

Crecimiento y Desarrollo Craneofacial: Mini-review de la Teoría de Servosistema

Christian Fernando Yáñez-Zurita¹, Jéssica Bacuilima-Chimbo¹.

1. Especialización en Ortodoncia, Universidad Católica de Cuenca.

CORRESPONDENCIA:

Christian Fernando Yáñez-Zurita
Correo electrónico: chrisyanez1993@gmail.com
Dirección: Av. Isidro Ayora y Av. Agustín Freire,
Guayaquil-Ecuador.
Código Postal: 090505
Teléfono: (593) 990172593

Fecha de recepción: 26-02-2021.

Fecha de recepción: 05-10-2021.

Fecha de recepción: 30-11-2021.

MEMBRETE BIBLIOGRÁFICO:

Yáñez-Zurita C, Bacuilima-Chimbo J. Crecimiento y Desarrollo Craneofacial: Mini-review de la Teoría de Servosistema. Rev Med HJCA. 2021; 13 (3): 187-192. DOI: <http://dx.doi.org/10.14410/2021.13.3.rb.30>

ARTÍCULO ACCESO ABIERTO



©2021 Yáñez-Zurita et al. Licencia Rev Med HJCA. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de "Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License" (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), la cual permite copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato; mezclar, transformar y crear a partir del material, dando el crédito adecuado al propietario del trabajo original.

El dominio público de transferencia de propiedad (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) aplica a los datos recolectados y disponibles en este artículo, a no ser que exista otra disposición del autor.

* Cada término de los Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) reportados en este artículo ha sido verificado por el editor en la Biblioteca Virtual de Salud (BVS) de la edición actualizada a marzo de 2016, el cual incluye los términos MESH, MEDLINE y LILACS (<http://decs.bvs.br/E/homepagee.htm>).



RESUMEN

El crecimiento craneofacial es un proceso que comienza en la vida intrauterina hasta que el individuo alcanza su madurez. A pesar de que se ha buscado establecer un consenso respecto a las teorías que explican como ocurre este proceso, no se ha logrado establecer una hipótesis aceptada y validada por toda la comunidad científica.

Es importante lograr comprender los mecanismos por los cuales la cabeza y el cráneo llegan a su formación completa, ya que podría determinar el origen de malformaciones faciales o anomalías dentarias, como las maloclusiones.

Entre las teorías postuladas, destaca la del Servosistema, de Alexandre Petrovic, la cual se mantiene en consideración hasta la actualidad. A diferencia de otros postulados, la también llamada Teoría Cibernética de Crecimiento, establece el rol que cumplen los factores hormonales y mecánicos sobre la actividad genética. El objetivo del presente trabajo es revisar los fundamentos y conceptos de la Teoría del Servosistema y cómo explica el proceso de crecimiento craneofacial.

PALABRAS CLAVE: CRECIMIENTO & DESARROLLO, CRÁNEO, HUESOS FACIALES, GENÉTICA, OCLUSIÓN DENTAL.

ABSTRACT

Craniofacial Growth and Development: Mini Review of the Servosystem Theory

Craniofacial growth is a process that begins in utero and lasts until the individual reaches maturity. Despite the fact that a consensus has been sought regarding the theories that explain how this process occurs, it hasn't been possible to establish a validated and accepted hypothesis by the entire scientific community.

It is important to understand the mechanisms by which the head and skull reach complete development, since this could determine the cause of facial malformations and dental anomalies, such as malocclusions.

Among the postulated theories, Alexandre Petrovic's Servosystem Theory stands out, and remains under considerations now a days. Unlike other postulates, the so-called cybernetic theory of growth establishes the role played by hormonal and mechanical factors over genetic activity. The aim of this review is to assess the concepts and fundamentals of the Servosystem Theory and how it explains craniofacial growth

KEYWORDS: GROWHT AND DEVELOPMENT, SKULL, FACIAL BONES, GENETICS, DENTAL OCCLUSION.

INTRODUCCIÓN

La cara de una persona es un conjunto de características únicas que aporta la mayor cantidad de información para el reconocimiento del individuo, por medio de la singularidad facial [1]. El crecimiento craneofacial es un proceso muy complejo debido a la cantidad de elementos anatómicos heterogéneos que presenta la región [2]. Por lo tanto, se convierte en el campo de acción de una amplia gama de especialidades de la salud, entre las cuales se encuentra la Odontología, incluyendo la rama de Ortodoncia [3].

Es necesario comprender el proceso de crecimiento y desarrollo de la cabeza, ya que podría ayudar a determinar el origen de malformaciones faciales o anomalías dentarias como las maloclusiones. Esto permitiría establecer diagnósticos acertados y guiar tratamientos más efectivos en los pacientes que presentan características consideradas fuera de la normalidad [4].

A pesar de que existen innumerables estudios que buscan comprobar las diferentes teorías que se han planteado para explicar el crecimiento craneofacial, en ningún caso se ha logrado establecer todos los aspectos de este acontecimiento. Actualmente no se ha logrado un consenso en la comunidad científica acerca de los factores que finalmente están involucrados y de qué manera lo hacen [5].

Las teorías de crecimiento craneofacial han sido desarrolladas por autores como Scott, Sicher, Moss y Petrovic. Este último postuló la denominada "Teoría del Servosistema", en la cual indica, por medio de lenguaje cibernético, que el factor genético condicionado por estímulos externos dirige todo el proceso, convirtiéndose en una de las hipótesis que aún se consideran válidas [6]. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es revisar los fundamentos y conceptos de la Teoría del Servosistema y cómo explica el proceso de crecimiento craneofacial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda electrónica abierta en las bases de datos científicas Pubmed, Science Direct, Scielo, Elsevier; de artículos en idioma inglés y español; en relación con el crecimiento y desarrollo craneofacial y las teorías que explican el proceso.

La búsqueda inicial incluyó artículos que se seleccionaron por el título y resumen. Luego de revisar cada uno se excluyeron aquellos que no cumplían con el objetivo de la presente revisión. En total se incluyeron 31 artículos en la presente revisión bibliográfica. También se incluyó cierta información encontrada en libros de texto por su relevancia en relación con el tema investigado.

DESARROLLO

TERMINOLOGÍA BÁSICA

El estudio del crecimiento y desarrollo es de vital importancia para el diagnóstico y tratamiento en Ortodoncia; estos procesos se inician en el momento de la fecundación y ocurren a lo largo de la vida hasta la madurez del ser humano [6]. Cada proceso cumple una función distinta, pero están estrictamente relacionados para lograr un equilibrio funcional en el sistema estomatognático [7]. Durante las mencionadas fases biológicas existen varias modificaciones de forma y tamaño del macizo esquelético, que son determinadas genéticamente; estas modificaciones establecen la función de cada uno de los tejidos y sistemas; cualquier alteración debe determinarse para un diagnóstico y tratamiento acertado en casos de maloclusión [8].

Crecimiento: Es el incremento de las dimensiones (forma y peso) que sufre el cuerpo humano, como resultado de la mitosis, manifestándose como hiperplasia e hipertrofia de los tejidos [9]. Este proceso inicia en la concepción y culmina cuando el ser humano haya alcanzado el pico de crecimiento en la etapa de la adultez [6]. Se lo ha asociado con el incremento cuantitativo de la estatura o volumen del individuo, fenómeno que no siempre se encuentra relacionado, debido a que el crecimiento corporal se encuentra acompañado por cambios en la forma y en la composición. En el ser humano el crecimiento del tamaño encefálico culmina a los siete años, mientras que el crecimiento del tronco y extremidades finalizan posteriormente [10].

Desarrollo: Es un proceso constante que se produce hasta obtener una estabilidad en la estructura y en la función de un organismo, específicamente se refiere al aumento de células en cada tejido para lograr una organización e interacción entre sí. El objetivo principal de este proceso es la diferenciación celular, lo que a futuro conlleva a su maduración para poder cumplir su respectiva función [11].

El crecimiento y desarrollo son la suma de interacciones entre una estructura y otra, entre un tejido y otro. Ambos términos son usados para describir los cambios que se producen en la forma y función de cada estructura del cuerpo hasta su madurez, considerando que en este punto no cesa el crecimiento [10].

Cuando se hace referencia al crecimiento y desarrollo craneofacial, se debe considerar el periodo embrionario y el periodo post natal de cada uno de los huesos que provienen de la cresta neural y tejido mesodérmico paraxial, dando lugar al neurocráneo, cara y aparato masticatorio [12].

Aposición y reabsorción: El crecimiento de los huesos resulta de la agregación de tejido óseo en uno de los lados del periostio, mientras del otro lado se elimina. El área en donde existe el depósito corresponde a la aposición, mientras que la superficie opuesta sufre reabsorción o eliminación de tejido óseo [13].

Sitios de crecimiento: No todos los huesos presentan el mismo ritmo de crecimiento. Se puede evidenciar que existen sitios que crecen con más rapidez que otros, estos son denominados sitios de crecimiento. La cantidad de depósito de hueso es mayor a la reabsorción, por lo tanto, el hueso aumenta de tamaño de forma gradual, de esta manera la lámina cortical también se engrosa, inmediatamente con la remodelación [14].

Remodelación: Es un proceso importante durante la etapa del crecimiento que implica la resorción ósea a cargo de los osteoclastos y la aposición de nuevo tejido sintetizado por los osteoblastos, guiado por factores mecánicos y bioquímicos [15]. Las áreas de reabsorción y la aposición se encuentran adaptadas en las unidades multicelulares básicas (BMUs) [16]. Las células osteoblásticas que darán lugar al nuevo hueso deberán ser capaces de secretar factores que activen la remodelación [15]. La resorción ósea es estimulada por el factor humoral calcitriol que ejerce acción sobre los osteoclastos y sus precursores, y de la glucoproteína IL-6, también mediante procesos hormonales [17].

Maduración: Son los cambios y diferenciación celular que contribuyen para que un organismo pueda cumplir una función específica, los cuales ocurren a medida que la edad avanza y los órganos o estructuras alcanzan el mayor grado de perfeccionamiento. La rapidez o lentitud de la maduración de un individuo es independiente, cada persona posee un reloj biológico que controla su madurez [9].

Osificación: Corresponde a la formación de tejido óseo, pudiendo ser endocondral o cartilaginosa, intramembranosa o perióstica, de-

pendiendo la matriz osteogénica. La osificación endocondral es el suceso en el que un modelo cartilaginoso del embrión favorece al crecimiento longitudinal y finalmente es reemplazado por hueso [18]. Las investigaciones han demostrado que para la osteogénesis es elemental la vascularización cercana a las áreas en donde se formará hueso, es imprescindible también que las células reciban oxígeno, minerales, iones, hormonas y factores de crecimiento para un correcto funcionamiento de la estructura a formarse [19].

TEORÍAS DE CRECIMIENTO CRANEOFACIAL

Existen algunas hipótesis que intentan explicar el crecimiento y desarrollo craneofacial. Sin embargo, no se ha determinado como pueden ser controlados los factores que intervienen durante el crecimiento óseo para evitar desviaciones de la normalidad. A pesar de no contar con una teoría en particular que haya sido validada, los diferentes conceptos han ayudado a comprender mejor los sitios de crecimiento para poder prevenir alteraciones [3].

Las teorías de crecimiento han sido estudiadas por varios autores e investigadores como son: James Scott, Harry Sicher, Melvin Moss, Van Limborgh, Sarnat, Alexandre Petrovic, entre otros [6].

TEORÍA DE SCOTT

En 1953, Scott, exaltó la importancia prenatal de las porciones cartilaginosas, en especial el cartílago de la nariz, indicando que es un sitio de crecimiento. Al tener una posición central y en relación con las sincondrosis en la base del cráneo, sugirió que marca el ritmo de crecimiento del maxilar superior y el complejo facial, al crecer hacia adelante y hacia abajo [20].

TEORÍA DE WEINMANN Y SICHER

Esta teoría fue estudiada mediante sustancias colorantes en 1955. Weinmann y Sicher indicaron que las suturas que se encuentran en el complejo nasomaxilar y la bóveda craneal, al igual que los elementos formadores de hueso como son el cartílago y periostio, son sitios de crecimiento y al poseer tejido conectivo, ejercen fuerzas produciendo una separación de los huesos, dejando un espacio para la aposición ósea [14].

TEORÍA DE MOSS

En 1962 el criterio de Melvin Moss descartó la idea de que el cartílago y las suturas sean sitios de crecimiento, indicando que, por ejemplo, el cartílago nasal era solo un soporte para la nariz. Su teoría propone que los tejidos esqueléticos crecen como respuesta al crecimiento y funciones de los tejidos blandos cercanos [6].

TEORÍA DE VAN LIMBORGH

Manifestó que existen varios factores que modifican el crecimiento y desarrollo craneofacial posnatal [6]; estos factores son: genéticos intrínsecos, que determinan el potencial celular; factores epigenéticos, que producen regulación genética, pero sin implicar cambios directos en el ADN; factores epigenéticos locales, que provienen de estructuras adyacentes al hueso; factores epigenéticos generales, producidos a distancia, como las hormonas; factores ambientales locales, como la fuerza muscular; y factores ambientales generales como la alimentación [9].

TEORÍA DE SARNAT

Indica que el crecimiento del hueso se da en tres tiempos: el primero en la niñez, en donde existe mayor cantidad de aposición que reabsorción; el segundo momento es en la edad adulta, cuando existe un equilibrio tanto de aposición como de reabsorción, la masa corporal es estable; y el tercer tiempo en los adultos mayores existiendo mayor reabsorción y menor aposición, disminuyendo la masa corporal [21].

TEORÍA DE PETROVIC

En 1964, por medio de varias investigaciones, Petrovic estableció el rol que cumplen los factores externos sobre la actividad celular. El crecimiento se encuentra determinado por una serie de señales extrínsecas y mecanismos de retroalimentación. Durante el crecimiento facial, la expresión de factores de crecimiento y moléculas de señalización, así como factores mecánicos, influyen el crecimiento y la adaptabilidad de las células y tejidos que conforman el complejo craneofacial [22].

Cabe recalcar que Alexandre Petrovic estaba interesado en los efectos hormonales sobre el crecimiento y las propiedades adaptativas del tejido conectivo y no específicamente en el crecimiento craneofacial; sin embargo por su interés en un tipo específico de tejido conectivo—el cartílago secundario, como el presente en el cóndilo mandibular—el autor realizó estudios a profundidad en el complejo craneofacial, utilizando aparatos funcionales, para finalmente poder confirmar su teoría de crecimiento y desarrollo [4].

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA TEORÍA DEL SERVO SISTEMA

En la década de 1960, Alexandre Petrovic se dispuso a explicar cómo se produce el crecimiento del complejo craneofacial, especialmente en la mandíbula [4]. La regulación del proceso de desarrollo de la región de la cabeza se lleva a cabo por medio de mecanismos altamente complejos [23]. Por lo tanto, la Teoría del Servosistema fue concebida como una representación gráfica de una llave cibernética, que permita interrelacionar los factores que interactúan [23,24].

Petrovic expresa en su Teoría del Servosistema que el crecimiento y desarrollo de la región craneofacial están orquestados por el factor genético [25] pero su expresión depende de factores externos [6,13]. En una explicación más específica, los procesos de aposición y reabsorción ósea se producen de manera automática pero siempre están sujetos a un estímulo externo, como el componente hormonal [3,6].

Por otro lado, también existe un componente mecánico, inducido por los músculos circundantes, como el pterigoideo externo, cuya contracción juega un papel importante en la estimulación del cartílago condilar mandibular [22]. Sin embargo, con un proceso tan complejo es evidente que la intervención de otras estructuras anatómicas es fundamental [3].

Para comprender mejor la Teoría del Servosistema se puede seguir un diagrama, en el cual la vía de entrada es el factor genético con inflación del factor hormonal, que estimulan el crecimiento del maxilar superior; la posición dentaria se modifica por esta acción, que promueve la actividad de los propioceptores en el periodonto y las articulaciones temporomandibulares; la señal es enviada al sistema nervioso central que otorga como respuesta la inducción de los músculos mandibulares en protrusión. Este proceso permite el desarrollo del cóndilo mandibular y la posición del maxilar inferior sigue a la de su antagonista superior, acomodando la oclusión [3].

POSTULADOS DE LA TEORÍA DEL SERVO SISTEMA

El primer postulado que propone la Teoría del Servosistema es que las sincondrosis son centros de crecimiento del complejo craneofacial, por lo cual desempeñan un papel fundamental en este proceso [26]. Como consecuencia de la acción del cartílago de crecimiento situado en la región media facial, el macizo óseo se desarrolla en dirección vertical, creciendo hacia adelante y hacia abajo [2,6].

El segundo postulado de la Teoría del Servosistema involucra a los propioceptores situados en el cóndilo mandibular y el ligamento periodontal, los cuales han sido relacionados con el crecimiento de la región craneofacial [27]. La propiocepción es el sentido de posición y movimiento de los músculos o la capacidad de un organismo

para interpretar estos a través de información generada en el mismo cuerpo, procesada en el sistema nervioso, provocando una respuesta musculoesquelética [28]. En el caso de la mandíbula, las estructuras activadas son los músculos pterigoideo externo y masetero, que son los responsables del avance mandibular; el estiramiento consecuente de la almohadilla retrodiscal aumenta la vascularidad en la región articular y estimula el avance del hueso, influyendo en la alteración postural del maxilar inferior con respecto al maxilar superior [6,22].

El tercer postulado de la hipótesis de Petrovic implica que, si bien existe influencia de otros factores ajenos al genético, es este el que se encarga de dirigir todo el proceso [5,6]. Genes como *Msx1*, *Msx2*, *sonic hedgehog*, entre otros expresan su función por medio de la regulación de moléculas como los factores de crecimiento de fibroblasto (FGF) y proteínas morfogenéticas de hueso (BMPs), que a su vez se encargan de regular el crecimiento craneofacial [13].

CRECIMIENTO DE LOS MAXILARES SEGÚN LA TEORÍA DEL SERVOSISTEMA

A través de la Teoría del Servosistema se explica el crecimiento del maxilar superior, que está guiado por hormonas como la *STH*-somatomedina, testosterona y estrógenos, que precipitan una respuesta de los preodontoblastos, estimulando la multiplicación celular; por otro lado, las zonas de las suturas se desarrollan como respuesta a estímulos mecánicos [6].

Los elementos anatómicos como la sincondrosis esfenoccipital, el tabique nasal, los huesos etmoides y esfenoides se relacionan directamente con el crecimiento del maxilar, ya que se crea un efecto de compensación, dando lugar a la aposición ósea en zonas como la sutura interpremaxilar, tuberosidad del maxilar y sutura maxilopalatina. Como resultado, el hueso crece en sentido transversal, anterior y vertical [5].

El crecimiento del maxilar inferior ocurre como respuesta de las señales de los propioceptores condilares y del ligamento periodontal. El cartílago condilar se define como secundario, lo que implica que tiene características especiales, respondiendo a estímulos biomecánicos, hormonales y de factores de crecimiento por medio de proliferación, diferenciación y calcificación [29].

Se ha demostrado que el componente miológico, como el músculo pterigoideo externo, ejerce una importante influencia en el desarrollo del hueso mandibular [22]. Sin embargo, estudios han comprobado que la resección de este no detiene en su totalidad el crecimiento óseo, lo que lleva a pensar que existen otros factores complementarios, además del cartílago condilar. Se sugiere que uno de ellos depende de las aberturas del ángulo de Stutzman [6].

Pero los mencionados patrones de crecimiento no logran explicar la heterogeneidad del crecimiento mandibular en el ser humano, ya que, hipotéticamente, si todos siguieran una misma norma, la mandíbula tendría la misma posición y tamaño respecto del maxilar superior, lo cual evidentemente no sucede. Por lo tanto, surge la necesidad de responder a esta interrogante [23].

Petrovic otorgó una explicación basada en el potencial de crecimiento mandibular, que, a su vez, se deriva de investigaciones enfocadas en el índice de recambio óseo del hueso alveolar y en el grado de osificación subperióstica. Es así como surgen seis categorías auxológicas, las cuales representan el grado de división celular en el cartílago condilar [23]. En las primeras tres categorías, el potencial de crecimiento mandibular es menor en relación con el maxilar superior; por lo tanto, en esta se enmarcarían las clases esqueléticas I y II. En la categoría 4 el potencial es muy similar en ambos huesos; mientras que en la 5 y 6 la mandíbula podría tener un crecimiento mayor que en su antagonista superior; esto derivaría en la clase III esquelética [23,30].

DISCREPANCIAS CON LA TEORÍA DEL SERVOSISTEMA

Una de las hipótesis más difundidas en la comunidad científica acerca del crecimiento y desarrollo craneofacial fue la teoría de Moss o teoría de la matriz funcional. Esta teoría difiere de la Teoría del Servosistema en varios aspectos, pero quizás el más relevante es que considera que el factor genético es relevante en las primeras etapas de la vida, pero que luego quien toma el control son los tejidos blandos cercanos a los centros de crecimiento óseo [6].

Otras teorías sugieren que el crecimiento del cartílago condilar, que según el Servosistema es estimulado por acción muscular, simplemente crece como mecanismo de adaptación a las demás estructuras faciales. Incluso se ha insinuado que este tipo de procesos no se llevan a cabo únicamente en la mandíbula, sino en otros elementos del viscerocráneo [3].

Algunos autores han considerado la relación de otros sistemas del organismo como posible influencia del crecimiento craneofacial, por ejemplo, del sistema respiratorio, lo cual no es considerado en la Teoría del Servosistema. Se ha planteado que el patrón respiratorio causa un efecto directo en el desarrollo multidimensional de la cabeza [31].

APARATOS FUNCIONALES MODIFICADORES DEL CRECIMIENTO

Antes del siglo XX, la idea de modificar el crecimiento en un paciente estaba prácticamente descartada, ya que en la época, se había definido que el factor genético era un regulador primordial e inalterable del proceso. Sin embargo, comenzaron a surgir postulados de varias teorías que fueron capaces de desechar el paradigma establecido, entre las que destacan la Teoría de Moss y por supuesto, la de Petrovic; así como los estudios llevados a cabo por Woodside, en los que se logró la remodelación en el cóndilo y la fosa glenoidea por medio de un avance mandibular sostenido mediante aparatos de ortopedia [32].

En 1936 se introdujo la Ortopedia Funcional, gracias a Andresen y Haulp, como una ciencia que tiene como fundamento principal la posibilidad de modelar y estimular el crecimiento craneofacial por medio de terapias que incluye una diversidad de aparatología. La respuesta de la estructura ósea a los dispositivos ortopédicos se produce por características de elementos anatómicos como el cartílago condilar; otro ejemplo es la remodelación de la cavidad glenoidea, demostrada en animales después de haber empleado aparatos de ortopedia [33].

CONCLUSIÓN

El crecimiento y desarrollo craneofacial es un proceso complejo. Cada una de las teorías expuestas, aportó de forma importante a los conocimientos actuales sobre este tema y a entender como estos conocimientos se pueden aplicar en la práctica clínica.

El estudio de Alexandre Petrovic concluyó que el principal factor de crecimiento y desarrollo craneofacial es el factor genético, el mismo que es regulado por factores extracelulares como el componente hormonal y factores mecánicos como, por ejemplo, la función muscular o la aparatología funcional. La contracción del músculo pterigoideo externo cumple un rol importante en la estimulación del cartílago condilar mandibular, que puede ser influenciado por aparatos funcionales, aumentando su actividad. Por otro lado, existen variables complementarias como el ángulo de Stutzman.

Es importante profundizar en el estudio del proceso de crecimiento y desarrollo craneofacial para diagnosticar alteraciones de manera efectiva y decidir un plan de tratamiento adecuado durante esta etapa crítica para el paciente. Por medio de una terapia de ortodoncia interceptiva es posible brindar al paciente un desarrollo óptimo tanto del tejido óseo, como de los tejidos blandos circundantes, mejorando la fisiología del sistema estomatognático.

ABREVIATURAS

FGF: Factores de Crecimiento de Fibroblasto; BMPs: Bone Morphogenetic Proteins (Proteínas Morfogenéticas del Hueso);BMUs: Basic Multicelular Units (Unidades Multicelulares Básicas).

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Vivian Alejandra Neira Molina, PhD, por sus valiosos aportes académicos en la Especialización en Ortodoncia de la Universidad Católica de Cuenca.

FINANCIAMIENTO

No aplica.

DISPONIBILIDAD DE DATOS Y MATERIALES

Las fuentes bibliográficas para el presente artículo fueron tomadas de revistas de nivel científico, en bases de datos como Scielo, Pubmed, NCBI, entre otras.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

JBC, CYZ: Recolección de información y redacción del manuscrito. Los autores revisaron y aprobaron el manuscrito final.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

-Christian Yáñez-Zurita: Especialización en Ortodoncia, Universidad Católica de Cuenca.  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8915-6348>

-Jéssica Bacuilima-Chimbo: Especialización en Ortodoncia, Universidad Católica de Cuenca.

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3957-9163>

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores no reportan ningún conflicto de interés.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICAR

Los autores leyeron la versión final y dieron su consentimiento para la publicación de este artículo.

APROBACIÓN ÉTICA Y CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN

No aplica

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Yáñez-Zurita C, Bacuilima-Chimbo J. Crecimiento y Desarrollo Craneofacial: Mini-review de la Teoría de Servosistema. Rev Med HJCA. 2021; 13 (3): 187-192. DOI: <http://dx.doi.org/10.14410/2021.13.3.rb.30>

PUBLONS

 Contribuye con tu revisión en: <https://publons.com/publon/52148419/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Roosenboom J, Hens G, Mattern BC, Shriver MD, Claes P. Exploring the Underlying Genetics of Craniofacial Morphology through Various Sources of Knowledge. *BioMed Res Int* [Internet]. 2016;2016:3054578. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5178329/>
2. Klinge A, Becktor K, Lindh C, Becktor JP. Craniofacial height in relation to cross-sectional maxillary and mandibular morphology. *Prog Orthod* [Internet]. 2017;18(1):32. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29058096/>
3. Castaldo G, Cerritelli F. Craniofacial growth: evolving paradigms. *Cranio J Craniomandib Pract* [Internet]. 2015;33(1):23-31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25547141/>
4. Carlson D. Development of Concepts & Theories of Craniofacial Growth: Biological Basis for Dentofacial Orthopedic Treatment. *An Anthology 1985-2014* [Internet]. 2014. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265593997_Development_of_Concepts_Theories_of_Craniofacial_Growth_Biological_Basis_for_Dentofacial_Orthopedic_Treatment_An_Anthology_1985-2014
5. Manlove AE, Romeo G, Venugopalan SR. Craniofacial Growth: Current Theories and Influence on Management. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am* [Internet]. 2020;32(2):167-75. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32151371/>
6. Camargo D, Olaya E, Torres E. Teorías del crecimiento craneofacial: una revisión de literatura. *Ustasalud* [Internet]. 2017;16:78-88. Disponible en: http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/USTASALUD_ODONTOLOGIA/article/view/2022
7. Reid RR. Facial skeletal growth and timing of surgical intervention. *Clin Plast Surg* [Internet]. 2007;34(3):357-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17692697/>
8. Salazar L, Piedahita M, Ruíz D, Alfaro J, Oliveira O. Crecimiento craneofacial de pacientes tratados con hormona de crecimiento: Revisión de tema. *Acta Odontológica Venez* [Internet]. 2019;57(1):15-6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7034900>
9. Mateos A. Tipo de rotación maxilar-condilar según Petrovic-Lavergne en pacientes de 6-11 años de la ENES-León, en el periodo 2013-2018 [Tesis]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2019. Disponible en: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TESO1000788015
10. Rebato E. Crecimiento: Una visión desde la Antropología Física. *Rev Esp Antropol Física* [Internet]. 2010;31:85-110. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285133906_Crecimiento_Una_vision_desde_la_Antropologia_Fisica
11. Torres A. Crecimiento y desarrollo. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2002;14:54-57. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/fisica/mf-2002/mf02-2_4f.pdf
12. Vega-Lopez GA, Cerrizuela S, Aybar MJ. Trunk neural crest cells: formation, migration and beyond. *Int J Dev Biol* [Internet]. 2017;61(1-2):5-15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28287247/>
13. Ahmed MK, Ye X, Taub PJ. Review of the Genetic Basis of Jaw Malformations. *J Pediatr Genet* [Internet]. 2016;5(4):209-219. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27895973/>
14. Chambi A. Influencia del modo respiratorio en el desarrollo y postura craneofacial en la infancia [Tesis]. España: Universidad de Sevilla; 2017. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=149985>
15. Romero C, Torres E, Pinto A. Crecimiento del cartilago condilar. Una revisión de la literatura. *Odontol Sanmarquina* [Internet]. 2018;21(2):131-140. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/14779>
16. Evia JRB. Marcadores de remodelado óseo y osteoporosis. *Rev Mex Patol Clínica Med Lab* [Internet]. 2011;58(3):113-37. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=30251>
17. Reyes García R, Rozas Moreno P, Muñoz-Torres M. REGULACIÓN DEL PROCESO DE REMODELADO ÓSEO. *REEMO* [Internet]. 2008;17(1):10-14. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-reemo-70-articulo-regulacion-del-proceso-de-remodelado-13114862>
18. Mackie EJ, Ahmed YA, Tatarczuch L, Chen K-S, Mirams M. Endochondral ossification: how cartilage is converted into bone in the developing skeleton. *Int J Biochem Cell Biol* [Internet]. 2008;40(1):46-62. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17659995/>

19. Tresguerres JAF, Ariznavarreta C, Cachofeiro V, Cardinali D, Escrich E, Gil Loyzaga P, et al. *Fisiología Humana*. 3 ed. México: McGraw-Hill; 2005.
20. Marwah N. *Textbook of Pediatric Dentistry* [Internet]. Philadelphia: Jaypee Brothers Medical Publishers Pvt Limited; 2014.p. 1052.
21. Sarnat BG. A retrospective of personal craniofaciodental research and clinical practice. *Plast Reconstr Surg* [Internet].1997;100(1):132-53. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9207672/>
22. Quiros JG, Pérez Osorio LJ, Calderón JC. Influencia del músculo pterigoideo lateral en el crecimiento del cartilago condilar mandibular. *Rev Cienc Salud* [Internet].2013;11(1):105-19. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-72732013000100008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
23. Guercio E, Deli R, D'Avanzo G, Saccomanno S. Individualización del tratamiento ortodóntico. Importancia de los tipos rotacionales y las categorías auxológicas. *Acta Odontológica Venez* [Internet]. 2009;47(2):348-54. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0001-63652009000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es
24. Vithanaarachchi V s. N. GROWTH MODIFICATION OF THE FACE: A REVIEW. *SLJO*. 2018;1:21-25. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327465481_GROWTH_MODIFICATION_OF_THE_FACE_A_REVIEW
25. Rajagopalan RE, Padmaprabha BP. An Insight into the Role of the Maxillary Labial Frenum in the Growth of the Maxilla: A Systematic Review. *J Indian Orthod Soc* [Internet]. 2019;53(4):232-243. DOI: <https://doi.org/10.1177/0301574219877728>
26. Cendekiawan T, Wong R, Rabie A. Relationships Between Cranial Base Synchronoses and Craniofacial Development: A Review. *Bentham Open*. [Internet].2010;2:67-75. Disponible en: <https://benthamopen.com/ABSTRACT/TOANATJ-2-67>
27. Hartmann F, Cucchi G. Characteristics of Periodontal Proprioception. En: Hartmann F, Cucchi G, editores. *Stress and Orality*. [Internet]. Paris: Springer; 2014. p. 87-96. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0271-8_6
28. Frayne E, Coulson S, Adams R, Croxson G, Waddington G. Proprioceptive ability at the lips and jaw measured using the same psychophysical discrimination task. *Exp Brain Res* [Internet]. 2016;234(6):1679-87. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26860522/>
29. Mizoguchi I, Toriya N, Nakao Y. Growth of the mandible and biological characteristics of the mandibular condylar cartilage. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2013;49(4):139-50. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1882761613000550>
30. Cretella Lombardo E, Franchi L, Gastaldi G, Giuntini V, Lione R, Cozza P, et al. Development of a Prediction Model for Short-Term Success of Functional Treatment of Class II Malocclusion. *Int J Environ Res Public Health* [Internet].2020;17(12):4473. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7345194/>
31. Borgues L, Henriques L, Guariza O, Motohiro O. Facial and dental alterations according to the breathing pattern. *J Appl Oral Sci* [Internet]. 2011;19(2):175-81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243757/>
32. Rodríguez K, Pérez L, de la Rosa Y, León O. Cambios cefalométricos en pacientes con retrognatismo mandibular tratados con el Truax corrector II. *Gac Médica Espirituana* [Internet]. 2012;14(3). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=38896>
33. Orrego H. Efectos clínicos en ortopedia funcional de los maxilares. *Odontol Sanmarquina* [Internet]. 2005;8(1):23-7. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/3131>