

C A P Í T U L O

2

Crecimiento
y desarrollo
craneofacial posnatal

Hernán Palomino Montenegro

Crecimiento y desarrollo craneofacial posnatal

Desde el punto de vista evolutivo, existe una analogía entre la filogenia y la ontogenia. La última se refiere al desarrollo del hombre como ser individual, proceso que se inicia desde su nacimiento, donde posee condiciones inmaduras que irán cambiando a través de distintas etapas. Estos cambios son similares a los que ocurren en los procesos filogénicos, es decir, aquellos que transcurren durante el desarrollo evolutivo de las especies.

1. Crecimiento

Es un aumento de tamaño que puede deberse, principalmente, a una hiperplasia, es decir, a un incremento en el número de células o la cantidad de sustancia intercelular o matriz extracelular. En casos excepcionales se debe a una hipertrofia, que se refiere al aumento en el tamaño de las células y, por lo tanto, al de un órgano. Es por esto que el órgano hipertrofiado tiene células de mayor tamaño pero no nuevas, lo que ocurre, por ejemplo, en el caso del timo, órgano que involuciona producto de su propio crecimiento y desarrollo.

Entonces, el crecimiento implica un aumento en la masa corporal, gatillado por una proliferación celular que finalmente involucra cambios en la cantidad de materia viviente. Es un proceso cuantitativo, que origina el aumento en masa de órganos y sistemas.

Los factores que en términos generales influyen el crecimiento son la herencia y algunos factores ambientales, como la nutrición o enfermedades serias que ocurran durante este proceso.

Sin embargo, la evolución del organismo no sólo significa un aumento en su tamaño sino también un cambio en la morfología y en la especialización de sus células. Esta diferenciación se conoce como *desarrollo*. Aunque es un concepto distinto al de *crecimiento*, ambos procesos van siempre unidos.

2. Desarrollo

El desarrollo se refiere a cambios unidireccionales que acompañan a los procesos de crecimiento. Estos cambios son cualitativos y cuantitativos, es decir, en la medida que va aumentando la cantidad de células también van cambiando sus características. Además, son de carácter irreversible y ocurren desde una célula única.

Todo lo anterior involucra múltiples eventos y sucesos que ocurren en forma coordinada. Estos sucesos complejos están constituidos por migraciones celulares para la formación de tejidos más especializados: por ejemplo, la migración de células de la cresta neural para formar los procesos faciales; diferenciación celular, el mismo proceso de crecimiento, interacción de tejidos e interacciones entre la herencia y ambiente.

El proceso de crecimiento y desarrollo sigue un patrón general, que es esperable según las características de la especie y que está determinado en la información genética. Sin embargo, este patrón posee cierta *variabilidad*, que está dada por las condiciones ambientales donde está inserto el individuo.

El *patrón de crecimiento* está determinado por factores genéticos y es modificado por las características ambientales donde se desarrolla el proceso. Es por esto que los gemelos monocigóticos, que tienen la totalidad de sus genes en común, son habitualmente identificables el uno del otro, sobre todo si han estado insertos en ambientes distintos. Otro factor ambiental que retarda o altera el patrón de crecimiento corresponde a las enfermedades serias o invalidantes, que provocan una baja en los percentiles de crecimiento, pero que se recupera al superar la enfermedad, volviendo a retomar el patrón.

Según lo expuesto, podemos definir el patrón de crecimiento como una secuencia ordenada de eventos que se van sucediendo durante el crecimiento y la diferenciación del individuo, cuya expresión depende de la interacción entre la herencia y el medio ambiente.

Los factores que influyen en el desarrollo físico son los genes y el medio ambiente. Ambos existen separadamente, pero su interacción recíproca resulta indispensable.

Este patrón sigue un camino en que hay periodos de mayor o menor crecimiento, lo que se conoce como *ritmo de crecimiento*, donde existen diversas intensidades de crecimiento para las distintas etapas de la vida. Por ejemplo, en un recién nacido la cabeza ocupa un cuarto del cuerpo total. Esto se debe a que el desarrollo neurológico ocurre muy tempranamente, lo que induce el crecimiento de la cabeza. Posteriormente, el crecimiento de ésta continúa, pero ya a los 5 años está completo el 85% y a los 7-8 años de edad el 95%. Luego de esta edad el crecimiento de la cabeza disminuye su intensidad. Lo mismo ocurre en otros tejidos del organismo.

El ritmo de crecimiento se define como la velocidad con que se crece a determinada edad y la periodicidad con que se repite ese fenómeno. O sea, es la *intensidad cuantitativa del crecimiento óseo*.

A partir de los distintos ritmos de crecimiento del cuerpo humano, observados durante la vida de un individuo, es posible trazar una curva de crecimiento donde podemos reconocer cuatro periodos:

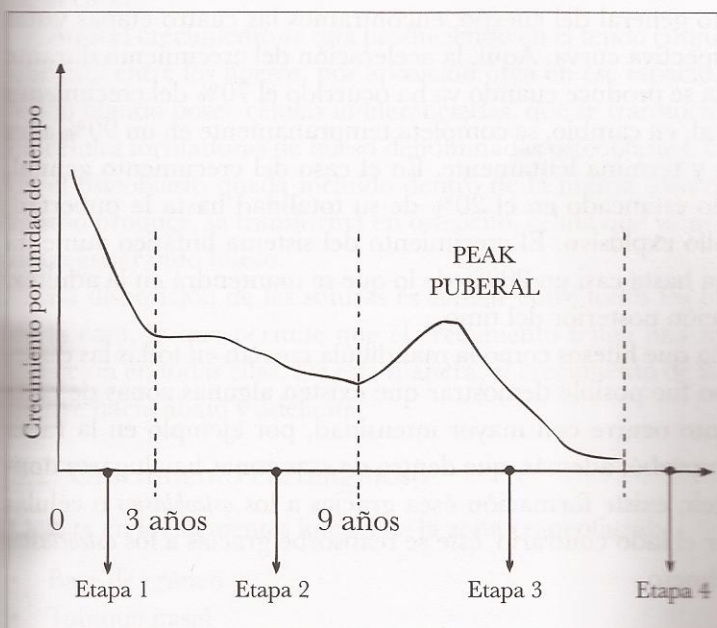


Figura 1.
Punto 0 corresponde al nacimiento. Antes, en el periodo prenatal, es cuando más se crece en toda la vida.

Periodo infantil

En esta etapa se produce una **desaceleración** del crecimiento, respecto a lo ocurrido antes del nacimiento. Este fenómeno dura hasta aproximadamente los 3 años. Durante el primer año el individuo crece 25 centímetros y durante el segundo año crece 12 ó 13 centímetros aproximadamente, o sea, la mitad de la velocidad de crecimiento comparada con el primer año. Es la época de la dentición temporal.

Periodo juvenil

También existe una desaceleración del crecimiento, pero menos marcada que en la etapa anterior. Ocurre desde los 3 hasta los 9 años, y la variación en la intensidad de crecimiento es mucho menos notoria que en la primera etapa. El crecimiento es de menor intensidad, aunque transcurre más tiempo (6 años). Existen diferencias entre los géneros y se observa un mayor desarrollo muscular en niños; sin embargo, la talla es similar. Coincide con la dentición temporal y mixta primera fase.

Periodo de adolescencia

Se produce un aumento de la velocidad de crecimiento y es posible reconocer un *peak de crecimiento puberal*, que dura aproximadamente dos años. Por una diferencia de géneros, esta aceleración se produce primero en las mujeres y luego en los hombres. Las diferencias entre géneros se hacen aún más significativas: se observa una mayor talla en las niñas, producto de la ocurrencia del *peak* puberal. Esto ocurre, al menos, dos años antes que en los hombres. Corresponde al periodo de dentición mixta segunda fase y permanente temprana.

Periodo de adulto joven

Se produce una desaceleración del crecimiento, que prácticamente culmina entre los 18 y los 20 años, sin olvidar que sigue habiendo cambios durante toda la vida, aunque menos notorios. Es la época de la dentición permanente.

Para cada tejido del cuerpo podemos reconocer una curva de crecimiento distinta. En el caso del crecimiento general del cuerpo, encontramos las cuatro etapas vistas anteriormente, con su respectiva curva. Aquí, la aceleración del crecimiento durante la etapa de la adolescencia se produce cuando ya ha ocurrido el 70% del crecimiento total. El crecimiento neural, en cambio, se completa tempranamente en un 90% a un 95%. Luego se estabiliza y termina lentamente. En el caso del crecimiento genital, permanece mucho tiempo estancado en el 20% de su totalidad hasta la pubertad, donde ocurre un desarrollo explosivo. El crecimiento del sistema linfático aumenta en forma temprana y llega hasta casi un 200% de lo que se mantendrá en la adultez. Esto sucede por la involución posterior del timo.

En un principio se creía que huesos como la mandíbula crecían en todas las direcciones, pero con el tiempo fue posible demostrar que existen algunas zonas de cada hueso donde el crecimiento ocurre con mayor intensidad, por ejemplo en la rama mandibular. Luego se comprobó, además, que dentro de esas zonas hay lugares donde se apone hueso, es decir, existe formación ósea gracias a los *osteoblastos* o células productoras de hueso. Por el lado contrario, éste se reabsorbe gracias a los *osteoclastos* o células destructoras de hueso.

En resumen, podemos decir que el crecimiento y desarrollo posnatal es una continuación directa de los procesos embrionarios y fetales, dentro de lo cual el nacimiento es un hito. Además, estos procesos presentan variaciones en el tiempo en cuanto a su ritmo de ocurrencia. El crecimiento como proceso de generación prosigue hasta los 20 años aproximadamente, tiempo en que cualquier cambio que afecte a una zona repercute en el resto del organismo. Finalmente, los cambios que ocurren durante el proceso de crecimiento y desarrollo son *no uniformes* y *no simultáneos*, ya que son diferentes en cada sector del cuerpo –incluso para cada lado y ocurren a distintos tiempos.

El desarrollo de los huesos del cuerpo u osificación ocurre de dos maneras: por *osificación directa* o *intramembranosa* y por *osificación indirecta*, *endocondral* o *cartilaginosa*. La primera es aquella donde el tejido mesenquimático indiferenciado se transforma directamente en tejido óseo. En la forma endocondral, en cambio, el tejido mesenquimático pasa primero a conformar un tejido cartilaginoso, que da sostén a la formación de otras estructuras. Posteriormente el cartílago es reemplazado por hueso.

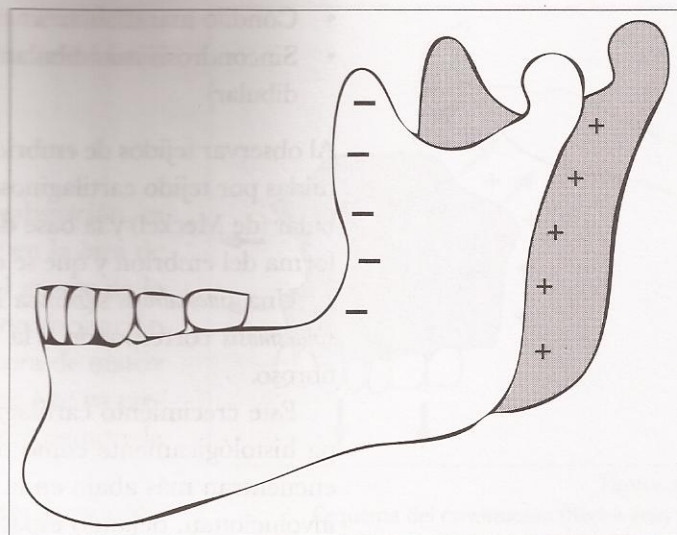


Figura 2.
Remodelación ósea. (+)
Aposición, (-) Reabsorción.

3. Formas de crecimiento

Todos los huesos del organismo crecen a través de tres formas de crecimiento posnatal: crecimiento sutural, crecimiento cartilaginoso y crecimiento periostal-endostal.

3.1. Crecimiento sutural

Este tipo de crecimiento se observa entre los huesos de la bóveda craneana y los huesos de la cara.

Aquí el crecimiento se está produciendo en el tejido conjuntivo que está entre los huesos, por aposición ósea en ese espacio. Este tejido blando posee células indiferenciadas, que se transformarán en células formadoras de hueso denominadas osteoblastos. Cuando el osteoblasto queda incluido dentro de la matriz ósea que él mismo produce, se transforma en osteocito, célula que ya no continúa generando hueso.

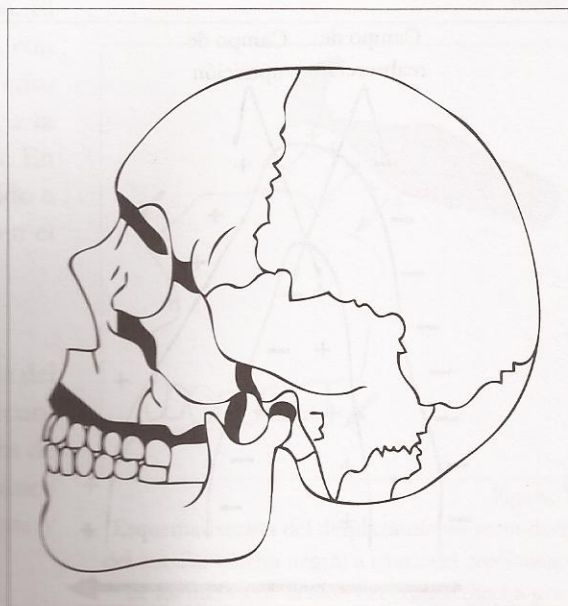
La disposición de las suturas es similar entre todos los huesos de la cara, lo que permite que el crecimiento tenga una misma dirección en todas ellas. De esta manera, el crecimiento de la cara ocurre hacia abajo y adelante.

3.2. Crecimiento cartilaginoso

Ocurre en los siguientes huesos de la zona craneofacial:

- Base de cráneo
- Tabique nasal

Figura 3.
Sistema de suturas del cráneo y la cara.



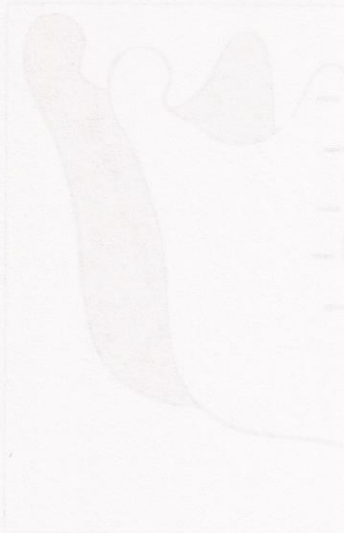
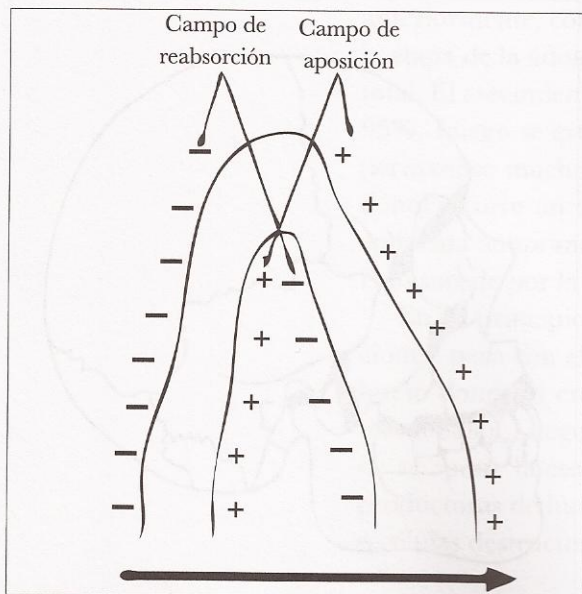


Figura 4.
Esquema de campos de aposición (+) y campos de reabsorción óseos (-). Éstos permiten la remodelación ósea en el sentido de la flecha.



- Cóndilo mandibular
- Sincondrosis mandibular o media (ubicada en la sutura intermedial o sínfisis mandibular)

Al observar tejidos de embrión es posible distinguir que ciertas estructuras están constituidas por tejido cartilaginoso, como los huesos largos, las costillas, el cartílago mandibular (de Meckel) y la base de cráneo. Se trata de regiones de sostén, que mantienen la forma del embrión y que se osifican posteriormente.

Una *sincondrosis* significa la unión de dos huesos a través de cartílago, y la *sutura* o *sindesmosis* corresponde a la unión de dos huesos constituida por tejido conjuntivo o fibroso.

Este crecimiento cartilaginoso ocurre de la siguiente manera: el cartílago se agrupa histológicamente como pilas de monedas, donde las células cartilaginosas, que se encuentran más abajo en la pila, se multiplican a través de mitosis; las de más arriba involucionan, dejando espacios donde se forma tejido óseo, es decir, se va osificando de manera similar a lo que ocurre en las suturas. La ventaja del crecimiento cartilaginoso es que, además de permitir un crecimiento desde la superficie externa del tejido, promueve también un crecimiento interno, debido a que las células cartilaginosas que quedan abajo tienen el potencial de dividirse y, por lo tanto, otorgan la posibilidad de un crecimiento remanente.

Las uniones entre todos los huesos que existen a nivel de la base de cráneo corresponden a sincondrosis, que permanecen abiertas hasta una edad bastante avanzada. Por ejemplo, todas las uniones que están por delante de la silla turca se cierran aproximadamente a los 7 años, pero la que está detrás de esta zona, y que corresponde a la sincondrosis esfeno-occipital, permanece abierta y en crecimiento hasta alrededor de los 18 años, para completar el crecimiento craneal anteroposterior.

3.3. Crecimiento periostal-endostal

Es la formación de hueso a partir del *periostio* y del *endostio*. El periostio corresponde a la capa de tejido conjuntivo que cubre externamente todas las superficies óseas. El endostio es el tejido conjuntivo que cubre los espacios medulares por dentro. Ambos tejidos poseen el potencial de formar células osteoprogenitoras que secretan matriz ósea. En estos tejidos existen también células gigantes multinucleadas, que actúan como macrófagos, derivadas de los monocitos de la sangre. Estas células destructoras de hueso, denominadas osteoclastos, son las que equilibran el proceso de la formación ósea, a cargo de los osteoblastos. Por lo tanto, en una cortical ósea existen zonas donde hay aposición de hueso, y zonas contrarias donde hay reabsorción del mismo. Esto permite que el hueso vaya creciendo, pero sin aumentar su grosor.

4. Mecanismos de crecimiento

Las tres formas de crecimiento se interrelacionan simultáneamente en todo el proceso de crecimiento. Sin embargo, no basta

con estas formas, ya que sería un proceso extremadamente lento. Para hacerlo más eficiente existen dos *mecanismos de crecimiento: remodelación y desplazamiento.*

4.1. Remodelación

En una superficie existirá aposición de hueso y en otra reabsorción, es decir, en una superficie habrá presencia de osteoblastos y en la otra de osteoclastos. Esto permite el crecimiento sin aumento del grosor de la cortical, pero con tejido óseo que está constantemente en neoformación y desplazamiento. Por lo tanto, una misma célula productora de matriz ósea se ubicará en distintas zonas del hueso, a medida que éste va creciendo, debido al desplazamiento que sufre, pero mantendrá siempre la misma función.

La remodelación ocurre en las zonas denominadas *campos de crecimiento*, que pueden ser de aposición y de reabsorción.

En el caso del crecimiento de la cara, toda su parte anterior es una zona de reabsorción ósea, donde está ocurriendo la remodelación necesaria. Sin embargo, su crecimiento en dirección adelante-abajo está dado por el segundo mecanismo: el desplazamiento.

4.2. Desplazamiento

Se define como el movimiento espacial de un hueso; es decir, el hueso cambia desde una posición a otra. Esto permite acelerar el proceso, puesto que el cambio de posición por remodelación era lento y poco eficiente. Este desplazamiento puede ser de dos tipos: primario y secundario.

4.2.1. Desplazamiento primario

Ocurre por crecimiento en el mismo hueso que se está desplazando. El movimiento de la cortical será en sentido opuesto al del crecimiento, con el fin de dar espacio para que ocurra el proceso de aposición. En el caso de la zona nasomaxilofacial, toda su parte posterior corresponde a la zona de aposición ósea y la parte anterior a la zona de reabsorción. En la medida en que el hueso va creciendo hacia atrás y arriba, y debido a la presencia de la base del cráneo, la región sufre un movimiento en el espacio hacia delante y abajo.

4.2.2. Desplazamiento secundario

Ocurre por crecimiento y remodelación de huesos vecinos o alejados del que se desplaza. Por ejemplo, la cabeza sufre un desplazamiento secundario hacia arriba, provocado por el crecimiento de los huesos largos de las piernas. De la misma manera, el crecimiento de la base del cráneo moviliza secundariamente a todos los huesos de la cara hacia delante y abajo.

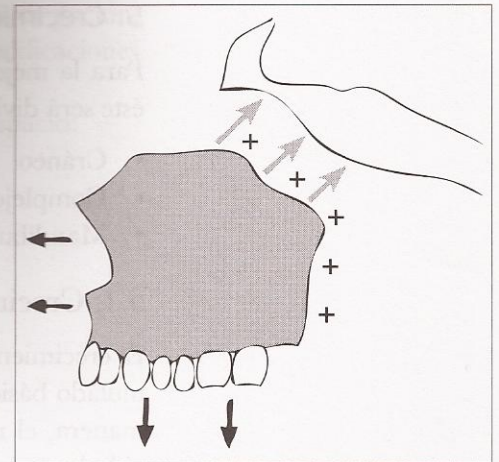


Figura 5.

Esquema del crecimiento (flecha gris) y desplazamiento primario del hueso maxilar (flecha negra).

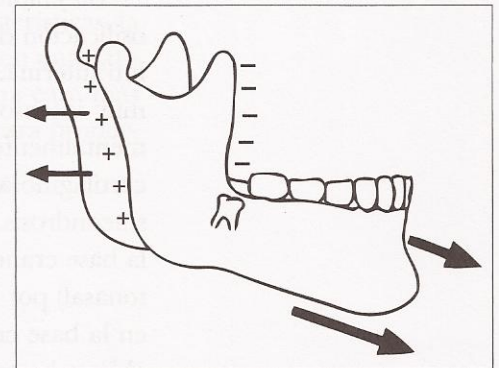


Figura 6.

Esquema del crecimiento (flecha gris) y desplazamiento primario de la mandíbula (flecha negra).

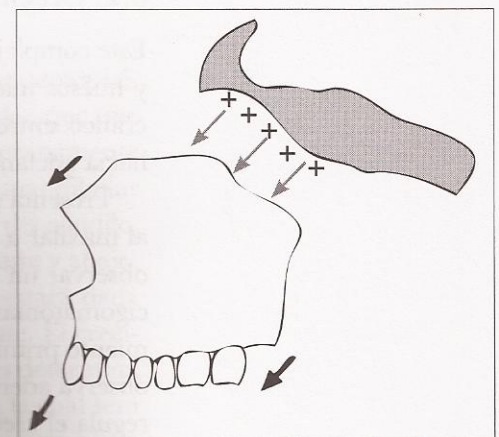


Figura 7.

Esquematación del desplazamiento secundario del maxilar (flecha negra) a causa del crecimiento de los huesos de la base del cráneo (flecha gris).

5. Crecimiento del complejo craneofacial

Para la mejor comprensión e integración del crecimiento del complejo craneofacial, éste será dividido en tres zonas:

- Cráneo
- Complejo nasomaxilar
- Mandíbula

5.1. Crecimiento del cráneo

El crecimiento de la bóveda del cráneo es fundamentalmente de tipo sutural. Es estimulado básicamente por la expansión producida por el crecimiento cerebral. De esta manera, el ritmo de crecimiento del cráneo es muy rápido en los primeros años de vida hasta los 7-8 años. Ya a los 2 años el cráneo ha alcanzado tres cuartas partes de su tamaño y a los 5 años el 90% de su desarrollo total. Por otro lado, presenta también un crecimiento de tipo periostal-endostal, que permite la remodelación de las láminas óseas que recubren el cerebro, en la medida en que éste crece.

En cuanto al crecimiento de la base del cráneo, se observa principalmente en la osificación de tipo endocondral, que comienza tempranamente a los 7 meses de vida intrauterina. Este crecimiento también es estimulado por el crecimiento cerebral y es muy intenso hasta los 7 años. Durante este periodo la base del cráneo crece fundamentalmente en sentido anteroposterior. El proceso se desarrolla a nivel de las uniones cartilaginosas que existen entre los huesos esfenoides, occipital y temporal, llamadas sincondrosis. Posterior a los 7-8 años disminuye o cesa el crecimiento cartilaginoso de la base craneal anterior (huesos que se encuentran entre la silla turca y la sutura frontonasal) por la osificación de sus sincondrosis, pero persiste un vestigio de crecimiento en la base craneal posterior, dado por la sincondrosis esfenoccipital, que permanece abierta hasta los 18 años.

Existe también un crecimiento de tipo periostal-endostal, que permite la remodelación del complejo.

5.2. Crecimiento del complejo nasomaxilar

Este complejo está constituido por maxilar superior, etmoides, vómer, huesos palatinos y huesos malares. Posee un sistema de suturas paralelas, relacionadas con la base de cráneo entre ellas, que permiten un crecimiento resultante en forma perpendicular hacia adelante y abajo (Fig. 3).

Presenta un crecimiento de tipo cartilaginoso en el tabique o *septum* nasal, que obliga al maxilar a desplazarse secundariamente hacia adelante y abajo. También es posible observar un crecimiento sutural en las suturas paralelas o retrofaciales (frontomaxilar, cigomatomaxilar, cigomatotemporal y pterigopalatina), que producen un desplazamiento primario hacia adelante y abajo. Debido al crecimiento de la base del cráneo se observa además un desplazamiento secundario. Por otro lado, la sutura palatina media regula el crecimiento transversal del maxilar. En tercer lugar presenta un crecimiento de tipo periostal-endostal, que permite un desplazamiento primario.

El crecimiento del complejo nasomaxilar está influenciado de manera importante por el crecimiento visceral, que corresponde a un tipo de crecimiento originado en

respuesta a funciones como la respiración, fonarticulación, masticación y deglución, así como también por los tejidos blandos circundantes, que producen modificaciones en los tejidos óseos.

Podemos reconocer un crecimiento del complejo en los 3 sentidos del espacio:

Crecimiento en altura o vertical

- Desplazamiento por suturas
- Crecimiento de la apófisis alveolar y erupción dentaria
- Crecimiento del tabique nasal
- Crecimiento periostal-endostal, especialmente en la bóveda palatina.

Entonces, la altura anterior de la cara estará determinada por:

- Estructuras óseas nasomaxilares
- Hueso alveolar
- Tabique nasal
- Fosa craneal anterior

Este tipo de crecimiento vertical anterior va a determinar, entre otras características, la configuración de los distintos biotipos faciales. Es así como los individuos con una cara más alargada corresponderán a un biotipo dolicofacial; individuos con una cara más corta corresponderán al biotipo braquifacial, y aquellos con el largo de la cara proporcional al ancho corresponderán a un biotipo mesofacial.

Crecimiento transversal

- Desplazamiento por aposición ósea a nivel de la sutura media palatina
- Crecimiento por aposición ósea en cara externa del maxilar

Crecimiento sagital

- Aposición ósea en zonas de la tuberosidad, produciendo desplazamiento primario del maxilar hacia delante
- Crecimiento sutural posterior en los huesos palatinos

5.3. Crecimiento de la mandíbula

La mandíbula posee un crecimiento de tipo cartilaginoso que depende fundamentalmente del cóndilo. También puede observarse a nivel de la sínfisis mandibular, que une los dos segmentos de la mandíbula en la zona media, pero que se cierra tempranamente al año de vida. Además, se observa en toda la superficie del cuerpo y rama mandibular un crecimiento de tipo periostal-endostal. El resultado final del crecimiento del cóndilo, de la rama y del cuerpo de la mandíbula es un desplazamiento hacia adelante y abajo.

Finalmente, debemos considerar que la configuración final de la cara estará dada por la integración del crecimiento de todas las zonas descritas anteriormente. El crecimiento de la base del cráneo va a influenciar el crecimiento del maxilar, pues determina una rotación en éste. El proceso establece la rotación final en la mandíbula, la cual será de tipo anterior si rota hacia adelante y arriba, o posterior si la mandíbula rota hacia atrás y abajo. Las variabilidades normales del crecimiento y rotación de cada una de estas zonas determinarán los distintos biotipos faciales, que fueron nombrados y cuyas características serán analizadas más adelante.