

## Relación multifactorial involucrada en los procesos de crecimiento, facial. “Enfocada al lenguaje del Servosistema de Alexandre Petrovic”: Revisión de la literatura.

Multifactorial relationship involved in growth processes facial growth. "Focused on the language of Alexandre Petrovic's Servosystem": Literature review.

Jácome Arteaga

Víctor Alexander Cruz Gallegos <sup>1a</sup> Abigail Roxana <sup>2a</sup>

<sup>1</sup> Universidad UTE, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de Guayaquil, Ecuador.

<sup>a</sup> Odontólogo

### Resumen

El conocimiento de poder determinar la maduración esquelética y el potencial de crecimiento faltante, es un elemento esencial a la hora de la planificación en el tratamiento ortodóncico. El estudio del crecimiento y desarrollo craneofacial resulta un proceso complejo e indispensable para el diagnóstico y resolución de maloclusiones. El crecimiento y desarrollo craneofacial sucede por el proceso de crecimiento y osificación del cartílago hialino, fomentando así la teoría del servosistema, el mismo que es un sistema con retroalimentación, de renovación constante, lo que genera una nueva respuesta. Desde este punto de vista, Petrovic considera involucrar la aparatología ortopédica, donde explicó que el cóndilo mandibular puede contestar a estímulos mecánicos ocasionando estrés a nivel de las estructuras anatómicas debido a las fuerzas ortodóncicas por medio de la interacción de la circulación de la sangre y células blancas que como resultado forman la remodelación ósea, lo que podría ser inhibitorio o sinérgico. El objetivo de esta revisión es resumir conceptos recientes sobre el crecimiento craneofacial, enfocados a la teoría de Alexandre Petrovic y sus colaboradores, con el desarrollo del conocimiento científico general e inspirar a crear un nuevo enfoque multidisciplinario más integrado basado en la persona, mediante bases de datos MEDLINE, EMBASE, Pubmed, y Google Académico, las cuales fueron evaluadas, y sintetizadas, para ser parte de la siguiente revisión de la literatura.

**Palabras clave:** Maxilar,; Mandíbula; Desarrollo óseo; Cartílago. (Fuente: DeCS BIREME)

### Abstract

The knowledge of being able to determine skeletal maturation and missing growth potential is an essential element when planning orthodontic treatment. The study of craniofacial growth and development is a complex and essential process for the diagnosis and resolution of malocclusions. Craniofacial growth and development occurs by the process of growth and ossification of the hyaline cartilage, thus promoting the theory of the servosystem, which is a system with feedback, of constant renewal, which generates a new response. From this point of view, Petrovic considers involving orthopedic appliances, where he explained that the mandibular condyle can respond to mechanical stimuli causing stress at the level of anatomical structures due to orthodontic forces through the interaction of blood circulation and cells white cells that as a result form bone remodeling, which could be inhibitory or synergistic. The objective of this review is to summarize recent concepts on craniofacial growth, focused on the theory of Alexandre Petrovic and his collaborators, with the development of general scientific knowledge and inspire the creation of a new, more integrated multidisciplinary approach based on the person, through bases of MEDLINE, EMBASE, Pubmed, and Google Scholar data, which were evaluated, and synthesized, to be part of the next literature review.

**Key words:** Maxilla, Mandible, Bone development, Cartilage. (Source: MeSH NLM)

**Recibido:** 13 de julio de 2021

**Aprobado:** 11 de noviembre de 2021

**Publicado:** 08 de enero de 2022

### Correspondencia:

Víctor Alexander Cruz Gallegos

Dirección: Av. San Luis 1265, San Luis. Lima, Perú

Correo electrónico: [alexandercruz1993@hotmail.com](mailto:alexandercruz1993@hotmail.com)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Cruz, V. y Jácome, A. Relación multifactorial involucrada en los procesos de crecimiento, que controlan el crecimiento facial. “Enfocada al lenguaje del Servosistema de Alexandre Petrovic”: Revisión de la literatura. KIRU. 2022 ene-mar; 19(1): 36-45. <https://doi.org/10.24265/kiru.2022.v19n1.05>

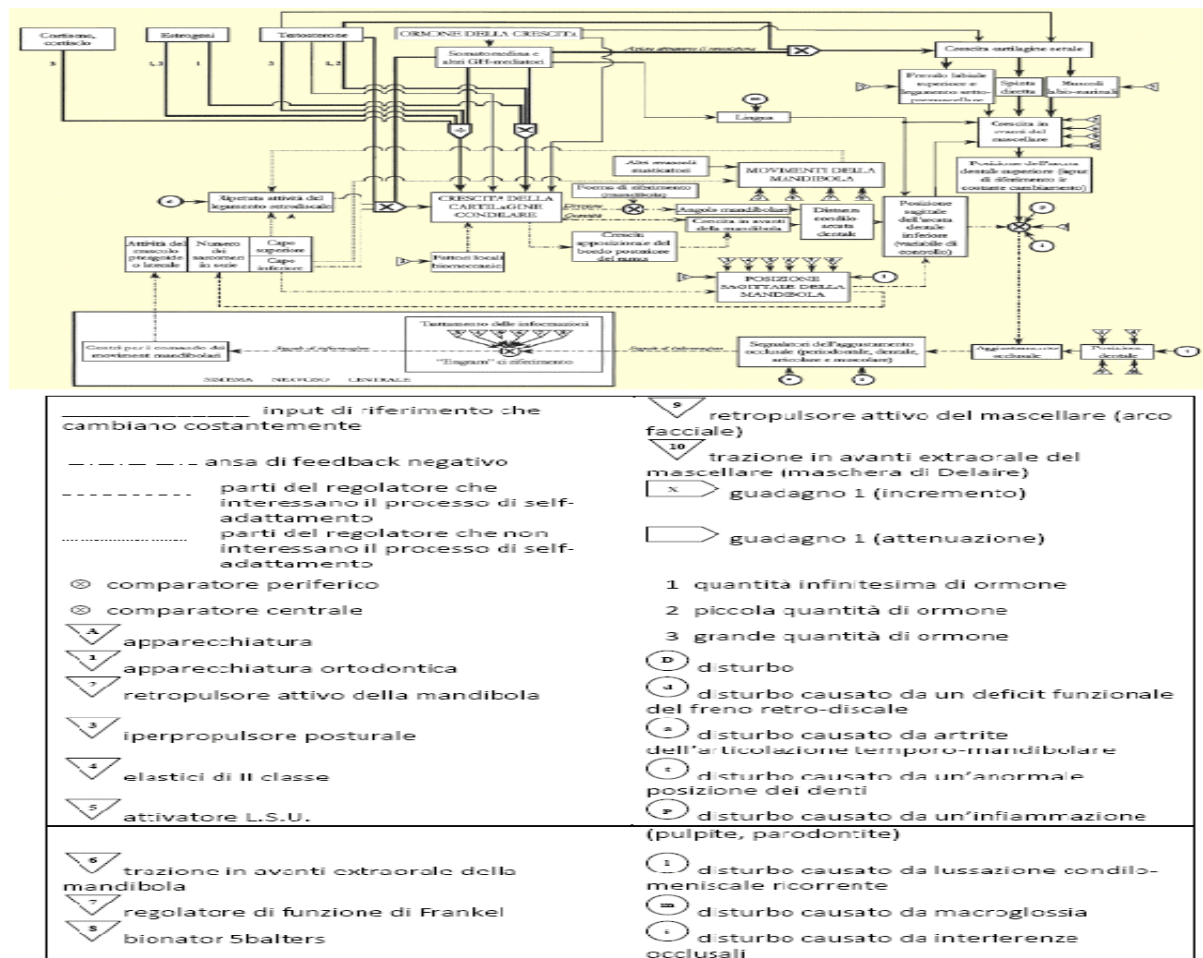
**INTRODUCCIÓN**

El reconcomiendo de un patrón esquelético y del potencial de crecimiento residual, implica una interrelación precisa del crecimiento y desarrollo con la etapa de maduración de cada individuo. Para decidir un tratamiento acorde a las necesidades de nuestro paciente, de manera individualizada <sup>(1)</sup>, es necesario tener un vasto conocimiento de los mecanismos que regulan el crecimiento craneofacial, así como los factores que influyen en el tratamiento de la maloclusión <sup>(2)</sup>. Por ejemplo: El crecimiento mandibular, está atado a un patrón con ciertas restricciones, ya que el hueso se agranda más durante la adolescencia, provocado por la presencia de la porción cartilaginosa del cóndilo mandibular, que va a crecer al máximo en el complejo craneofacial. Por lo tanto, el determinar la velocidad máxima de crecimiento mandibular es de vital importancia, para lograr el mayor impacto en el tratamiento con aparatología funcional (ortopedia) <sup>(4,5-7)</sup>.

Alexandre Petrovic realizó sus investigaciones con gran atención al detalle al seleccionar los

grupos de control y variables, en humanos al igual que en animales. Esta precisión le permitió obtener datos precisos y así describir mediante una representación en llave cibernética el conjunto de mecanismos que regulan el crecimiento craneofacial <sup>(3,4)</sup>. Por medio de su teoría denominada "Servosistema", describen el crecimiento craneofacial, el cual es provocado por la influencia de la carga genética y su expresión, la cual es condicionada por una serie de estímulos externos que la activan <sup>(8)</sup>, dicha teoría indica que el crecimiento craneofacial sucede a través de complejos mecanismos con una función de aceleración o desaceleración, que se relacionan unos sobre otros y son regulados mediante un sistema de retroalimentación positivos y negativos <sup>(2)</sup>.

El servosistema (Figura 1.), es un sistema organizado que se auto corrige en base a las condiciones que se presentan. En donde el autor pudo formular y esquematizar los distintos factores involucrados en el crecimiento craneofacial, así como la interacción y complejidad de los mismos <sup>(9)</sup>.



**Figura 1:** Servosistema de Petrovic. Diagrama sobre el control del crecimiento condilar. (2)

Para una mejor explicación de su teoría, Petrovic y sus colaboradores utilizaron un lenguaje cibernético, donde para los autores el crecimiento craneofacial ocurre por un mecanismo de aceleración y desaceleración, los cuales estaba regulados por otros sistemas de retroalimentación tanto positivo como negativo <sup>(10)</sup>.

El crecimiento y desarrollo craneofacial es un proceso, que se da desde la fertilización hasta la muerte. En otras palabras, puede durar toda la vida. Se caracteriza por un alto grado de influencia genética <sup>(11,12)</sup> con algunos picos; relacionados a cambios hormonales <sup>(13)</sup> asociados a la edad <sup>(14-16)</sup>. Los términos crecimiento y desarrollo no son sinónimos, pero coexisten y tienen como objetivo lograr el equilibrio y la función de todo el sistema estomatognático <sup>(17)</sup>.

En otro contexto el crecimiento craneofacial se puede concebir como un servosistema (El servosistema o servomecanismo es un sistema cuyo funcionamiento está regido por las desviaciones entre su comportamiento efectivo o instantáneo y su comportamiento prescrito), que va a controlar automática e inconscientemente todo el proceso de aposición y reabsorción ósea, el cual va a estar comprometido por los estímulos o la información que reciba. Es importante mencionar que la respuesta puede ser alterada o modificada por un factor intrínseco facial que va a involucrar aspectos genéticos y hormonales.

Para un entendimiento más a fondo de la teoría del servosistema, tenemos que interrelacionar algunas estructuras del sistema masticatorio con el lenguaje cibernético. Donde una posición sagital de la arcada superior se considera el punto referente de la entrada al sistema (input), la cual va a estar guiada por la hormona de crecimiento Somatotropina (STH) y somatomedina, el cartílago del tabique y por el crecimiento de la lengua <sup>(18)</sup>.

En el análisis del crecimiento craneofacial los puntos de referencia para el servosistema: la señal de entrada (input) será la posición sagital de la arcada superior, la señal de salida (output) la dará la dirección y magnitud de crecimiento del cartílago condilar. El comparador periférico del servo sistema está representado por la oposición entre las posiciones de los dos arcos. El comparador periférico es la fuente de la señal de corrección, que ajusta la actividad postural del músculo pterigoideo lateral de manera que la

superficie oclusal mandibular permanece en la mejor posición de adaptación posible <sup>(17)</sup>.

La posición sagital del arco inferior, en términos del lenguaje cibernético se va a considerar como la variable controlable o comparador periférico <sup>(19)</sup>. Una contribución directa de la STH, somatomedina, sobre el cartílago del septum nasal, y de manera indirecta sobre las suturas van a controlar el crecimiento del maxilar, pero como una reacción a este estímulo van a afectar la capacidad de respuesta de los pre-osteoblastos frente a los factores regionales y locales que estimulan la capacidad de división celular <sup>(20-21-22)</sup>.

En una reacción de movimiento en cadena, el cartílago del septum, la hormona STH y la somatomedina producen un efecto de desplazamiento del maxilar hacia adelante, induciendo el crecimiento de la sutura premaxilo-maxilar, y en un menor grado a la sutura maxilo-palatina <sup>(21-22-23-24)</sup>.

El maxilar superior al cambiar su posición, activa una serie de mecanismo que inducen al cambio de posición del maxilar inferior, y como resultado se genera una señal que aumenta la actividad del músculo pterigoideo externo y otros músculos del sistema masticatorio, para llegar a una óptima posición oclusal <sup>(20-21-22)</sup>.

Con un aumento en la actividad muscular, vamos a inducir una proliferación celular en el cartílago condilar, que a su vez va a estimular una rotación del crecimiento posterior de la mandibular y posteriormente al crecimiento del cóndilo, esto puede explicar cómo responde el cóndilo frente a estímulos mecánicos y por consiguiente la manera de que funciona la aparatología ortopédica <sup>(20)</sup>.

En la teoría del lenguaje cibernético, también existe un comparador central que va a controlar el crecimiento condilar, el cual consiste en un engrama regulado por la actividad sensorial de la actividad muscular del complejo masticatorio. Con una posición repetitiva del maxilar inferior, adquirida por las funciones vitales diarias, acompañadas de las señales llegar a una oclusión óptima, van a ser parte de este sistema muscular <sup>(25)</sup>. Una alteración entre las relaciones sagitales de las dos arcadas va a provocar una señal de desviación que automáticamente estimula la actividad muscular del pterigoideo externo, que como respuesta va a estimular el crecimiento del cartílago condilar. Al resultado de la nueva posición sagital, en el lenguaje cibernético lo vamos a definir como salida del sistema.

En cuanto a lo genético y su evolución con el paso de los años, existen 3 linajes de células principales que están involucradas en el crecimiento y desarrollo craneofacial las cuales son: osteogénico, condrogénico y fibrogénico. Estas células provienen de un progenitor común que son las células mesénquimas, que se van a originar como resultado de la migración de las células de la cresta neural<sup>(26-27-28-29-30)</sup>.

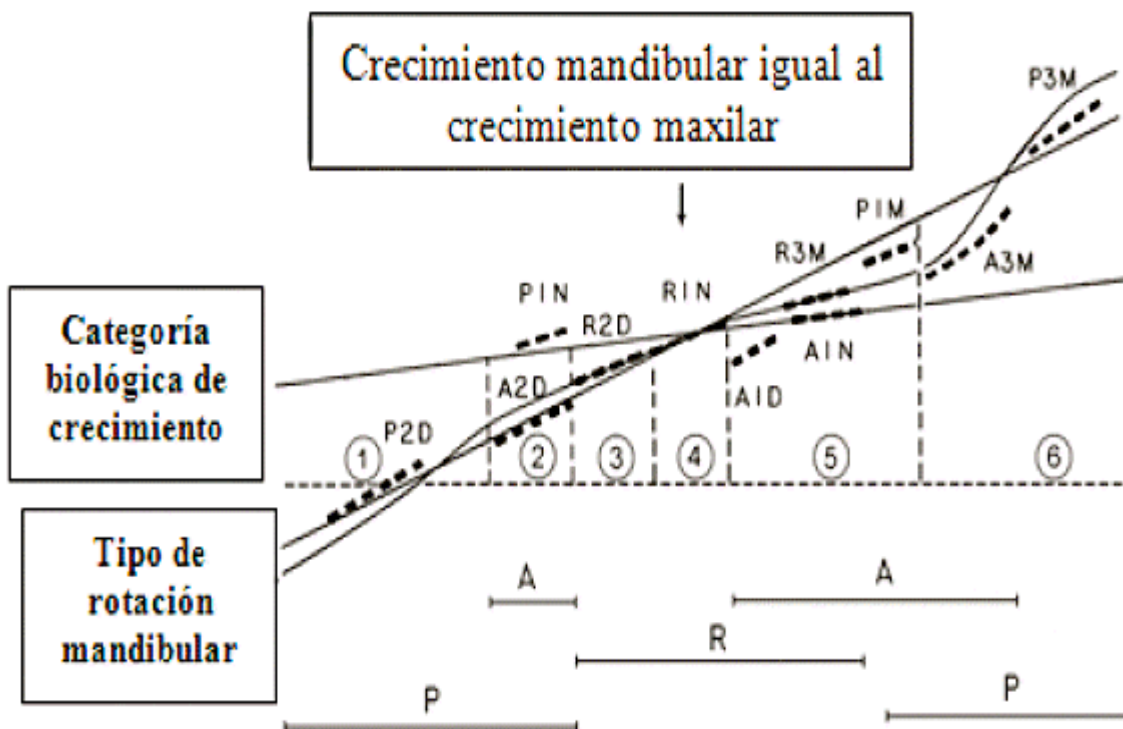
Todas estas células tienen comportamientos diferentes que incluyen eventos de proliferación, apoptosis, diferenciación y síntesis de las matrices, las cuales van a ser controladas por un gen específico<sup>(31)</sup>. Los genes pueden ser regulados por factores ambientales, y algunos estímulos mecánicos, por lo que en la actualidad se resuelven maloclusiones con el uso de diferentes tipos de aparatología que van a estimular los procesos de diferenciación celular en los distintos centros de crecimiento como es el cartílago condilar y las suturas craneofaciales<sup>(32-33)</sup>.

En el momento que se produce el crecimiento sagital del maxilar, por una acción ya sea intrínseca o extrínseca, esta puede desencadenar variaciones que se expresan a través de la resección del cartílago del septum nasal o mediante el suministro de hormonas de crecimiento o testosterona, e incluso mediante la base de la teoría del "Servosistema", Alexandre Petrovic junto con sus colaboradores, pretendieron monitorear el crecimiento del individuo en tres parámetros; rotación de la mandíbula, crecimiento del maxilar y mandíbula, acompañado del seguimiento del grado de madurez ósea y esquelética del individuo, mediante una curva de crecimiento, a esto la denominaron "Categorías auxológicas de crecimiento". Donde los postulados no refieren lo siguiente:

1. Evaluación del grado de madurez ósea y de la edad esquelética del paciente<sup>(34)</sup>, el método base para predecir y conocer el estadio de maduración ósea del paciente, es mediante la toma y estudio de una radiografía carpal<sup>(34)</sup>, cuya imagen posee rasgos anatómicos que permiten el control de los cambios con el desarrollo<sup>(34)</sup>.

2. Crear un mecanismo de monitoreo para verificar el pico de crecimiento del niño cada tres meses para desarrollar un plan que pueda verificar el crecimiento de unidades estadísticas de velocidad<sup>(4-13)</sup>. En el caso específico del crecimiento individual. La antropometría es un método que se puede establecer para monitorear el crecimiento y desarrollo de niños y adolescentes<sup>(35)</sup>.

3. Para determinar el tipo de crecimiento rotacional y la categoría auxológica del paciente. La investigación de Petrovic sobre el cartílago condilar ha explicado las diferencias individuales de los pacientes que reciben el mismo tratamiento. En la década de 1960, Petrovic, Laverne y Stutzmann demostraron que el cartílago condilar es de naturaleza secundaria<sup>(36)</sup>. Las células precondroblásticas (células mitóticas) de este cartílago no están rodeadas por la matriz del cartílago, lo que permite el efecto directo de factores locales sobre las células en división, que pueden estimularse o inhibirse. Con base en el potencial de crecimiento del tejido mandibular, el índice de recambio óseo alveolar obtenido después de la extracción del premolar y el nivel de osificación subperióstica, Petrovic y Stutzmann describieron seis categorías de crecimiento auxológicas<sup>(37-38)</sup>. Estas categorías corresponden al potencial de crecimiento que aumenta gradualmente a partir de valores de 1 a 6. Estos valores representan el índice de división de células mitóticas a nivel del cartílago en proceso. (Figura 2).



**Figura 2.:** Categorías auxológicas de crecimiento. <sup>(19)</sup>

En las categorías 1, 2 y 3, el potencial de crecimiento de la mandíbula es menor que el del maxilar superior. En la categoría 4, el crecimiento de la mandíbula es igual al crecimiento del maxilar. En las categorías 5 y 6, el potencial de crecimiento de la mandíbula es mayor que el del maxilar; hay una tendencia a desarrollar maloclusión esquelética de clase III <sup>(38-39)</sup>.

Petrovic señaló las correlaciones existentes entre 6 categorías de crecimiento

determinadas biológicamente con valores cefalométricos específicos, lo que le permitió trazar un diagrama de árbol en el que se encontraban 11 tipos rotacionales y 33 grupos rotacionales para la personalización (Figura 3). Esta clasificación puede explicar la heterogeneidad del crecimiento mandibular en el hombre <sup>(40)</sup>. La identificación del tipo rotacional mediante el análisis cefalométrico puede determinar el potencial de crecimiento del paciente y predecir la respuesta al tratamiento de ortodoncia <sup>(2)</sup>.



De acuerdo con Hernández, T. <sup>(44)</sup> la morfogénesis craneo facial debe mantener un equilibrio tanto estructural como funcional de las numerosas zonas de tejido duro y blando durante su desarrollo. El cartílago condilar, el reborde alveolar y el borde posterior de la rama son puntos postnatales primordiales de crecimiento del maxilar inferior.

García, Y. <sup>(45)</sup> en su investigación determinó que la forma del maxilar inferior tomando en cuenta ancho y alto de la rama mandibular, ancho de la sínfisis mentoniana y la longitud de la mandíbula está relacionado directamente con el biotipo facial del paciente. Encontrando una marcada diferencia en las dimensiones del maxilar inferior en los distintos biotipos faciales.

Demichelis, C. <sup>(46)</sup> realizó una investigación acerca del comportamiento y las modificaciones del sistema masticatorio, para comprender los distintos periodos que se dan en la oclusión. Concluyendo que durante la morfogénesis del sistema masticatorio se pueden presentar cambios debido a factores internos y externos. La formación y desarrollo craneofacial transcurre dinámicamente a través de cambios constantes, por lo cual debemos tener claro los posibles cambios que puedan desarrollarse en el sistema masticatorio.

En el estudio realizado por Brachetta, N. <sup>(47)</sup> se analizaron los diferentes mecanismos de formación osea que influyen directamente en la morfología facial. Teniendo como resultado que existen factores biomecánicos locales capaces de generar variaciones dentro de los procesos de formación osea.

Abril y colaboradores <sup>(48)</sup> mediante su investigación en pacientes pediátricos tratados con aparatología ortopédica fija lograron obtener cambios verticales, transversales y sagitales en los maxilares. Manteniendo así un equilibrio oclusal y logrando prevenir malformaciones esqueléticas complejas.

Romero y colaboradores <sup>(49)</sup> a través de su investigación evidenciaron al cóndilo mandibular como la fuente de crecimiento regional más importante, determinando que cualquier cambio en la mecánica del desarrollo se expresaría en la modificación del crecimiento mandibular.

Luna, K y colaboradores <sup>(50)</sup> concluyeron en su investigación que existe una relación directa entre la postura corporal y la oclusión dentaria,

aunque no así entre la forma del cóndilo y la postura corporal por falta de evidencia científica.

La comprensión acerca de la estructura molecular y la formación celular del cartílago condíleo ha mostrado avances de gran magnitud. Se ha evidenciado, que ciertos genes como el factor de crecimiento fibroblástico se encuentran en el interior y exterior de las células del cartílago condíleo <sup>(51)</sup>

## CONCLUSIONES

Desde los inicio de la investigación médica, guiada con cada nuevo descubrimiento científico a lo largo de la historia de la humanidad, acompañada de grandes científicos que en el transcurso de sus vidas, pretendieron darle un nuevo sentido al inmenso mar de conocimiento que es el cuerpo humano, y que hasta la actualidad se siguen abriendo nuevos caminos para poder entender el funcionamiento de nuestro sistema, acompañado de el ideal de resolver una innumerable lista de lesiones que aqueja al individuo día a día, las teorías del crecimiento y desarrollo craneofacial entran en este universo investigativo, donde siempre van a estar influenciadas por los nuevos descubrimientos científicos, que como resultado nos ofrecen nuevos postulados que cada vez se acerca más a resolver el enigma del profundo estudio del crecimiento craneofacial, ofreciendo un nuevo concepto teórico con una base científica completamente sustentada, donde con el paso del tiempo dejara de ser una teoría. Este concepto siempre ira de la mano de un diagnóstico y planificación de un tratamiento individualizado, buscando crear una doctrina a la hora de tratar a un paciente, enfocado a un problema específico, descubriendo la funcionalidad normal, para comprender el proceso patológico, y así empezar un tratamiento dirigido, responsable, y guiado que nos llevara a solucionar la lesión que aqueja al paciente. Una base científica sólida, acompañada de un diagnostico multidisciplinario, guiado por un equipo de trabajo que involucra la resolución de la afección del individuo, y aplicando el tratamiento ideal garantizar el éxito en cada uno de nuestros tratamientos a lo largo de nuestra experiencia profesional como especialistas en Ortodoncia. Alexandre Petrovic con su talentoso grupo de trabajo y colaboradores a lo largo de sus innumerables investigaciones, tratando de reafirmar su teoría, pudieron deducir que existe una relación multifactorial inmersa en todo el

proceso que conlleva el crecimiento y desarrollo craneofacial del individuo, donde establece que cada persona tiene un altísimo potencial de crecimiento, el cual está influenciado por un sistema de retroalimentación positiva y negativa. En sus investigaciones Petrovic junto con otros autores demostraron que existe comportamiento celular en el cartílago secundario del cóndilo mandibular, donde la germinación de los esqueletoblastos, van a formar únicamente un condroblasto secundario, mientras que los precondroblastos van a controlar el aumento de la masa tisular, donde estímulos humorales y mecánicos van a guiar y controlar la producción de este celular estimulado un crecimiento del cartílago condilar. Al momento de aplicar una fuerza mediante una técnica ortopédica funcional a nivel mandibular o maxilar, vamos a inducir a un aumento del flujo circulatorio que conllevaría a un aumento del flujo sanguíneo y linfático, en los cuales van a transportar sus respectivos nutrientes y factores de crecimiento, que como resultado final mediante el uso y acción de la aparatología se podría explicar el crecimiento del cartílago condilar. Acompañado al flujo circulatorio, están presente los músculos de la masticación que pueden alterar la velocidad, dirección y magnitud del crecimiento del cartílago condíleo. Cabe acotar que todavía no existe una evidencia completamente sustentada de que estos mecanismos subyacentes, puedan guiar la diferenciación celular de los esqueletoblastos en condroblastos u osteoblastos, controlando el crecimiento y desarrollo craneofacial.

En el inmenso universo de las teorías que hablan del crecimiento y desarrollo craneofacial, por sus sustentaciones científicas a lo largo de la historia de la investigación humana, la teoría del "Servosistema", de Alexandre Petrovic y sus colaboradores, nos abre la puerta a un nuevo comienzo investigativo, para poder comprender el complejo sistema del crecimiento y desarrollo a nivel de cara y cráneo, donde con cada avance tecnológico, y una biología molecular, puede ser una nueva herramienta para resolver los eslabones sobre esta teoría, y poder ofrecer al mundo científico un nuevo concepto sobre el crecimiento craneofacial.

#### Abreviaturas

Somatotropina (STH), open bite (OB) o mordida abierta, normal bite (N), Deep bite (DB), distal (D), normal (N) y medial (M), anterior (A), neutral (R), posterior (P), P

(posterior), Neutro (N), NSL: línea Nasion-Silla Turca; va del punto N al punto S, ML: línea mandibular, NL: línea nasal que pasa por ENA (espina nasal anterior) y ENP (espina nasal posterior).

#### Financiamiento

Este artículo es autofinanciado.

#### Contribución de autores

VACG y ARJA: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

#### Conflicto de interés

Los autores no reportan conflictos de intereses.

#### Consentimiento para publicar

Los autores cuentan con el consentimiento de publicación.

#### Aprobación ética y consentimiento para publicar

No aplica.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gomes AS, Lima EM. Crecimiento mandibular durante la adolescencia. *Orthod de ángulo*. 2006; 76: 786–790.
- Guercio E, Deli R, D'Avanzo G, Saccomanno S. Individualización del tratamiento ortodóntico. Importancia de los tipos rotacionales y las categorías auxológicas. *Acta odontol. venez [Internet]*. 2009 Jun [citado 2021 Ene 27]; 47( 2):348-354. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S000163652009000200010&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000163652009000200010&lng=es).
- LAVERGNE J., PETROVIC A. Discontinuities in occlusal relationships and the regulation of facial growth: A cybernetic view. *Eur. J. Orthodontics*, 1983;5: 269-278.
- PETROVIC A. Control of postnatal growth of secondary cartilages of the mandible by mechanisms regulating occlusion: Cybernetic model. *Trans. Eur. Orthod. Soc.*, 1974;50:69-75.
- Subramaniam P, Naidu P. Cambios dimensionales mandibulares y madurez esquelética. *Contemp Clin Dent*. 2010; 1 (4): 218-22.
- Tingey TF, Shapiro PASoy J. Inhibición selectiva del crecimiento condilar en la mandíbula del conejo mediante papaína intraarticular. *Orthod*. 1982; 81 (6): 455-64.
- Bjork A, Skieller V. Crecimiento facial y erupción dentaria: un estudio de implantes en la pubertad. *A.m. J. Orthod*. 1972; 64: 339–383.
- Petrovic AG, Stutzmann JJ, Oudet CL. Control processes in postnatal growth of mandibular condyle cartilage. *Rev Iberoam Ortod*. 1986;6(1):11-58.



9. PETROVIC A, STUTZMANN J, OUDET C. Control processes in postnatal growth of condylar cartilage of his mandible (14-57). In: Mc Namara J.A. Jr: Determinants of mandible form and growth. Monograph 4. Cranio-Facial Growth Series, Center for Human Growth and Development. Univ. Michigan, Ann Arbor, Michigan, Usa, 275, 1975.
10. Stutzmann JJ, Petrovic AG. Role of the lateral pterygoid muscle and meniscotemporomandibular frenum in spontaneous growth of the mandible and in growth stimulated by the postural hyperpropulsor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 97(5):381-92.
11. ROOSENBOOM J, HENS G, MATTERN BC, MARK S, CLAES P. Exploring the Underlying Genetics of Craniofacial Morphology through Various Sources of Knowledge. *Biomed Res Int.* 2016;20(2):1-9.
12. AHMED MK, YE X, PJ. T. Review of the Genetic Basis of Jaw Malformations. *J Pediatr Genet.* 2016;5(4):209-19.
13. LITSAS G. Growth hormone therapy and craniofacial bones: a comprehensive review. *Oral Dis.* 2013;19(6):559- 67;
14. LITSAS G1, ARI-DEMIRKAYA A. Growth indicators in orthodontic patients. Part 1: comparison of cervical bone age to hand-wrist skeletal age. Relationship with chronological age. *Eur J Paediatr Dent.* 2010;11(4):176-80.
15. ANDALINA E. The Consequences of Cranial-Facial Anomalies [Internet]. Northern Illinois University; 2002 [citado 2021 ene 27]. Recuperado a partir de: [http://commons.lib.niu.edu/bitstream/handle/10843/17110/41012SLPAndalina%2C Elissa Seaver.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://commons.lib.niu.edu/bitstream/handle/10843/17110/41012SLPAndalina%2C%20Elissa%20Seaver.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
16. BACCETTI T, FRANCHI L, MCNAMARA J. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in Orthodontics.* 2005;11(3):119-29.
17. CAMARGO-PRADA D, OLAYA-GAMBOA ER, TORRES-MURILLO, EA. Teorías del crecimiento craneofacial: una revisión de literatura. *UstaSalud.* 2017;16: 78-88.
18. Petrovic AG, Stutzmann JJ. Reactive capacity of animal and human condylar cartilage at the cellular and molecular levels in the light of a cybernetic concept of facial growth. *Fortschr Kieferorthop.* 1988; 49(5):405-25.
19. Petrovic AG, Stutzmann JJ, Shambaugh GE Jr. Experimental studies on pathology and therapy of otospongiosis. *Am J Otol.* 1985; 6(1):43-50.
20. Pritchard JJ, Scott JH, Girgis FG. The structure and development of cranial and facial sutures. *TJ Anat.* 1956; 90(1):73-86.
21. Donnely H et al. Bone and cartilage differentiation of a single stem cell population driven by material interface. *J Tissue Eng.* 2017;15(8).
22. Perinetti G, Primožič J, Franchi L, Contardo L. Treatment Effects of Removable Functional Appliances in Pre-Pubertal and Pubertal Class II Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. *PLoS One.* 2015;28(10).
23. Baccetti T. Improving the effectiveness of functional jaw orthopedics in Class II malocclusion by appropriate treatment timing. *Orthod Fr.* 2010; 81(4):279-86.
24. Obwegeser HL. Clinical Experience Regarding the Influence of the Condyle on the Growth of the Mandible. In: *Mandibular Growth Anomalies.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2001; 1(1): 49-135.
25. Owtad P, Potres Z, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. A histochemical study on condylar cartilage and glenoid fossa during mandibular advancement. *Angle Orthod.* 2011;81(2):270-6.
26. Neirinckx V, Coste C, Rogister B, Wislet-Gendebien S. Concise review: adult mesenchymal stem cells, adult neural crest stem cells, and therapy of neurological pathologies: a state of play. *Stem Cells Transl Med.* 2013;2(4):284- 96.
27. Owtad P, Potres Z, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. A histochemical study on condylar cartilage and glenoid fossa during mandibular advancement. *Angle Orthod.* 2011;81(2):270-6.
28. Vega-López GA, Cerrizuela S, Aybar MJ. Trunk neural crest cells: formation, migration and beyond. *Int J Dev Biol.* 2017;61(1):5-15.
29. Furutera T, Takechi M, Kitazawa T, Takei J, Yamada T, Vu Hoang T et al. Differing contributions of the first and second pharyngeal arches to tympanic membrane formation in the mouse and chick. *Development.* 2017;144(18):33.
30. Alhadlaq A, Mao JJ. Mesenchymal stem cells: isolation and therapeutics. *Stem Cells Dev.* 2004; 13(4):436-48.
31. Hinton RJ. Genes that regulate morphogenesis and growth of the temporomandibular joint: a review. *Dev Dyn.* 2014; 243(7):864-74.
32. Gomes AS, Lima EM. Crecimiento mandibular durante la adolescencia. *Orthod de ángulo.* 2006; 76: 786–790.
33. PETROVIC A, STUTZMANN J. Récentes acquisitions biologiques sur la morphogenèse de la mandibule (17-26). Le menton. (Ouvrage public sous la direction de J. Levignac). Masson, Paris, 1987.
34. BERNAL N. ARIAS M. Indicadores de maduración esquelética y dental. *Revista Ces Odontología.* 2007. 20(01) 59-68.
35. GOMEZ-CAMPOS, ROSSANA, ARRUDA, MIGUEL, LUARTE-ROCHA, CRISTIAN, URRALBORNOZ, CAMILO, ALMONACID FIERRO, ALEJANDRO, & COSSIO-BOLAÑOS, MARCO. Enfoque teórico del crecimiento físico de niños y adolescentes. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética.* 2016. 20(3), 244-253.
36. PETROVIC A.G. An experimental and cybernetic approach to the mechanism of action of functional appliances on the mandibular growth. In: Mc Namara JA Jr

- editor: Malocclusion and the peridontium, Monograph 15, Craniofacial Growth series, Ann Arbor, Mich, 1984, Center for Human Growth and development, University of Michigan.
37. Petrovic A, Stutzmann J, Oudet C. Turnover of human alveolar bone removed either in the day or in the night. *J. Int. Cycle Res.*, 1981; 12: 161-166.
  38. Petrovic A, Stutzmann J. The concept of the mandibular tissue-level growth and responsiveness to a functional appliance. In: Graber LW, ed. *Orthodontics. State of the art: essence of the science*. St. Louis: CV Mosby; 1986; 59-74.
  39. Petrovic A., Lavergne J., Stutzmann J. Tissue-level growth and responsiveness potential, growth rotation and treatment decision (181-223) In: Vig P.S., Ribbens K.A.: *Science and clinical judgement in orthodontics: Monograph 19. Craniofacial Growth Series, center for Human Growth and Development*. Univ. Michigan, Ann Arbor, Michigan, Usa, 1986; 249.
  40. Petrovic A., Lavergne J., Stutzmann J. Diagnostic et traitement en orthopédie dentofaciale : principes et diagramme de décision. *L'Orthodontie Française*, 1987; 58: 517-542.
  41. PETROVIC A, STUTZMANN J, LAVERGNE J.: Mechanism of craniofacial growth and modus operandi of functional appliances: a cell-level and cybernetic approach to orthodontic decision making. In Carlson DS, ed. *craniofacial growth theory and orthodontic treatment*. Monograph 23. Craniofacial growth series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, the University of Michigan; 1990; 13-74.
  42. Caba Moreno, P. (2019). Identificación del grupo auxológico de acuerdo a Petrovic-Lavergne en niños de 8 a 14 años en una población de Quito, Ecuador. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Odontólogo. Carrera de Odontología. Quito: UCE. 83 p.
  43. Gutiérrez Navarro, Y. (2019). Morfología mandibular según el biotipo facial en pacientes de 18 a 35 años de la Clínica de Imagenología de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista. Lima, Perú. 82 p.
  44. Hernández Moreno, Tania Yahel (2018) Análisis de la posición del incisivo inferior y del tamaño de la sínfisis mandibular en diferentes maloclusiones y patrones verticales. Maestría tesis, Universidad de Panamá.
  45. García Asmat, Y. (2018). Asociación del tipo facial y las dimensiones mandibulares en pacientes evaluados en un instituto de diagnóstico maxilofacial. Tesis Para Optar por el Título Profesional de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar. Lima, Perú. 103p.
  46. Demichelis, C.E. (2019). Esencia del Sistema Masticatorio y Guía Anterior Funcional. *Revista uruguaya de ortopedia y ortodoncia*, 2(1), 5-78.
  47. Brachetta Aporta, N. (2018). Dinámica del crecimiento óseo facial en poblaciones humanas del sur de Sudamérica. Tesis presentada para optar por el título de Doctor en Ciencias Naturales. Buenos Aires, Argentina. 233p.
  48. Abril Umbarila, R. A., Vera Suarez, S. A. y Vera Forero, D. A. (2019) Cambios transversales en los arcos dentales en niños de 5 a 9 años de edad, tratados con pistas planas directas: estudio descriptivo. Tesis de posgrado. Bogotá, Colombia. 79p.
  49. Romero Peláez CM, Torres Murillo EA, Pinto Parada YA. Crecimiento del cartílago condilar. Una revisión de la literatura. *Odontol Sanmarquina* [Internet]. 20 de junio de 2018 [citado 13 de octubre de 2022];21(2):131-40.
  50. Luna Ramirez, K. Sastoque Alméciga, G. (2020). Relación entre maloclusión, forma del cóndilo y postura corporal en niños mediante una revisión literaria. Trabajo de grado para optar al título de Odontólogo. Universidad Antonio Nariño. Ibagué, Colombia. 77p.
  51. Lee W. Graber, Robert L. Vanarsdall Jr, Katherine W.L. Vig, y Greg J. Huang. (2018) *Ortodoncia, Principios y técnicas actuales*. 6° ed. Elsevier. Barcelona, España. Capítulo 1 Crecimiento y desarrollo craneofaciales: perspectiva. Pag 20.

---

Alexander Cruz Gallegos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5177-6314>

Correo: [alexandercruz1993@hotmail.com](mailto:alexandercruz1993@hotmail.com)

Abigail Roxana Jácome Arteaga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6350-4922>

Correo: [abi-roxi14@hotmail.com](mailto:abi-roxi14@hotmail.com)