córtex olfatorio primario, a nivel de la amígdala (regulación olfatoria de la conducta), tubérculo olfatorio (regulación de las emociones), corteza entorrinal (recuerdos), hipocampo (recuerdos a largo plazo), cortex piriforme (inicio del procesamiento de los olores). Desde el córtex frontal los impulsos se dirigen al tálamo e hipotálamo.

- **Mecanismos de la olfacción**

Para que se produzca la percepción olfatoria deben suceder:

- 1) Transmisión de las moléculas olorosas hasta el tapiz de moco que reviste el epitelio olfatorio. Para ello la sustancia debe ser volátil, hidrosoluble para diluirse en el moco y liposoluble para ser repelida por los lípidos de la membrana celular.
- 2) Transducción de energía química en eléctrica. Las moléculas olorosas contactan con los receptores distribuidos en la membrana, lo que produce un aumento de la permeabilidad de la membrana, estableciéndose una entrada de iones que origina una despolarización. Cuando el estímulo químico es muy importante, el potencial eléctrico es de impulsos muy frecuentes. De esta manera se analiza la intensidad de la estimulación olfatoria.
- 3) Discriminación de las moléculas olorosas: El epitelio olfatorio representa un mosaico de primeras neuronas que expresan una determinada proteína para la recepción. Por tanto cada molécula odorífera activa un determinado receptor. Así se produce la diferenciación de los distintos tipos de olor. Cada grupo funcional de primeras neuronas se proyectan sobre pocos y concretos glomérulos del bulbo.
- 4) Conducción de la energía eléctrica a través del I par, desde la primera neurona hasta el bulbo. En los glomérulos del bulbo existe una desproporción entre el número de primeras y segundas neuronas (de 30.000 primeras neuronas a 25 segundas neuronas aproximadamente).
- 5) El análisis de la información se completa en la tercera neurona tanto en intensidad como en su carácter cualitativo. Al bulbo olfatorio llegan conexiones desde el cerebro, muchas de ellas con función inhibitoria. Este sistema permite inhibir determinadas percepciones para aguzar otras así como el fenómeno de la adaptación.
- 6) Aunque las conexiones con el neocórtex no están perfectamente de terminadas, existe conexión con el tálamo y con el neocórtex somatogustativo orbitofrontal, reuniendo informaciones olfatorias, gustativas y de sensibilidad de la lengua. Por medio de comunicaciones con el hipotálamo, el sistema olfatorio se relaciona con la función sexual, alimentación, estrés,...

BIBLIOGRAFÍA Y LECTURAS RECOMENDADAS

- 1.- Alobid I, García A, De Haro JM. Anatomía y fisiología del olfato. En: Mullol i Miret J, Montserrat i Gili JR, editores. Rinitis. Rinosinusitis. Poliposis Nasal. Volumen 1 Ponencia Oficial de la SEORL y PCF. Badalona: Euromedicine. 2005. p. 489-95.
- 2.- Armengot M. Fisiología nasosinusal. En: Soler R, Til G. Rinitis. Patología alérgica nasal (Módulo 2). Madrid: Luzán.2003. p. 99-163.
- 3.- Bruno C, Sanchez Hidalgo C. Dislalias. En: Peña Casanova J. Manual de Logopedia. Barcelona: Masson. 2001.
- 4.- Buck L, Axel R. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. Cell 1991; 65(1): 175-87.
- 5.- Cole P. Physiology of the nose and paranasal sinuses. Clin Rev Allergy Immunol. 1998; 16(1-2):25-54.
- 6.- Cuervo G, Sánchez J, Diaz JA, Sprekelsen C. Fisiología de fosas y senos. En: Manual del residente de ORL y Patología Cervico-facial. Tomo II. Madrid. 2002. p 953-961.
- 7.- De Haro J. Olfacción: anatomía y fisiología. Revista de Rinología. 2002;1:11-17.
- 8.- Fabra JM, Gras JR, Montserrat JR, Kolańczak K, García J, De Juan J. Fisiología respiratoria nasal. Funciones y aerodinámica. En: Mullol i Miret J, Montserrat i Gili JR. Rinitis. Rinosinusitis. Poliposis Nasal. Volumen 1 Ponencia Oficial de la SEORL y PCF. Badalona: Euromedicine. 2005. p. 93-110.
- 9.- García Arranz G, Cobeta I. Anatomía y fisiología de la nariz, los senos paranasales y la rinofaringe. En: Otorrinolaringología y patología cervicofacial. Barcelona: Ars Médica. 2003. p. 177-190.
- 10.- Gil-Carcedo LM, Gil-Carcedo E, Vallejo LA. Olfacción. En Suárez C, Gil-Carcedo LM, Marco J, Medina J, Ortega P, Trinidad J, editores. Tratado de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Tomo I. Madrid: Proyectos Médicos. 1999. p.381-409
- 11.- Ingelstedt S. Humidifying capacity of nose. Ann Otol Rhinol Laryngol 1970; 3: 475-480.
- 12.- Kayer R. Die exacte Messung der Luftdurchgangigkeit der Nase. Arch Laryngol 1895; 3: 101-120.
- 13.- Lin SJ. Nasal Aerodynamics. 2006 Jul. Disponible en <http://www.emedicine.com/ent/TOPIC696.HTM>.
- 14.- Lucas AM, Douglas LC. Principles underlying ciliary activity in the respiratory tract. II. A comparison of nasal clearance in man, monkey, and other mammals. Arch Otolaryngol 1934; 70: 518-541.
- 15.- Messerklinger W. Uber die Drainage der menschlichen Nassenneubenhohlen uter normalen und pathologischen Bedingungen. Mschr Ohrenheilk 1966; 100: 56-68.
- 16.- Mullol J, Marín C. El olfato. Premio Nobel de Medicina 2004. En:

Mullol i Miret J, Montserrat i Gili JR, editores. Rinitis. Rinosinusitis. Poliposis Nasal. Volumen 1 Ponencia Oficial de la SEORL y PCF. Badalona: Euromedicine. 2005. p. 479-88.

17.- Netter FH. Atlas de anatomía humana. New Jersey: Masson 1996. p. 38, 113.

18.- Ng BA, Ramsey RG, Corey JP. The distribution of nasal erectile mucosa as visualized by magnetic resonance imaging. Ear Nose Throat J. 1999 Mar;78(3):159, 163-6.

19.- Ramirez Camacho R.A, Algaba J, Cenjor C, Ciges M, Gavilán J, Quesada P. Fosas nasales: anatomía, fisiología y embriología; exploración. En: Manual de Otorrinolaringología. Madrid: McGraw-Hill.Interamericana.2007. p. 181-194.

20.- Swift D, Proctor D. Acces o fair to the respiratory tract. En: BrainJ, Proctor D, Reid L, editors: Respiratory Defense Mechanisms. New York: M. Dekker; 1977. p. 63-93