

ARTÍCULO

Desarrollo del cráneo y su importancia para la antropología forense¹

Isla Yolima Campos Varela.

Antropóloga. Estudiante de último semestre de la Maestría en Morfología Humana. Departamento de Morfología. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia. iycamposv@unal.edu.co

DESARROLLO DEL CRÁNEO Y SU IMPORTANCIA PARA LA ANTROPOLOGÍA FORENSE

RESUMEN

Se presenta una síntesis del desarrollo embrionario de los huesos del cráneo y se hace énfasis en la utilidad que representa su conocimiento en el análisis antropológico forense, utilidad que puede aplicarse desde la estimación de edad al observar la formación y el grado de fusión de las estructuras y el análisis de patologías y traumas en los huesos.

Palabras clave: Antropología forense, biología del desarrollo, cráneo

INTRODUCCIÓN

El cráneo está compuesto por dos segmentos anatómicos fácilmente diferenciables: el esplanocráneo o viscerocráneo y el neurocráneo. El primero incluye desde el borde inferior de las órbitas hasta la mandíbula y contiene y protege los órganos de la visión, el olfato y el gusto; el neurocráneo comprende desde el hueso frontal hacia atrás, protege el encéfalo y puede dividirse en base y

bóveda craneal. A continuación se describen sus procesos de desarrollo.

Origen y osificación

Los huesos del cráneo se forman a partir de **células mesenquimatosas**, que hacen parte del tejido conectivo embrionario, que posee potencial para dar origen a diferentes tipos de tejidos. El mesénquima del que proviene el cráneo tiene dos orígenes, uno es el **mesodermo paraxial** (somitas) que se ubica a lado y lado del

¹ Este documento corresponde a un capítulo del trabajo de grado titulado: "El cráneo, una revisión desde la morfología para la antropología forense"

tubo neural y el otro es la **cresta neural**. En esto difiere del resto de las estructuras del esqueleto, que solo provienen del mesodermo lateral (Sadler, Esqueleto Axial, 2012).

La **cresta neural** es un conjunto de células del ectodermo (el componente más externo de las capas germinativas embrionarias), que se encuentra a lado y lado del tubo neural. Sus células migran hacia diferentes áreas, formando el esqueleto facial y las neuronas periféricas sensitivas, entre otras muchas estructuras. Al igual que el mesodermo, la cresta neural produce células mesenquimatosas que contribuirán con la formación de los huesos de la cara y la parte anterior de la base del cráneo, en tanto que el mesodermo paraxial será el responsable de la parte posterior de la base y la bóveda.

A partir del mesénquima, las estructuras del cráneo se convierten en hueso mediante osificación **intramembranosa** y **endocondral**. El tipo de osificación depende de la función de los huesos: las áreas que requieren un desarrollo más rápido tienen osificación **intramembranosa**, que genera el hueso directamente desde el tejido mesenquimatoso, sin pasar por una fase cartilaginosa, en cambio la osificación **endocondral** se da más lentamente debido a que el mesénquima deriva primero en cartílago y luego en hueso. Una vez formado cada hueso, el aumento de tamaño se da por aposición de tejido óseo en la superficie externa y reabsorción del

mismo en la superficie interna, independientemente del tipo de osificación inicial.

Los formación intramembranosa se da en forma de espículas que parecen agujas dispuestas de manera radial, y resultan notorias en los esqueletos de individuos lactantes (Sadler, Cabeza y cuello, 2012), lo cual es muy relevante para el análisis antropológico del trauma óseo, ya que las fracturas tienden a seguir la dirección del tejido. (Love, Derrick, & Wieserma, 2011) y es más probable que estos se fracturen siguiendo la dirección de estas espículas.

Se forman por osificación intramembranosa: el frontal, los nasales, lacrimales, cigomáticos, maxilares, y la mandíbula, los cuales provienen de la cresta neural; los parietales, la parte posterior de los temporales y la parte superior del occipital, que provienen del mesodermo paraxial (Sadler, Cabeza y cuello, 2012), los huesos restantes se forman por osificación endocondral.

Formación del neurocráneo

Evolutivamente, el neurocráneo tiene dos orígenes: uno dérmico (la bóveda), que recuerda los exosqueletos ancestrales (Scheuer, Black, & Christie, 2000) y otro cartilaginosa (la base), que se conoce como condrocráneo. Hoy en día el neurocráneo conserva las características dérmica y endocondral representadas en la osificación intramembranosa y endocondral, respectivamente.

El condrocráneo de los vertebrados y de los humanos, por supuesto, es una placa basal de tres pares de cartílagos que se fusionan en la línea media (de cefálico a caudal son: trabeculares, hipofisiarios y paracordales) a los que están unidos 3 pares de cápsulas que protegen los órganos del oído, vista y olfato (Scheuer, Black , & Christie, 2000) de cefálico a

caudal las cápsulas son: las alas esfenoidales, alas temporales y cápsula óptica (Figura No. 1, A y B). Estas placas de cartílago tienen una particularidad: el aumento de su tamaño se da en dos direcciones y no en una como ocurre en las placas de crecimiento de los demás huesos del cuerpo.

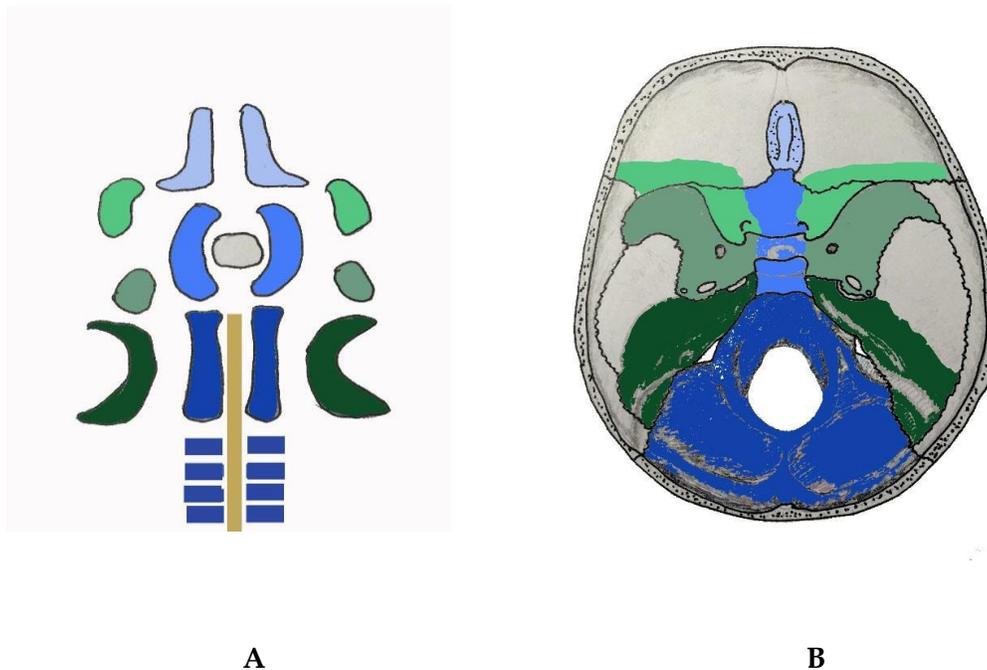


Figura No. 1 Cartílagos que forman la base del cráneo. (A) Representación de los cartílagos antes de la fusión, los de color azul muestran los que se unirán en la línea media y los de color verde, muestran las cápsulas laterales. (B) Representación de la base de cráneo de un adulto. El área coloreada señala qué estructuras tienen osificación endocondral y cada color representa el cartílago del cual proviene, teniendo en cuenta la imagen A.

La porción intracraneal de la base puede dividirse en fosas anterior, media y posterior, que deben entenderse como 3 unidades independientes (Di Leva, et al., 2014) (Figura No. 2), pues cada una se desarrolla a partir de fuerzas locales. Se piensa que el desarrollo de la región intracraneal de la base y la bóveda puede estar influenciado por las tensiones que generan el falx cerebro y el

tentorium² durante el crecimiento (Di Leva, et al., 2014).

En general, el crecimiento de la base está estimulado por el sistema fonatorio y la postura de la cabeza con respecto al esqueleto (Di Leva, et al., 2014), por lo que el estudio de su anatomía resulta indispensable para la comprensión de los cambios en los diferentes linajes de los homínidos.

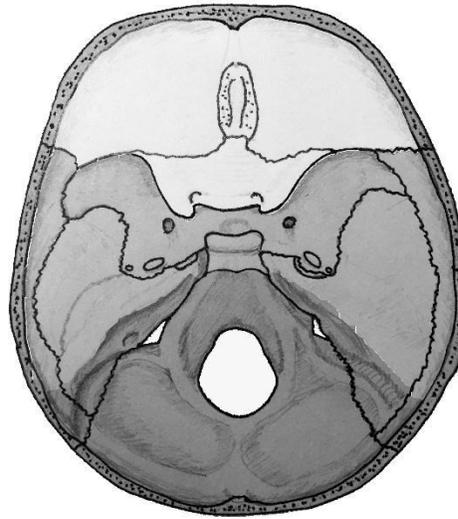


Figura No. 2: Fosas del cráneo.

Formación de la fosa anterior

En la fase temprana del desarrollo aparecen por osificación intramembranosa tres estructuras que van a conformar el borde superior de la órbita: el frontal, el cartílago esfenotmoidal y el ala orbital (Captier, Cristol, Montoya, Prudhomme, & Godlewski, 2003).

La osificación del frontal inicia en las eminencias (Captier, Cristol, Montoya, Prudhomme, & Godlewski, 2003). El frontal surge de dos huesos que forman la mayor parte de la fosa y se osifica a partir del mesénquima del área, al que se le denomina merencefálico y avanza hacia la parte superior y hacia la base para formar la parte vertical y orbital (Figura No. 3).

² Repliegues de la membrana externa que envuelve el encéfalo, generando la división de

ambos hemisferios del cerebro (*falx cerebri*) y separando el cerebelo de éste (*tentorium*)

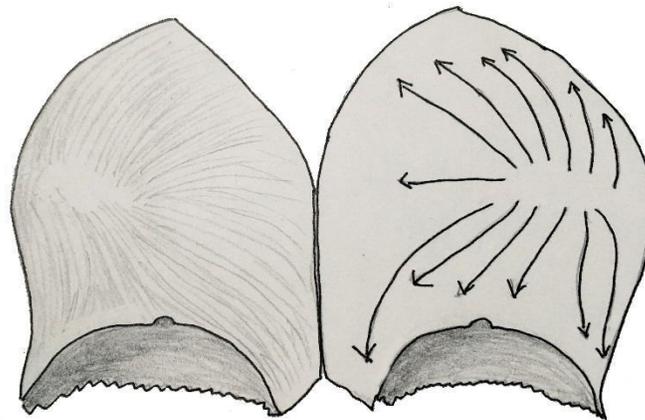


Figura No. 3. Desarrollo del hueso frontal. Nótese la dirección del crecimiento

La lámina cribosa del etmoides, que se encuentra en la línea media de la fosa anterior, se forma por osificación endocondral y es por donde pasan desde la cavidad nasal las fibras nerviosas. En el centro de la lámina está la apófisis *crista galli*, que es el ancla en la que se fija el *falx cerebri* u hoz del cerebro.

El desarrollo de fosa anterior está estrechamente relacionado con el crecimiento de la órbita, las estructuras faciales superiores y por supuesto: el encéfalo (Di Leva, et al., 2014).

Formación de la fosa media

La fosa media está compuesta por el cuerpo y las alas mayores del esfenoides, los temporales y la parte inferior de los parietales. Los orificios de esta fosa comunican con el viscerocráneo, por donde pasan el nervio óptico, el nervio maxilar, el nervio mandibular y la arteria

meníngica media; esta última genera surcos en la fosa que se forman con el constante pulsar de la arteria. El desarrollo de la fosa media depende del crecimiento mandibular y su biomecánica (Di Leva, et al., 2014)

En la parte posterior, los cartílagos paracordales alrededor del fin de la notocorda, son los primeros en formarse y dan lugar al cuerpo del esfenoides. El esfenoides es una estructura mixta, que tiene origen cartilaginoso del cuerpo y las alas menores y origen intramembranoso de las alas mayores.

Formación de la fosa posterior

La integración parieto-occipital y las dinámicas cerebro-cerebelares influyen directamente la formación de la fosa posterior (Di Leva, et al., 2014).

El desarrollo del occipital inicia en la novena semana de gestación con dos centros de osificación: un centro primario ubicado en la región ventral, cercano a la notocorda y otro en el segmento interparietal (Shapiro & Robinson, 1976). La porción basilar deriva de 5 cartílagos (Figura No. 4): dos que conforman la base (basilares), dos que corresponden a cada uno de los cóndilos (condilares) y uno que da origen al segmento supraoccipital (ubicado posterior al agujero magno); la parte más superior se ubica en medio de los parietales, por eso se le denomina interparietal y es de origen intramembranoso (Scheuer, Black, & Christie, 2000).

En la semana 12 se fusionan los segmentos interparietal y supraoccipital; se unen en la línea media, pero permanecen separados en los segmentos laterales. En la semana 14

(Shapiro & Robinson, 1976), los dos segmentos se unen un poco más y la separación lateral es menor. Para el momento del nacimiento, todavía es notoria esta unión (Scheuer, Black, & Christie, 2000), se le conoce como sutura mendonsa y es visible hasta aproximadamente dos años después del nacimiento, por lo que debe prestarse especial cuidado al analizar cadáveres perinatales, para no confundir esta sutura con una fisura o una fractura.

Para el antropólogo es importante recordar que el crecimiento del segmento interparietal y el supraoccipital inicia desde el centro; es por esto que no tienen sutura. Por eso si se observa una imagen radiolúcida o se observa una separación en esta área durante el análisis, debe sospecharse de que se trate de una fractura (Shapiro & Robinson, 1976).

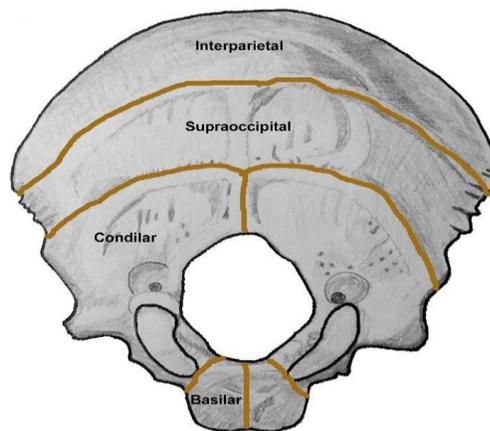


Figura No. 4. Hueso occipital de un adulto. En este se resaltan los diferentes segmentos que lo conforman durante el desarrollo.

Hacia la semana 36 de gestación, las porciones basioccipitales y laterales están separadas por una sincondrosis y su unión se da entre los 2 y 4 años después del nacimiento y se unen también a la parte supraoccipital en el mismo periodo. La unión del occipital con el esfenoides se inicia de 12 a 13 años en las niñas y de 14 a 15 años en los niños y termina entre los 16 y los 20 años (Shapiro & Robinson, 1976). Lo anterior resalta también la importancia diagnóstica que tiene el occipital para el antropólogo para la estimación de edad de individuos subadultos.

Debido al origen endocondral de la base, la acondroplasia, que es una patología que inhibe el crecimiento adecuado de los componentes cartilaginosos del cuerpo, genera alteraciones en la forma del cráneo, ya que la base tiene un tamaño reducido en relación con la bóveda y los demás componentes del cráneo (Szabo-Rogers, Smithers, Yakob, & Liu, 2010).

La bóveda craneal aparece al fin del primer mes de desarrollo como placas curvas del mesénquima que se esparcen hacia abajo y se encuentran con las estructuras de la base.

Formación del esplanocráneo

Para algunos investigadores fue la aparición de la cresta neural la que permitió el desarrollo de una "Nueva Cabeza" (Chai & Robert, 2006), (Di Leva, et al., 2014), (Scheuer, Black, & Christie, 2000), con un elaborado complejo maxilar que cambió la forma de la alimentación los animales al permitirles masticar, en tanto

que animales más primitivos ingieren su alimento haciendo uso de músculos de succión. Sus afirmaciones se basan en que quienes presentan esta "nueva cabeza" involucran células de la cresta neural en el desarrollo de las estructuras del rostro y que los que no la tienen no presentan cresta neural. Por lo anterior, no se puede hablar del desarrollo del esplanocráneo sin referirse a la cresta, que para algunos es considerado el cuarto tejido embrionario.

Durante el tercer mes de desarrollo intrauterino, el rostro adquiere características humanas. Al comienzo, las órbitas, que contienen los ojos y sus anexos, están dispuestas lateralmente, así que inician su acercamiento hacia la línea media, se desacelera el crecimiento del neurocráneo en comparación con el resto del cuerpo, pues al inicio del tercer mes la cabeza es aproximadamente la mitad del embrión, cuando alcanza la mayor proporción con respecto al tamaño total, y luego empieza a perder esa relación en el tamaño ya que en los huesos del rostro empiezan a formarse los senos paranasales y los dientes. La órbita por su parte aumenta en su altura, pero no su anchura (Haas, Weiglein, Faschinger, & Müllner, 1993).

La cara inicia su formación al final de la cuarta semana de gestación, a partir de la cresta neural que se organiza en arcos faríngeos (sólo los dos primeros están relacionados con la formación del cráneo), el primero de ellos, durante la sexta semana, da origen a 4 protuberancias

alrededor del estomodeo (cavidad bucal primitiva) (Scheuer, Black & Christie, 2000). A estas protuberancias se les conoce como: prominencias maxilares superiores (dos) prominencias maxilares inferiores (dos), hay una quinta prominencia, la prominencia frontonasal, que no tiene origen en el primer arco faríngeo, pero sí tiene origen en la cresta neural. Del segundo arco no derivan estructuras de óseas de la cara, ya que sólo da origen al estribo, a las astas menores del hioides y a las apófisis estiloides de los temporales. (Sadler, Cabeza y cuello, 2012)

Para la semana 13 del desarrollo intrauterino los elementos del ojo ya se han establecido y han iniciado sus efectos inductivos sobre el desarrollo de la órbita, a partir de este momento la órbita inicia un crecimiento homogéneo.

El primer hueso en iniciar la osificación alrededor de la órbita es el maxilar, que lo hace en la sexta semana y lo siguen los demás que inician su osificación alrededor de la semana 16 (Haas, Weiglein, Faschinger, & Müllner, 1993). La forma definitiva de la órbita no solo está determinada por los estímulos que recibe de los tejidos de los ojos, sino también a las mecánicas del desarrollo del neurocráneo y el resto del esqueleto facial.

Después de la sexta semana, se desarrollan dos prominencias más, llamadas prominencias nasales (laterales y mediales) alrededor de las placodas nasales. El aspecto final de la nariz lo da la

protuberancia frontonasal que creará el puente; las prominencias nasales, que formarán la cresta, la punta y las alas. Adicionalmente, de las prominencias nasales mediales surgirá el segmento intermaxilar.

La formación del paladar se lleva a cabo por dos componentes: uno es anterior, el paladar primario, que se origina del segmento intermaxilar, y que corresponde a la parte más anterior de los huesos maxilares; el otro componente es el paladar secundario, formado por derivados del arco faríngeo y que corresponde a los huesos maxilares. El límite posterior entre los dos componentes es el agujero incisivo.

La palatogénesis secundaria está estimulada específicamente por los movimientos de la lengua (Szabo-Rogers, Smithers, Yakob, & Liu, 2010). La fusión del paladar en la línea media ocurre a las 7 semanas en los embriones masculinos, y a las nueve en los femeninos y separa por completo las cavidades a las 42 semanas, se forma de la fusión de las crestas de las protuberancias maxilares.

De lo anterior se deriva que las alteraciones en la formación del paladar anterior estén relacionadas con la unión de las prominencias nasales, que son las responsables de la formación del segmento intermaxilar, el surco nasolabial, los cuatro incisivos superiores y el paladar primario. Las alteraciones pueden ir desde el cambio de coloración del labio hasta fisuras en la

nariz y la arcada dental, y pueden llegar hasta el agujero incisivo (Sadler, Cabeza y cuello, 2012). En cambio, la fisura palatina posterior y la fisura de la úvula son causadas por la falta de fusión de las crestas palatinas y pueden comprometer solo la úvula o el paladar secundario.

En términos prácticos, desde la antropología deben tenerse presente estos dos orígenes, ya que determinarán la ubicación del paladar hendido: una más posterior (Figura No. 5, A), que puede no tener manifestación clínica --la cual no tiene por qué relacionarse con fisura en el labio--, es decir que puede no resultar notoria para la persona que la tiene, pues aunque exista la fisura, esta puede estar recubierta por tejido blando. Mientras que

las fisuras en el paladar anterior y en la arcada dental (Figura No.5, B), sí pueden estar asociadas a malformaciones de los tejidos blandos, especialmente la nariz y el labio; en este caso se manifiesta en el hueso con una desalineación del borde nasal inferior (Figura No. 6).

El antropólogo debe ser cuidadoso al otorgar valores identificatorios a las fisuras palatinas observadas al momento del diagnóstico y siempre debe plantear como hipótesis el posible compromiso de los tejidos blandos pues un mal diagnóstico puede afectar negativamente la comparación de los datos obtenidos de un cadáver con los que se encuentran en las bases de datos de personas desaparecidas.

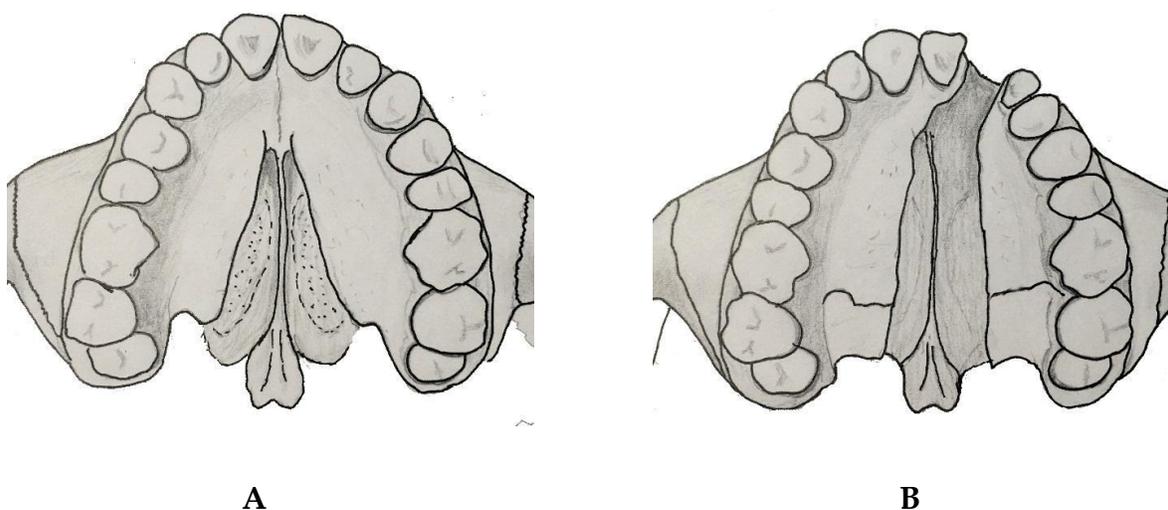


Figura No. 5. Representación de maxilares con paladar hendido. (A) Vista inferior de maxilar con fisura del paladar secundario. Nótese que la fisura inicia posterior al agujero incisivo. (Izquierda). (B) Vista inferior de maxilar con fisura de la arcada dental y del paladar primario y secundario.

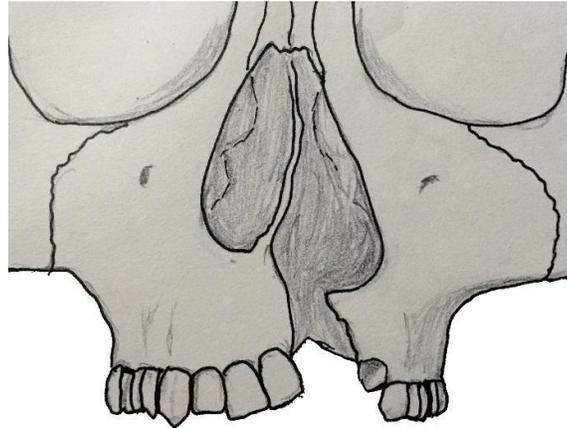


Figura No. 6. Vista anterior de región nasomaxilar con fisura palatina. Nótese que el ala nasal derecha se encuentra más inferior que la del lado opuesto.

En la sexta semana de desarrollo se forman las láminas dentales de las prominencias maxilares; estas láminas van a formar los dientes, los cuales empiezan a erupcionar alrededor de los seis meses de vida. Los dientes se forman desde la punta, hacia el cuello y luego la raíz. Es por esto que el desarrollo de los cierres de los ápices de las raíces es un rasgo utilizado por la antropología y la odontología para la estimación de edad de un individuo menor de 21 años, momento en el que los terceros molares (últimos en formarse) terminan la formación del ápice de la raíz.

Los huesos del oído son los primeros huesos del cuerpo en terminar su crecimiento y en osificarse por completo, en el cuarto mes de vida intrauterina (Sadler, Cabeza y cuello, 2012) aunque no hacen parte del esqueleto facial, provienen de los arcos faríngeos. Del primer arco se

forman el yunque y el martillo y del segundo se forma el estribo.

Formación de las fontanelas y suturas

Las suturas y las fontanelas tienen un desarrollo independiente y tienen como función permitir la flexibilidad de la bóveda durante el proceso del parto y permitir el rápido crecimiento del encéfalo. Donde hay más de dos huesos las suturas se ensanchan y se llaman fontanelas.

Existen 6 fontanelas en el cráneo de un neonato, aunque solo las dos superiores pueden palparse: la fontanela anterior o bregmática que une el hueso frontal con los parietales y se cierra alrededor de los 18 meses de nacimiento; la fontanela posterior o lambdaidea, que une los huesos parietales y el occipital y se cierra alrededor de los dos meses. Las dos

fontanelas restantes no se encuentran sobre la línea media por lo que hay dos de cada una: las fontanelas ptéricas o anterolaterales que separan a los huesos frontal, esfenoides, temporal y parietal y las fontanela astéricas o posterolaterales que se encuentran entre el temporal, parietal y el occipital. También hay una fontanela que separa el hueso frontal en su parte inferior, del hueso nasal.

Las suturas son regiones indiferenciadas de mesénquima, la sutura interfrontal y la coronal contienen mesénquima derivado de la crestaneural. (Szabo-Rogers, Smithers, Yakob, & Liu, 2010). Este mesénquima crece y va dando poco a poco lugar para que el cráneo se desarrolle adecuadamente, cuando hay alteraciones que afectan el crecimiento de las suturas y se cierran prematuramente, hay malformaciones en el cráneo.

En las suturas las fibras de colágeno que forman las cápsulas están en contacto directo con la duramadre y el periostio externo, es por esto que su desarrollo está determinado por las tensiones que genera el encéfalo durante su crecimiento (Captier, Cristol, Montoya, Prudhomme, & Godlewski, 2003).

La sutura esfenofrontal es particular porque es una unión condromembranosa, que une el frontal que tiene origen intramembranoso y las alas menores del esfenoides que son de origen endocondral. Para finalizar, cabe mencionar algunas de las patologías asociadas al proceso de

formación del cráneo: la craneosquisis o acrania, la cráneo sinostosis, cuando se cierra antes de tiempo alguna de las suturas, que genera deformaciones por ejemplo: si la primera sutura en cerrarse es sagital, el cráneo va a quedar dolicocefalo y si es la coronal, queda braquicefalo; también está la plagiocefalia, cuando se cierra la sutura coronal de un solo lado (Sadler, Cabeza y cuello, 2012), entre otras.

Conclusiones

Las estructuras óseas inician su aparición luego de que se han desarrollado vasos, nervios y órganos. Crecen estimulados por las señales que reciben de las células de los tejidos vecinos; por lo tanto si no hay un crecimiento adecuado de un órgano asociado tampoco lo habrá del hueso (Di Leva, et al., 2014).

Cada uno de los segmentos del cráneo crece de manera independiente, es decir, el crecimiento del cráneo es alométrico. Esto se debe a que cada parte recibe diferentes estímulos para su desarrollo; el esplancocráneo recibe los estímulos de los órganos del rostro, mientras que el neurocráneo recibe estímulos internos por parte del encéfalo y externos que provienen de los músculos del cuello y la masticación. En el neurocráneo, además, la base se desarrolla de forma más lenta que la bóveda debido a que su osificación es endocondral.

Durante la etapa fetal el neurocráneo crece de manera más acelerada, para responder al desarrollo del encéfalo, en tanto que el

esplacnocráneo crece a una tasa muy lenta. Luego del nacimiento el esplacnocráneo empieza a recibir estímulos de los órganos de la respiración y la deglución, de los movimientos masticatorios y del

crecimiento de los dientes, lo que contribuye a la aceleración de su crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a Edwin Buitrago, César Cortés por leer, comentar y corregir; al profesor Luis E. Caro por su acompañamiento y apoyo y a Oren Yogev por escuchar, dibujar y aprender de antropología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Captier, G., Cristol, R., Montoya, P., Prudhomme, M., & Godlewski, G. (2003). Prenatal Organization and Morphogenesis of the Sphenofrontal Suture in Humans. *Cells Tissues Organs*, 175(2), 98-104.

Chai, Y., & Robert, M. (2006). Recent Advances in Craniofacial Morphogenesis. *DEVELOPMENTAL DYNAMICS*, 235, 2353-2375.

Di Leva, A., Bruner, E., Haider, T., Rodella, L., Lee, J., Cusimano, M., & Tschabitscher, M. (2014). Skull base embryology: a multidisciplinary review. *Child's Nervous System*, 30, 991-1000.

Haas, A., Weiglein, A., Faschinger, C., & Müllner, K. (1993). Fetal development of the human orbit. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*(231), 217-220.

Love, J., Derrick, S., & Wieserma, J. (2011). Skull fractures. En J. Love, S. Derrick, & J. Wieserma, *Skeletal atlas of child abuse* (págs. 9-37). Springer.

Mandarim-De-Lacerda, C., & Alves, M. (1992). Growth of the cranial bones in human fetuses (2nd and 3rd semesters). *Surgical Radiologic Anatomy*, 14, 125-129.

Sadler, T. (2012). Cabeza y cuello. En T. Sadler, *Langman Embriología Médica* (págs. 260-286). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Sadler, T. (2012). Esqueleto Axial. En T. Sadler, *Langman Embriología médica* (págs. 133-144). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

Scheuer, L., Black, S., & Christie, A. (2000). The head, neck and dentition. En L. Scheuer, S. Black, & A. Christie, *Developmental Juvenile Osteology* (págs. 33-170). London: Academic Press.

Shapiro, R., & Robinson, F. (1976). EMBRYOGENESIS OF THE HUMAN OCCIPITAL BONE. *American Journal of Roentgenology*, 126, 1063-1068.

Szabo-Rogers, H., Smithers, L., Yakob, W., & Liu, K. (2010). New directions in craniofacial morphogenesis. *Developmental Biology*, 341, 84-94.
