



Acta de Otorrinolaringología & Cirugía de Cabeza y Cuello

www.revista.acorl.org.co



Revisión de la literatura

Huesos de la cabeza neummatizados. Enfoque unitario

Pneumatized Head Bones. Unitary Approach

Cándido Adalberto Benítez-Lorenzo*.

* Médico especialista de primer grado en Otorrinolaringología, Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río, Universidad de la Habana. La Habana, Cuba. ORCID: 0000-0001-9738-6066

Forma de citar: Benítez-Lorenzo CA. Huesos de la cabeza neummatizados. Enfoque unitario. Acta otorrinolaringol. cir. cabeza cuello. 2022;50(4): 320-326. DOI.10.37076/acorl.v50i4.635

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido: 05 de agosto de 2020

Evaluado: 07 de septiembre de 2022

Aceptado: 07 de diciembre de 2022

Palabras clave (DeCS):

neumatizados, huesos, osteomielitis, mecanismo de defensa, diagnóstico constitucional.

RESUMEN

Introducción: muchos huesos que forman el esqueleto de la cabeza humana y muchas especies de animales están neummatizados. Se han planteado múltiples hipótesis con diversos enfoques con la intención de explicar la existencia de estos espacios aéreos. De todos los huesos con estas características en humanos, solamente los senos paranasales y la neummatización del hueso temporal han sido objeto de múltiples hipótesis. La diversidad de criterios denota un desacuerdo, si no con todos, con la mayoría de ellos. **Material y métodos:** esta teoría se basa en reflexiones personales apoyadas en radiografías e imágenes anatómicas de los huesos frontal y temporal, con el objetivo de ilustrar y reforzar las razones de la existencia de estas cavidades en todas las especies que las poseen. **Resultados, discusión y conclusiones:** estos espacios de aire se forman en el cuerpo de los huesos cortos como un mecanismo de defensa natural al reemplazar el tejido esponjoso para prevenir infecciones graves del mismo (osteomielitis), que dada su proximidad al cerebro y sus estructuras representaría un peligro para la vida. Consideramos que los laberintos etmoidales fueron creados con el objetivo de llenar el espacio vacío entre los huesos vecinos y dar estabilidad al esqueleto óseo circundante. La neummatización del hueso temporal (hueso compacto) fue creada para “alojar y proteger” importantes estructuras de los sentidos del oído y del equilibrio, los vasos y los nervios.

Correspondencia:

Dr. Cándido Adalberto Benítez-Lorenzo

E-mail: adalbenit@yahoo.es

Dirección: 12005 SW 14 st. Apt 409. Miami, Florida. 33184. EE. UU.

Teléfono: 786 337 0435

ABSTRACT

Key words (MeSH):

Ethmoid Bone, Bones, Osteomyelitis, Defense Mechanisms, constitutional.

Introduction: Many bones that make up the skeleton of the human head and many species of animals are pneumatized. Multiple hypotheses with various approaches have been stated with the intention of explaining the existence of these airspaces. Of all the bones with these characteristics in humans, only the paranasal sinuses and pneumatization of the temporal bone have been the subject of multiple hypotheses. The diversity of criteria denotes disagreement, if not with all, with the majority of them. *Material and methods:* This theory is based on personal reflections supported by x-rays and anatomical images of the frontal and temporal bones, with the aim of illustrating and reinforcing the reasons for the existence of these cavities in all species that possess them. *Results, discussion and conclusions:* These air spaces are formed in the body of short bones as a natural defense mechanism by replacing the spongy tissue to prevent serious infections of the same (osteomyelitis), which given its close proximity to the brain and its structures would represent a danger to life from its emergence. We consider that the ethmoid labyrinths were created with the aim of filling the empty space between the neighboring bones to give stability to the surrounding bone skeleton. The pneumatization of the temporal bone, compact bone, was created to “house and protect” important structures of the senses of hearing and balance, vessels and nerves.

Introducción

La neumatización, que está presente en varios huesos de la cabeza en el hombre y en muchas especies animales, es una “característica anatómica” descrita en restos fósiles de animales prehistóricos hace millones de años. Encontrar una explicación a la existencia de esta ha generado una gran cantidad de hipótesis.

Solamente los senos paranasales y la neumatización del hueso temporal han sido las estructuras con estas características que han motivado múltiples teorías. El resto de los huesos craneales que también pueden estar neumatizados y no han recibido explicación alguna son la apófisis *crista galli*, la lámina perpendicular del etmoides, las apófisis clinoides del esfenoides y zigomática del temporal, los cornetes superior, medio e inferior, así como el hueso occipital, entre otros. Las teorías enunciadas sobre las neumatizaciones en animales que poseen estas cavidades aéreas son escasas, generales y coinciden con las propuestas en los seres humanos (1-7).

En el presente trabajo, una teoría fundamentada, se considera que estas cavidades son estructuras creadas por la naturaleza con el objetivo de sustituir el tejido esponjoso presente en este tipo de hueso corto y como medida preventiva contra infecciones graves del mismo (osteomielitis), que, dada su estrecha relación con el cerebro y otras estructuras anexas, podrían representar un peligro para la vida del individuo y la conservación de las especies. De esta consideración se exceptúan las cavidades contenidas en el peñasco del temporal y en las masas laterales del etmoides, de las que se tratará más adelante.

Para los anatomistas, médicos y estudiosos del tema es importante recordar algunas de las principales teorías enunciadas que tratan de explicar la existencia de estas cavidades.

La casi totalidad de los trabajos publicados consideran que los senos paranasales fueron creados con el objetivo de cumplir funciones muy específicas; por otra parte, la mayoría de las hipótesis relacionadas con la neumatización del hueso temporal se refieren a este como un proceso frustrado debido a que es interferido por múltiples factores (1-3).

Algunos autores consideran que los senos paranasales fueron diseñados para aligerar el peso del cráneo (2-4); para otros funcionan como resonadores de la voz (2-6, 8-13) o que proveen protección al cerebro (2-4), que sirven como aislantes térmicos (2-5), que incrementan el área de la mucosa olfatoria (3, 5) o que ayudan en el almacenamiento de sustancia medular. Se ha señalado que asisten en el crecimiento facial y su arquitectura (5), que sirven como reservorio respiratorio de la secreción mucosa (2, 3, 8, 14); para otros no tienen ninguna función (1, 2, 4-6); algunos dicen que sirven para la dispersión de las fuerzas de la masticación (5); otros señalan que alojan receptáculos controladores de la dinámica respiratoria (3-5), que proporcionan una distribución uniforme del aire inspirado que ayuda a la olfacción, que ocupan un espacio entre las columnas óseas mecánicas (5-7), y muchas más (9, 10, 13, 15).

En relación con la neumatización del hueso temporal son múltiples las teorías enunciadas. Para Wittmack, el estado de la mucosa auricular en los primeros años de la vida determina el tipo de neumatización de cada individuo (3, 4, 11, 12, 14, 15). Tumarkin dice que la frustración de la neumatización es consecuencia del bloqueo de la trompa de Eustaquio (3, 4, 16-19); sin embargo, Diamont y Dablberg plantean que el hueso denso es congénito y que las demás variantes son normales (3, 4, 20). Stern (1973) la ha vinculado a factores genéticos y hereditarios (3, 4, 11, 21); Graham y Brackmen (1978) lo han relacionado, además, con las dimensiones del cráneo (6, 22). Rudin (1987) le agregó la talla del indivi-

duo como factor determinante (21). Pakira y colaboradores correlacionaron el estado funcional de la trompa de Eustaquio con la neumatización de la mastoides (3, 4, 21). Para Zaidi (1991) y Arora (1978), los oídos con una otitis media supurativa crónica muestran una reducción consistente de las dimensiones del sistema aéreo de las células mastoideas (23, 24). Lo mismo afirman Sethi, Agawai y Shareen (2006) cuando señalan que la infección crónica del oído medio tiene una influencia en el proceso de neumatización, lo cual se evidencia en el sistema de células aéreas de las mastoides (21, 23, 25-27).

El objetivo principal de este artículo es enunciar y defender una teoría que explique los motivos que dieron origen a la formación de estas cavidades, genéticamente constituidas, y que sea útil para profundizar en el conocimiento de la anatomía y la fisiología, ciencias elementales para el dominio de la fisiopatología que contribuyan a mejorar el conocimiento y la evolución de las enfermedades que afectan a esta región, principalmente del oído medio.

Materiales y métodos

La presente teoría, relacionada con la existencia de la neumatización craneofacial, está fundamentada en reflexiones del autor surgidas a finales de la década de 1970. Para sustentar la hipótesis y para comprobar que el tema no había sido objeto de publicación, se revisaron diversas fuentes bibliográficas. Se utilizaron elementos gráficos consistentes en imágenes radiográficas del hueso temporal mediante la técnica descrita por Schuller en un estudio realizado a niños en los primeros cinco años de nacidos, atendidos en el hospital materno-infantil y en la consulta de otorrinolaringología de los policlínicos de especialidades de la ciudad de Pinar del Río; también se utilizaron fotografías de diferentes huesos de la cabeza de piezas anatómicas en la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río y la Escuela de Estomatología de la Universidad de la Habana.

Discusión

Los huesos que conforman el esqueleto de la cara y el cráneo están clasificados como huesos irregulares, dado que su morfología no reúne las características clásicas que caracterizan a los huesos planos, cortos, largos y los sesamoideos.

En la constitución de los huesos de la cabeza se puede encontrar tejido diploico y compacto, no así el tejido esponjoso que es típico de los huesos cortos, de los cuales existen varios que tienen o adquieren esta categoría. En este tipo de huesos se puede observar que el tejido esponjoso se ha sustituido por espacios aéreos.

Como se señaló anteriormente, la existencia de las masas laterales del etmoides y la neumatización presente en el peñasco del hueso temporal son motivo de otras consideraciones. Las dimensiones de las cavidades aéreas presentes en estos huesos son variables y, en algunos, su morfología es irregular individualmente. El maxilar y las masas late-

rales del etmoides siempre están neumatizados, pero no sucede igual con la observada en el frontal, el esfenoides y las porciones escamosa y mastoidea del temporal. En estos, su desarrollo puede variar desde una gran dimensión hasta la ausencia total. Estas características pueden presentarse en otros huesos, o porciones de estos, que forman parte del esqueleto de la cabeza: la apófisis crista galli y la lámina vertical del etmoides, los cornetes inferior, medio y superior, las apófisis clinoides del esfenoides y zigomática del temporal, el hueso occipital (protuberancia externa), entre otros.

Para facilitar la observación de las variaciones del grado de neumatización individual relacionados con el grosor de cada hueso se muestran varias imágenes radiográficas y de piezas anatómicas. En primer lugar, el más significativo es el hueso frontal ya que posee infinidad de variaciones en su morfología y grado de neumatización, de tal manera que en algún momento se valoró utilizar su radiografía como método de identificación personal. Al comparar la radiografía del cráneo en posición lateral de un individuo que posee un seno frontal bien desarrollado con otro totalmente ausente, en el primero se observa una gran separación entre las tablas externa e interna, que termina donde comienza el hueso diploico (**Figura 1**).



Figura 1. Seno frontal desarrollado. El espacio entre la tabla interna y externa convierte esta porción en hueso ancho. Imágenes tomadas del archivo de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río y la Escuela de Estomatología de la Universidad de la Habana.

En la radiografía del cráneo que presenta ausencia de seno frontal, mal llamada agenesia del seno frontal, el espacio entre ambas tablas (áploes) está ocupado por tejido diploico en su totalidad (**Figura 2**).

La neumatización del hueso maxilar, antro de Highmore, es constante y sus dimensiones varían individualmente. Es muy importante su relación con algunas raíces dentarias que, inclusive, pueden estar incluidas dentro del mismo.

Las dimensiones de las cavidades del seno esfenoidal pueden variar individualmente; en algunos casos, pueden estar ausentes uni o bilateralmente.

El hueso etmoidal es descrito como impar y está constituido por las láminas vertical, horizontal, las masas laterales y los procesos nasales medio y superior. Los laberintos et-



Figura 2. Ausencia de seno frontal. El hueso frontal es plano en toda su extensión. Imágenes tomadas del archivo de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río y la Escuela de Estomatología de la Universidad de la Habana.

moidales alojan al seno del mismo nombre y se han descrito como las únicas cavidades aéreas presentes al nacimiento. Su estructura difiere de las características de todos los huesos del esqueleto humano, ya que estas cavidades no están contenidas en el cuerpo de un hueso en particular, sino que están presentes en el nacimiento y es la única estructura de la base del cráneo constituida por cartílago, en su origen y desarrollo, que se osifica posteriormente (28).

Las masas etmoidales están compuestas por una corteza y múltiples tabiques óseos. La corteza es una delgada lámina periférica que crece íntimamente unida a todos los huesos que conforman esa porción del esqueleto craneofacial (frontal, esfenoides, apófisis pterigoidea, porción distal de la lámina cribosa, cornetes medio y superior, apófisis ascendente del maxilar, vómer, huesos propios de la nariz, huesos palatinos y unguis o lacrimal). Estas masas van adquiriendo la forma y dimensiones que el espacio entre dichos huesos, en su desarrollo, le va confiriendo. Los tabiques están situados en los tres planos del espacio y su función principal es ofrecer estabilidad a esa región anatómica, evitando colapsos o deformidades de la misma. Estas láminas delgadas están unidas y se comunican entre sí formando un verdadero laberinto, lo que constituye el seno etmoidal en sus dos porciones: anterior y posterior. A nivel de los cornetes medio y superior, la cápsula etmoidal se engrosa formando un tejido compacto que se adhiere a ellos con el objetivo de alojar y proteger los conductos de drenaje en su paso a la pared externa de la fosa nasal, a nivel de los meatos medio y superior, respectivamente, donde desembocan. Como se planteó anteriormente, el tejido cartilaginoso que constituye los componentes de las masas etmoidales se osifica en estadios más avanzados de la vida.

Si analizamos que las masas laterales se originan de núcleos de osificación individuales, que son bilaterales -el objetivo por el que fueron creadas-, que su unión a la lámina horizontal etmoidal es semejante a la que efectúa con los demás huesos que la rodean y que su relación con los cornetes medio y superior se debe al engrosamiento de la cápsula

creada por la naturaleza para formar una estructura compacta por donde transcurran y se protejan los conductos de drenaje de las celdas etmoidales, consideramos que estas masas son estructuras óseas independientes.

El hueso temporal posee tres porciones: la escamosa, la mastoidea y el peñasco. Todas ellas provienen de núcleos de osificación diferentes que, en estadios más avanzados del desarrollo, se unen entre sí. Las tres porciones están neummatizadas. Las dos primeras están formadas por pequeñas celdas cuya extensión está relacionada con el grosor de dichas porciones óseas, mientras que el peñasco está compuesto por hueso compacto, el cual le confiere gran resistencia. El objetivo de su neummatización es muy diferente a los demás huesos del cráneo; el peñasco está diseñado para alojar y proteger los órganos sensoriales del equilibrio, la audición y parte de sus componentes, también para albergar vasos y nervios en su paso desde y hacia el endocráneo. Las dimensiones de todos estos espacios son constitucionales y están establecidas por códigos genéticos. Estimamos que esta consideración es de gran importancia para entender la fisiopatología de las infecciones del oído medio y pronosticar su posible evolución.

La configuración de las cavidades y conductos mencionados, por coincidencias u ordenanzas de la naturaleza, son semejantes a los descritos en las cavernas montañosas. Estas tienen una recámara principal, cóncava, mientras que la caja timpánica, la de mayor volumen, es bicóncava. Las primeras tienen múltiples y estrechos desfiladeros que desembocan en otras recámaras más pequeñas, representadas en el peñasco por las ventanas oval, redonda y el aditus ad antrum. El laberinto óseo-cóclea-vestibular y el antro mastoideo se corresponden a las recámaras secundarias de las cavernas, que también tienen pequeños espacios comunicados entre sí que se extienden periféricamente en mayor o menor grado en el macizo montañoso, tal como ocurre con las celdas en la escama y la apófisis mastoidea. Las cavernas tienen una entrada y una salida; en el peñasco encontramos una entrada, el conducto auditivo externo y una salida, la porción ósea de la trompa de Eustaquio, que se prolonga con la porción cartílago-membranosa de esta y emerge en la nasofaringe. Los espacios en forma de túneles en el peñasco dan paso a importantes vasos y nervios que entran y salen del endocráneo. En el caso de las cavernas, estos se corresponden con ríos subterráneos y cuevas.

Es interesante reflexionar acerca de la constitución, la estructura arquitectónica y el objetivo con que fueron concebidos por la naturaleza el peñasco y las cavernas montañosas; además, la semejanza que tienen con las pirámides de las antiguas culturas egipcias y centroamericanas. La constitución y su forma piramidal le confieren al peñasco gran resistencia natural, necesaria para la protección de las estructuras que contiene en su interior. Esto también sucede con las cavernas en la defensa ante fenómenos naturales. Parece ser que en la construcción de las pirámides egipcias y centroamericanas se tuvieron en cuenta estos principios para proteger grandes valores tanto humanos como riquezas espirituales y materiales.

Mediante observaciones de radiografías e imágenes del peñasco y las apófisis mastoideas, el presente trabajo evidencia que las variaciones individuales del grado de neumatización son proporcionales a las dimensiones de las estructuras que constituyen el hueso temporal.

En un estudio radiográfico, asesorado por el autor, realizado a grupos de niños recién nacidos, de dos años y medio y cinco años, que utilizó la proyección radiográfica descrita por Schuller (29) para observar la dimensión del peñasco y el grado de neumatización del hueso temporal, se comprobó la existencia de diferencias significativas entre los niños de cada grupo estudiado.

En la combinación radiográfica tomada a dos recién nacidos se observa una menor dimensión del peñasco en el niño del recuadro superior (Figura 3).

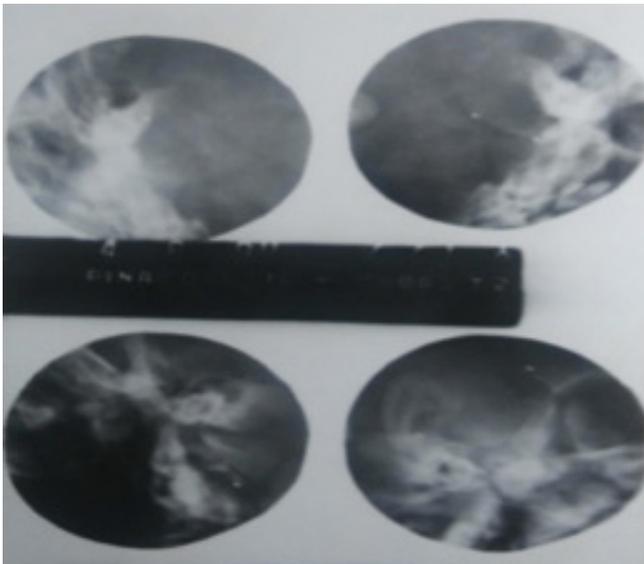


Figura 3. Dos niños recién nacidos. Discreta diferencia de volumen en los peñascos de la radiografía inferior. Imágenes tomadas del trabajo de terminación de la residencia del Dr. Fidel Castro Pérez (1991).

En los niños de dos años y medio ya aparecen los espacios aéreos que varían individualmente (Figuras 4 y 5).

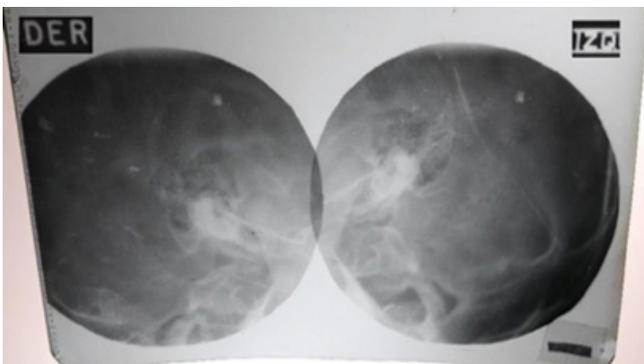


Figura 4. Niño de dos años y medio con buen desarrollo neumático bilateral. Sin antecedentes de otitis media aguda. Imágenes tomadas del trabajo de terminación de la residencia del Dr. Fidel Castro Pérez (1991).

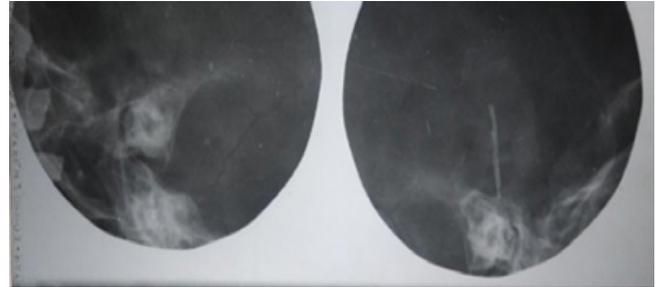


Figura 5. Niño de dos años y medio con escaso o ningún desarrollo neumático. Sin antecedentes de otitis media aguda. Imágenes tomadas del trabajo de terminación de la residencia del Dr. Fidel Castro Pérez (1991).

Esto mismo sucede en niños de cinco años en cuyas radiografías se comprueban diferencias individuales en el grado de neumatización, inclusive, entre ambos lados en un mismo individuo (Figuras 6 y 7).

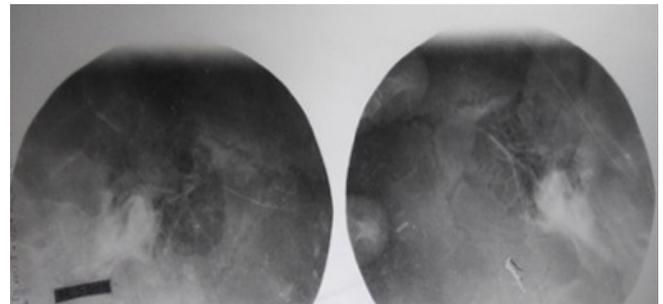


Figura 6. Niño de cinco años con desarrollo neumático bilateral diferente. Sin antecedentes de otitis media aguda. Imágenes tomadas del trabajo de terminación de la residencia del Dr. Fidel Castro Pérez (1991).

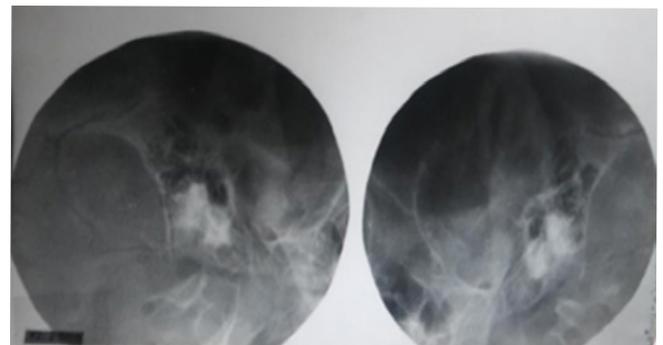


Figura 7. Niño de cinco años con escasa neumatización bilateral. Sin antecedentes de otitis media aguda. Imágenes tomadas del trabajo de terminación de la residencia del Dr. Fidel Castro Pérez (1991).

De igual manera, se comprueban las diferentes dimensiones de las apófisis mastoideas en distintos cráneos. Se pueden observar un cráneo con la mastoides estrecha o aplana y otro de aspecto ancho o tubular (Figuras 8 y 9).

Esta diferencia significa que el grado de neumatización varía en proporción al grosor de las mismas. En la observación endocraneana de imágenes de los peñascos también se pueden observar variaciones de tamaño en diferentes individuos, lo

que significa que las cavidades contenidas son proporcionales al volumen de las pirámides (**Figuras 10 y 11**).



Figura 8. Apófisis mastoidea aplanada y estrecha. Imagen tomada del archivo del Departamento de Anatomía de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río (1995).



Figura 9. Apófisis mastoidea de forma tubular (ancha). Imagen tomada del archivo del Departamento de Anatomía de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río (1995).



Figura 10. Pirámides con una discreta asimetría morfológica. Imagen tomada del archivo del Departamento de Anatomía de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río (1995).



Figura 11. Peñascos con diferentes dimensiones. Imagen tomada del archivo del Departamento de Anatomía de la Facultad de Ciencias Médicas de Pinar del Río (1995).

Conclusiones

La neumatización observada en los huesos de la cabeza es un mecanismo de defensa natural creado para sustituir el tejido esponjoso que debía ocupar el cuerpo de los huesos cortos con el objetivo de evitar su infección (osteomielitis); por su estrecha relación de vecindad, podría extenderse al cerebro y sus anexos, lo que representa un peligro para la vida del individuo y una posible extinción de las especies.

La formación de las masas laterales del etmoides y en el peñasco del temporal obedece a objetivos diferentes.

Los laberintos etmoidales son estructuras con características particulares creadas por la naturaleza para rellenar un espacio vacío limitado por los huesos que la rodean y dar estabilidad a esa región del esqueleto craneofacial. Por su origen embriológico y su bilateralidad pueden ser considerados como estructuras independientes.

La constitución ósea (tejido compacto), su forma piramidal y los espacios aéreos (conductos y cavidades) del peñasco del temporal cumplen con el objetivo de alojar y dar protección a todas las estructuras neurosensoriales, vasculares y nerviosas contenidas en su interior.

Los espacios aéreos contenidos en los huesos de la cabeza están codificados genéticamente. Su grado de neumatización tiene relación con el grosor del mismo. Las dimensiones de los espacios neumáticos del peñasco establecen la relación “continente-contenido” con los elementos alojados en su interior de forma proporcional. Estas características individuales (conducto auditivo externo, caja timpánica y su contenido, laberinto cócleo-vestibular y elementos constituyentes) en unión al resto de las estructuras que forman los sistemas auditivo y vestibular (pabellón auricular, membrana timpánica, vías, núcleos, cortezas, auditiva y vestibular) explican por qué el funcionamiento de los sentidos de la audición y el equilibrio tiene marcadas diferencias individuales.

Conflictos de intereses

No hubo conflictos de intereses en la realización y publicación de este artículo.

Financiación

No se requirió financiación para la realización de este artículo.

Aspectos éticos

No se cometieron violaciones éticas de ningún tipo.

Agradecimientos

Eternamente agradecido con todos los profesores, especialistas y amigos que me han motivado a desarrollar estas inquietudes.

REFERENCIAS

- Rouviere H, Delmas A. Anatomía Humana Descriptiva, Topográfica y Funcional. 11.a edición. París: Editorial Elsevier; 2005.p 1447-69.
- Delmas J, Radulesco T, Varoquaux A, Thomassin J, Dessi P, Michel J. Anatomía de las cavidades nasosinusales. EMC-Otorrinolaringología. 2018;47(2):1-20. doi: 10.1016/S1632-3475(18)89285-2
- Paparella MM, Shumriek DA. Otorrinolaringología T-1, T-2. Ciudad Habana: Científico Técnico; 1984. p. 309-1448.
- Thompson VS, Bertelli JA, Robbio-Campos JP, Zubizarreta. J. Clínica Otorrinolaringológica. 2.a edición. La Habana: Instituto del Libro; 1972. p. 12-176.
- Tiullaux P. Role des sinus de la face. París: These Med; 1862.
- Márquez S. The paranasal sinuses: the last frontier in craniofacial biology. Anat Rec (Hoboken). 2008;291(11):1350-61. doi: 10.1002/ar.20791
- Alger LJ. A new theory of physiology of the sinuses. Lancet. 1943;58:511-12.
- Blaney SP. Why paranasal sinuses? J Laryngol Otol. 1990;104(9):690-3. doi: 10.1017/s0022215100113635
- Takahashi R. The formation of the human paranasal sinuses. Acta Otolaryngol Suppl. 1984;408:1-28. doi: 10.3109/00016488409121162
- Mendez-Benegassi I, Vasallo-García V, Cenjor-Español C. Anatomía y embriología de la nariz y senos paranasales. En: SEORL, PCF. Libro virtual de formación en ORL. Madrid: Fundación Jiménez-Díaz; 2008. p. 14-25.
- Cabezón R, Vaidés R, Breinbauer H, Ramírez C, Grau C, Iñiguez R. Variantes anatómicas relevantes en tomografía computarizada de cavidades perinasales. Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello. 2010;70(3):223-30. doi: 10.4067/S0718-48162010000300005
- Suárez ADC. Una nueva teoría sobre la posible función de los senos paranasales y celdas mastoideas. Rev Espanoto-neurooftal. 1952;11:336.
- Rhys Evans PH. The paranasal sinuses and other enigmas: an aquatic evolutionary theory. J Laryngol Otol. 1992;106(3):214-25. doi: 10.1017/s0022215100119115
- Sommer F, Hoffmann TK, Harter L, Döscher J, Kleiner S, Lindemann J, et al. Incidence of anatomical variations according to the International Frontal Sinus Anatomy Classification (IFAC) and their coincidence with radiological signs of opacification. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2019;276(11):3139-146. doi: 10.1007/s00405-019-05612-4
- Masuda S. [Role of the maxillary sinus as a resonant cavity]. Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho. 1992;95(1):71-80. Japanese. doi: 10.3950/jibiinkoka.95.71
- Allam AF. Pneumatization of the temporal bone. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1969;78(1):49-64. doi: 10.1177/000348946907800105
- Diamant M. Otitis and pneumatization of the mastoid bone. Acta Otolaryngol. (Stockh.). 1940;Suppl 41:1.
- Arora MM, Sharma VL, Mehra YN. Mastoid pneumatization in chronic suppurative otitis media and its clinical significance. J Laryngol Otol. 1978;92(5):395-8. doi: 10.1017/s0022215100085509
- Rogers RL, Kirchner FR, Proud GO. The evaluation of Eustachian tubal function by fluorescent dye studies. Laryngoscope. 1962;72:456-67. doi: 10.1288/00005537-196204000-00003
- Holmquist J. Size of mastoid air cell system in relation to healing after myringoplasty and to eustachian tube function. Acta Otolaryngol. 1970;69(1):89-93. doi: 10.3109/00016487009123338
- Rudin R, Svärdsudd K, Tibblin G. Otitis media and the mastoid cell system. A study of men born in 1913 and 1923. Acta Otolaryngol. 1987;103(3-4):217-25.
- Zaidi SH. Repeated U.R.T.I. and mastoid pneumatization. Pak J Otolaryngol. 1991;7:17-9.
- Pakira BB, Barua M, Mukerjee SN. Involvement of mastoid in secretory otitis media: a radiological and operative study. Indian J. Otol. 1998;4(1):50-2.
- Lindeman P, Shea JJ. Size of the mastoid air cell system in children with middle ear effusion. Laryngoscope. 1980;90(11 Pt 1):1840-4. doi: 10.1288/00005537-198011000-00012
- Tsuji T, Yamaguchi N, Aoki K, Mitani Y, Moriyama H. Mastoid pneumatization of the patulous eustachian tube. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2000;109(11):1028-32. doi: 10.1177/000348940010901107
- Sethi A, Singh I, Agarwal AK, Sareen D. Pneumatization of Mastoid Air Cells: Role of Acquired Factors. Int. J. Morphol. 2006;24(1):35-38. doi: 10.4067/S0717-95022006000100007
- Graham MD, Brackmann DE. Acromegaly and the temporal bone. J Laryngol Otol. 1978;92(4):275-9. doi: 10.1017/s0022215100085352
- De Acevedo-Guaura R. Hueso etmoides: características, partes, funciones [Internet]. Liferder; 2021 [citado el falta la fecha]. Disponible en: <https://www.liferder.com/hueso-etmoides/>
- Schinz HR. Tratado de Roentgen Diagnóstico. 6.a edición. Barcelona: Editorial Científico-Médica; 1969. p. 453-55.