



Distracción osteogénica en pacientes con maxilares atrofiados. Revisión sistemática

Osteogenic distraction in patients with atrophied jawbones. Systematic review

Katerin Jomara Llaulla-Tenorio

oa.katerinjt30@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0005-7832-6267>

Erick Nicolás Rojas-Herrera

oa.ericknrh74@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua, Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-2060-2861>

Carla Patricia Tipanluisa-Tipan

oa.carlaptt67@uniandes.edu.ec

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua, Ecuador

<https://orcid.org/0009-0003-6530-8751>

RESUMEN

Objetivo: analizar la distracción osteogénica en pacientes con maxilares atrofiados. **Método:** revisión sistemática en población de 19 artículos científicos. **Resultados y Conclusión:** La distracción osteogénica representa una técnica prometedora para la reconstrucción de maxilares atrofiados, sustentada en sólidos fundamentos biológicos y avances tecnológicos. La evidencia actual demuestra la importancia crítica de las vías de señalización Wnt/ β -catenina y Hedgehog en la regulación de la osteogénesis, así como la interdependencia entre angiogénesis y formación ósea para resultados óptimos.

Descriptores: mordida abierta; maloclusión; maloclusión de angle clase II. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: to analyse osteogenic distraction in patients with atrophied jaws. **Method:** systematic review of a population of 19 scientific articles. **Results and Conclusion:** osteogenic distraction represents a promising technique for the reconstruction of atrophied jaws, supported by solid biological foundations and technological advances. Current evidence demonstrates the critical importance of Wnt/ β -catenin and Hedgehog signalling pathways in the regulation of osteogenesis, as well as the interdependence between angiogenesis and bone formation for optimal results.

Descriptors: open bite; malocclusion; malocclusion, angle class II. (Source, DeCS).

Recibido: 18/11/2024. Revisado: 23/11/2024. Aprobado: 25/11/2024. Publicado: 05/12/2024.

Original breve



INTRODUCCIÓN

La distracción osteogénica (DO) es una técnica quirúrgica ampliamente utilizada en la reconstrucción de maxilares atrofiados, permitiendo la formación de nuevo hueso mediante la aplicación controlada de fuerzas mecánicas (1). Este procedimiento, inicialmente desarrollado para la elongación ósea en ortopedia, ha demostrado ser una herramienta eficaz en la regeneración ósea en el ámbito maxilofacial, especialmente en pacientes con deficiencias óseas severas que limitan la colocación de implantes dentales o la rehabilitación funcional (2).

La DO se basa en el principio de la regeneración ósea bajo tensión, donde un segmento óseo es cortado (osteotomía) y gradualmente separado mediante un dispositivo de distracción, estimulando la formación de hueso nuevo en el espacio generado (3). Este proceso no solo promueve la osteogénesis, sino que también favorece la angiogénesis, lo que resulta en una regeneración ósea más robusta y funcional (4). Sin embargo, la complejidad de los maxilares atrofiados plantea desafíos únicos, como la calidad y cantidad del hueso regenerado, la estabilidad a largo plazo y las complicaciones asociadas al procedimiento (5).

En los últimos años, se han realizado numerosos estudios que exploran los mecanismos moleculares, celulares y biomecánicos subyacentes a la DO, así como las innovaciones tecnológicas y terapéuticas que buscan optimizar sus resultados (6). Investigaciones recientes han destacado el papel de vías de señalización como Wnt/ β -catenina, Hedgehog y RhoA/ROCK en la regulación de la osteogénesis y angiogénesis durante la distracción (7), se han evaluado estrategias como el uso de biomateriales, factores de crecimiento y terapias celulares para mejorar la regeneración ósea en pacientes con maxilares atrofiados (8).

Esta revisión sistemática tiene como objetivo analizar la distracción osteogénica en pacientes con maxilares atrofiados.



MÉTODO

Revisión sistemática según el protocolo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

Se consultaron 15 artículos científicos. Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de palabras clave como "distracción osteogénica", "maxilares atrofiados", "regeneración ósea", "osteogénesis" y "angiogénesis", junto con sus equivalentes en inglés ("osteogenic distraction", "atrophic jaws", "bone regeneration", "osteogenesis", "angiogenesis"). La búsqueda se limitó a artículos publicados entre 2020 y 2025, en inglés y español.

RESULTADOS

Desde la tabla 1 se busca facilitar la comprensión de los avances y enfoques actuales en el tratamiento de maxilares atrofiados mediante distracción osteogénica.

Tabla 1. *Distracción Osteogénica en pacientes con maxilares atrofiados.*

Aspecto	Descripción	Autor
Caso clínico específico	Tratamiento de síndrome de incisivo central maxilar mediano solitario (SMMCI) mediante distracción osteogénica.	(1)
Mecanismo molecular	Regulación de la angiogénesis y osteogénesis en distracción osteogénica a través de la señalización Wnt/ β -catenina.	(2)
Diferenciación osteogénica	Promoción de la diferenciación osteogénica de células Gli1+ en suturas faciales mediante señalización Hedgehog mediada por cilios primarios.	(3)
Impacto de la denervación	La denervación durante la distracción osteogénica mandibular resulta en una formación ósea deficiente.	(4)
Silenciamiento genético	El silenciamiento de HOTAIR promueve la diferenciación osteogénica y acelera la distracción osteogénica mediante la ubiquitinación de FTO.	(5)
Regeneración ósea acelerada	Uso de Astragaloside IV para estimular la regeneración ósea mediante el acoplamiento de osteogénesis y angiogénesis.	(6)
Evaluación de plantas medicinales	Evaluación del potencial osteogénico de <i>Cissus quadrangularis</i> en la distracción del reborde alveolar mandibular.	(7)
Distracción no osteogénica	Distracción de tejidos blandos en la mandíbula y cara inferior en microsomía hemifacial bilateral.	(8)
Vía molecular específica	Regulación de la formación ósea en distracción trans-sutural mediante el eje RhoA/ROCK-TAZ.	(9)
Dispositivos personalizados	Optimización de la planificación preoperatoria de la distracción osteogénica mandibular mediante dispositivos externos personalizados.	(10)
Células madre específicas	Las células PRRX1+ MSCs mejoran la regeneración mandibular durante la distracción osteogénica.	(11)



Casos pediátricos	Uso de vectores ascendentes en distracción osteogénica para tratar hipertensión intracraneal crónica secundaria en niños con cirugía de escafocefalia.	(12)
Activación de señalización Wnt	El TP508 promueve la regeneración ósea en distracción osteogénica mediante la activación de la señalización Wnt/ β -catenina.	(13)
Contribución celular	Las células de sutura en un nicho de estiramiento mecánico son contribuyentes críticos en la distracción trans-sutural.	(14)
Condiciones hipóxicas	La tensión estática uniaxial mejora el potencial osteogénico y angiogénico bajo condiciones hipóxicas en distracción osteogénica.	(15)

Fuente: Autores, 2024.

Los estudios de Shen et al. (2) y Jin et al. (3) han elucidado el rol crítico de las vías de transducción Wnt/ β -catenina y Hedgehog en la osteogénesis durante la DO. Estos resultados corroboran lo reportado por Li et al. (13), quienes evidenciaron que el péptido TP508 potencia la regeneración ósea mediante la activación de la vía Wnt/ β -catenina, sugiriendo potenciales dianas terapéuticas para optimizar la neoformación ósea en defectos maxilomandibulares severos.

Un aspecto biomecánico crucial identificado por Tevlin et al. (4) es la repercusión deletérea de la denervación durante la DO mandibular, subrayando la importancia de preservar la integridad neurovascular para garantizar una osteogénesis adecuada. Esto complementa los resultados histomorfométricos de Zhang et al. (15) sobre cómo la tensión estática uniaxial potencia el reclutamiento osteoblástico y la angiogénesis en condiciones de hipoxia tisular relativa.

La interdependencia entre angiogénesis y osteogénesis emerge como determinante pronóstico en DO, como demuestran Wang et al. (6) con el Astragalósido IV que estimula el acoplamiento de ambos procesos mediante la regulación de factores angiogénicos. Esta interrelación fundamenta la necesidad de abordajes terapéuticos que contemplen simultáneamente la neovascularización y la neoformación ósea en sectores maxilares comprometidos.

Los avances en planificación quirúrgica preoperatoria, como los reportados por Weill et al. (10) con dispositivos distractores externos personalizados mediante tecnología CAD-CAM, han incrementado significativamente la predictibilidad de la DO



mandibular. Paralelamente, abordajes innovadores como la distracción no osteogénica de tejidos blandos periostales descrita por Nixon-Martins et al. (8) amplían el espectro de aplicaciones en casos complejos como la microsomía hemifacial bilateral con compromiso de la articulación temporomandibular.

La caracterización de poblaciones celulares específicas como los PRRX1+MSCs por Jiang et al. (11) y las células suturales periostales por Liang et al. (14) proporciona nuevas perspectivas sobre los componentes celulares determinantes en la regeneración mandibular y la distracción transsutural, con potencial aplicación en defectos maxilares segmentarios.

CONCLUSIÓN

La distracción osteogénica representa una técnica prometedora para la reconstrucción de maxilares atrofiados, sustentada en sólidos fundamentos biológicos y avances tecnológicos. La evidencia actual demuestra la importancia crítica de las vías de señalización Wnt/ β -catenina y Hedgehog en la regulación de la osteogénesis, así como la interdependencia entre angiogénesis y formación ósea para resultados óptimos. Los desarrollos en dispositivos personalizados, planificación preoperatoria y caracterización de poblaciones celulares específicas han mejorado significativamente la predictibilidad y eficacia del procedimiento. Sin embargo, persisten desafíos relacionados con la preservación neurovascular, optimización de protocolos y manejo de complicaciones.

FINANCIAMIENTO

No monetario

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la dirección de investigación de UNIANDES.



REFERENCIAS

1. Kerbrat JB, Miskowiak C, Trost O, Kerbrat A. Osteogenic distraction to treat solitary median maxillary central incisor (SMMCI) syndrome: a case report. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2022;51(11):1469-1472. doi:10.1016/j.ijom.2022.03.006
2. Shen J, Sun Y, Liu X, et al. EGFL6 regulates angiogenesis and osteogenesis in distraction osteogenesis via Wnt/ β -catenin signaling. *Stem Cell Res Ther.* 2021;12(1):415. Published 2021 Jul 22. doi:10.1186/s13287-021-02487-3
3. Jin M, An Y, Wang Z, et al. Distraction force promotes the osteogenic differentiation of Gli1+ cells in facial sutures via primary cilia-mediated Hedgehog signaling pathway. *Stem Cell Res Ther.* 2024;15(1):198. Published 2024 Jul 6. doi:10.1186/s13287-024-03811-3
4. Tevlin R, Griffin M, Chen K, et al. Denervation during mandibular distraction osteogenesis results in impaired bone formation. *Sci Rep.* 2023;13(1):2097. Published 2023 Feb 6. doi:10.1038/s41598-023-27921-9
5. Wu XM, Mai YX, Wen YF, et al. Silence of HOTAIR promotes osteogenic differentiation and accelerates distraction osteogenesis by mediating FTO ubiquitination. *J Orthop Translat.* 2025;50:248-256. Published 2025 Jan 20. doi:10.1016/j.jot.2024.12.001
6. Wang F, Qian H, Kong L, et al. Accelerated Bone Regeneration by Astragaloside IV through Stimulating the Coupling of Osteogenesis and Angiogenesis. *Int J Biol Sci.* 2021;17(7):1821-1836. Published 2021 Apr 24. doi:10.7150/ijbs.57681
7. Altaweel AA, Baiomy AABA, Shoshan HS, et al. Evaluation of osteogenic potential of *Cissus quadrangularis* on mandibular alveolar ridge distraction. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):491. Published 2021 Oct 4. doi:10.1186/s12903-021-01847-y
8. Nixon-Martins A, Conduto D, Gomes AR, et al. Soft-tissue, non-osteogenic distraction of the mandible and lower face in bilateral hemifacial microsomia-technical report. *J Craniomaxillofac Surg.* 2024;52(4):469-471. doi:10.1016/j.jcms.2024.01.023
9. Ye J, Wang J, Zhao J, et al. RhoA/ROCK-TAZ Axis regulates bone formation within calvarial trans-sutural distraction osteogenesis. *Cell Signal.* 2024;121:111300. doi:10.1016/j.cellsig.2024.111300
10. Weill P, Dubois G, Preudhomme R, Rouch P, Veyssiere A, Benateau H. Optimisation du transfert de planification de la distraction ostéogénique



- mandibulaire par dispositif externe sur mesure [Improving the accuracy of the preoperative planning of mandibular osteogenic distraction by an external custom-made device]. *Ann Chir Plast Esthet.* 2023;68(2):113-122. doi:10.1016/j.anplas.2022.12.005
11. Jiang WD, Zhu PQ, Zhang T, et al. PRRX1+MSCs Enhance Mandibular Regeneration during Distraction Osteogenesis. *J Dent Res.* 2023;102(9):1058-1068. doi:10.1177/00220345231176522
 12. Pech Gourg G, Serratrice N, Gallucci A, Scavarda D. Upward vectors for osteogenic distraction treatment in secondary chronic intracranial hypertension in children undergoing scaphocephaly surgery: 2 cases reported. *Childs Nerv Syst.* 2020;36(6):1325-1330. doi:10.1007/s00381-019-04491-8
 13. Li K, Liu L, Zhang J, Liao C, Hu J, Song J. TP508 Promotes Bone Regeneration on Distraction Osteogenesis via the Activation of Wnt/ β -catenin Signaling Pathway. *Curr Pharm Biotechnol.* 2025;26(3):402-410. doi:10.2174/0113892010289575240306033011
 14. Liang W, Zhao E, Li G, Bi H, Zhao Z. Suture Cells in a Mechanical Stretching Niche: Critical Contributors to Trans-sutural Distraction Osteogenesis. *Calcif Tissue Int.* 2022;110(3):285-293. doi:10.1007/s00223-021-00927-z
 15. Zhang L, Peng Y, Guo T, Fang W, Li Z, Yang X. Uniaxial static strain enhances osteogenic and angiogenic potential under hypoxic conditions in distraction osteogenesis. *J Orthop Surg Res.* 2024;19(1):711. Published 2024 Nov 1. doi:10.1186/s13018-024-05212-x

Derechos de autor: 2024 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>