



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

INJERTOS ÓSEOS UTILIZADOS EN LA PRESERVACIÓN ALVEOLAR. UNA VISION ACTUAL. BONE GRAFTS USED IN ALVEOLAR PRESERVATION: A CURRENT VIEW

**BONE GRAFTS USED IN ALVEOLAR PRESERVATION: A
CURRENT PERSPECTIVE. BONE GRAFTS USED IN
ALVEOLAR PRESERVATION: A CURRENT VIEW**

Mg C.d. Guerra Gózar, Jessica Jannine
Universidad Privada Franklin Roosevelt

Mg. Esp. Astonitas Astonitas, Juan Carlos
Universidad Privada Franklin Roosevelt

Injertos óseos utilizados en la preservación alveolar. Una vision actual. Bone grafts used in alveolar preservation: a current view

Mg C.d. Guerra Gózar, Jessica Jannine¹

jessicaguerragoza@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4424-5557>

Magister en Gestion de los Servicios de la Salud

Post grado de Universidad Privada Franklin Roosevelt

Huancayo – Perú

Mg. Esp. Astonitas Astonitas, Juan Carlos

jastonitas@uroosevelt.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-1815-1256>

Magister en Docencia e Investigación en Estomatología.

Especialista en Periodoncia e Implantes

Docente de la Universidad Privada Franklin

Roosevelt

Huancayo – Perú

RESUMEN

Un volumen óseo adecuado y una morfología ósea favorable es importante para la futura colocación exitosa de los implantes dentales, la Preservación del Reborde Alveolar (PRA) conserva estas características, evitando el colapso de los tejidos blandos en el alvéolo post extracción. Los sustitutos óseos en odontología tienen como principal objetivo, regenerar o rellenar zonas óseas defectuosas, en esta revisión de literatura analizamos la eficacia de los injertos óseos en la preservación del volumen y estética del alveolo post exodoncia. sin olvidar los elementos de barrera que evitan el ingreso de tejido blando en el alveolo. La búsqueda de la literatura se realizó en base a los descriptores de salud DECS que son las palabras clave como Preservación de la cresta alveolar, regeneración ósea, extracción dental, injerto óseo, sustitutos óseos y materiales de relleno óseo de los últimos 5 años (2020 – 2025). Conociendo que la osteoconducción proporciona la estructura, la osteoinducción aporta las señales químicas y la osteogénesis aporta las células de origen. Los injertos autólogos, considerados el estándar de oro, ofrecen una excelente biocompatibilidad gracias a su capacidad de integración y a sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras.

Palabras clave: preservación de cresta alveolar, injerto óseo, sustitutos óseos.

¹ Autor principal

Correspondencia: jessicaguerragoza@gmail.com

Bone Grafts Used in Alveolar Preservation: A Current Perspective. Bone grafts used in alveolar preservation: a current view

ABSTRACT

Adequate bone volume and favorable bone morphology are important for the successful future placement of dental implants. Alveolar Ridge Preservation (ARP) maintains these characteristics, preventing soft tissue collapse in the post-extraction socket. Bone substitutes in dentistry primarily aim to regenerate or fill defective bone areas. In this literature review, we analyze the effectiveness of bone grafts in preserving the volume and aesthetics of the post-extraction socket, while also considering the barrier elements that prevent soft tissue intrusion into the socket. The literature search was conducted using the DeCS health descriptors, specifically keywords such as alveolar ridge preservation, bone regeneration, tooth extraction, bone grafting, bone substitutes, and bone filling materials, for the last 5 years (2020–2025). Knowing that osteoconduction provides the structure, osteoinduction provides the chemical signals, and osteogenesis provides the cells of origin, autologous grafts, considered the gold standard, offer excellent biocompatibility thanks to their integration capacity and their osteogenic, osteoinductive, and osteoconductive properties.

Keywords: alveolar ridge preservation, bone graft, bone substitutes

*Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026*



INTRODUCCIÓN

El hueso alveolar es un componente fundamental de la estructura de soporte dental, compuesto por el hueso alveolar propiamente dicho, el hueso cortical, la cresta alveolar y el hueso trabecular. Su conservación es esencial para el éxito de las restauraciones implanto soportadas. Cuando retiramos un diente de la cavidad alveolar, se producen modificaciones histológicas, lo que puede comprometer la integridad estructural de la cresta alveolar.^{1 2} comprender la microarquitectura de este hueso es vital para mejorar el éxito de la terapia implantológica.³

Un volumen óseo adecuado y una morfología ósea favorable es importante para la colocación exitosa de los implantes dentales. Al detener la reabsorción ósea post extracción, la Preservación del Reborde Alveolar (PRA) conserva estas características óseas, evitando el colapso de los tejidos blandos en el alvéolo post extracción, la PRA ayuda a mantener la arquitectura gingival para restauraciones de aspecto natural.⁴

Los injertos óseos, incluyendo trasplantes de materiales autógenos, xenógenos, alógenos y aloplásticos, pueden proporcionar un volumen óseo suficiente para garantizar la correcta colocación posterior del implante dental, una osteointegración predictiva de estos y una rehabilitación protésica exitosa de los pacientes.⁵ identificar los diversos sustitutos óseos osteogénicos, osteoinductores y osteoconductores sería un pilar fundamental para lograr discernir entre los diversos sustitutos óseos según las características propias de nuestros pacientes, con el fin de obtener resultados predictivos.

Por lo tanto, debemos lograr comprender los cambios biológicos que se producen tras la extracción dental, y así analizar la eficacia de los injertos óseos osteogénicos, osteoinductores y osteoconductores utilizados en la preservación (PRA) post exodoncia del reborde alveolar.

LA REALIDAD.

El proceso alveolar es una estructura dependiente del diente; por lo tanto, la extracción dentaria produce una marcada reducción de su dimensión debido al proceso de modelado, la dimensión horizontal como la vertical se verán notablemente disminuidas. La pared vestibular del alvéolo postextracción se reducirá más que la pared ósea lingual/palatina correspondiente.^{6, 7} la reabsorción ósea tras la extracción no se produce de forma uniforme. La cantidad de hueso nuevo que se forma dentro del alvéolo tras la extracción y el grado de reducción volumétrica de la cresta alveolar pueden variar no solo entre



individuos, sino también entre diferentes alvéolos del mismo paciente. Varios estudios en humanos revelaron cambios dimensionales relativamente grandes durante los primeros 3 a 6 meses tras las extracciones, seguidos de una reducción ósea gradual a largo plazo con una pérdida anual estimada del contorno óseo del 0,5 al 1 %, que se produce predominantemente en la cara bucal de la cresta.^{8,9}

La preservación del volumen y el contorno de la cresta alveolar es crucial no solo para mantener una dentición sana y funcional, sino también para evitar cirugías reconstructivas complejas y costosas posteriormente.⁴ en la cirugía oral contemporánea, existe una creciente necesidad de aportar mayor volumen óseo, con el objetivo de una correcta rehabilitación implanto-protésica.⁵

Se han utilizado materiales de injerto óseo tradicionales, como autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos y aloplastos, para mantener el volumen de la cresta alveolar; sin embargo, presentan desafíos como la morbilidad de la zona donante, la posible transmisión de enfermedades y la falta de interacción biológica.¹⁰ El uso de membranas de barrera en la regeneración ósea guiada (ROG) para proteger el coágulo sanguíneo y separar el material del injerto del tejido blando suprayacente resultó prometedor, aunque limitaciones como la exposición de la membrana, la infección y la necesidad de una intervención quirúrgica adicional para la extracción de la membrana constituyeron inconvenientes significativos. La búsqueda de materiales ideales para rellenar el alvéolo y favorecer el crecimiento óseo nuevo condujo a resultados dispares, con complicaciones como la migración del material, la infección y el retraso en la cicatrización.⁴

Los sustitutos óseos en odontología tienen como objetivo principal, regenerar o rellenar zonas óseas defectuosas,¹¹ los xenoinjertos, que presentan bajas tasas de reabsorción y propiedades osteoconductoras, representan una categoría de estos sustitutos.⁷ estudios histológicos en humanos han demostrado que, si bien la colocación de xenoinjertos puede prolongar el período de cicatrización, mantiene eficazmente las dimensiones del alvéolo y la cresta en comparación con las zonas sin injerto.

7

Los trasplantes óseos autógenos se han estudiado principalmente por su poder osteoinductivo y osteoconductor y la gran biocompatibilidad de estos injertos. Los autoinjertos pueden derivarse de sitios intraorales, como la rama y la sínfisis de la mandíbula y la tuberosidad maxilar, o de sitios donantes extraorales como el cráneo, la cresta ilíaca y la tibia del humano. Sin embargo, las limitaciones



relacionadas con el hueso del sitio donante y el proceso de curación han dado paso a nuevas técnicas de aumento óseo, como el uso de factores de crecimiento.⁵

La incorporación de células madre mesenquimales y células endoteliales vasculares en materiales de reparación ósea es un salto significativo hacia el logro de una mejor regeneración y vascularización ósea¹². Enfoques innovadores como el desarrollo de hidrogeles inyectables que pueden fotocurarse para estabilizarse dentro del alvéolo ofrecen aplicaciones mínimamente invasivas que se ajustan a la compleja anatomía del alvéolo de extracción¹³. Además, las modernas tecnologías de impresión 3D y diseños de andamios permiten la creación de implantes y materiales específicos para cada paciente, lo que potencialmente mejora los resultados de PRA al ofrecer soluciones de tratamiento a medida.⁴⁻¹³

En la ingeniería tisular moderna, las células madre, los factores de crecimiento y los andamios son tres elementos fundamentales. Las células madre están dotadas de la denominada "plasticidad", es decir, se replican continuamente y pueden dar lugar a líneas celulares especializadas¹³. El segundo elemento, los andamios, es un microambiente necesario para el crecimiento y la diferenciación celular, actúa como una matriz que estimula la adhesión y la migración celular, promoviendo así el desarrollo de órganos y tejidos⁵. Finalmente, los factores de crecimiento son proteínas que encadenan receptores que inducen la proliferación y diferenciación celular, promoviendo así la regeneración de los tejidos lesionados⁵.

Diversos estudios han demostrado que el uso de proteínas morfogenéticas óseas (BMP) en andamiajes de colágeno o coágulos sanguíneos, impulsando significativamente la cicatrización ósea y promoviendo la formación de nuevo tejido óseo¹⁴. Además, estudios recientes destacan el papel crucial que desempeñan la inflamación y las vías de señalización celular en el proceso de reparación ósea¹⁴ un enfoque novedoso y prometedor se centra en el uso de los propios tejidos del cuerpo, especialmente el periostio, como biorreactor que facilita la regeneración ósea².

El hueso bovino desproteinizado ha demostrado ser prometedor en la reconstrucción alveolar, aunque algunos estudios han reportado limitaciones que incluyen preservación incompleta y proliferación excesiva de tejido conectivo⁷. Materiales alternativos como la hidroxiapatita y el sulfato de calcio han demostrado éxito en los procedimientos de preservación. Sin embargo, el hueso autógeno continúa siendo el estándar de oro, mostrando resultados superiores en comparación con los materiales de aloinjerto.¹⁵⁻⁷ la PRA convencional implica el uso de sustitutos óseos junto con una membrana de



recubrimiento. En casos de alvéolos de extracción simple, la aplicación de una membrana y sutura mediante cirugía sin colgajo es sencilla, lo que la convierte en un procedimiento clínico fácil de realizar¹⁶.

LITERATURA REVISADA

Nistor PA, Cârdea A (2025). Rumania. Presentan un artículo titulado: Avances en el efecto del ácido hialurónico (HAY) en la preservación de la cresta alveolar. investigación narrativa cuyo objetivo es evaluar la evidencia clínica y preclínica actual sobre los efectos biológicos de HYA y evaluar su aplicación en PRA, ya sea solo o en combinación con otros productos, con respecto a su impacto en los cambios dimensionales de los tejidos duros y blandos, la cicatrización temprana de heridas y las tasas de éxito de los implantes. El ácido hialurónico (HYA) se ha convertido en un agente biológico prometedor para la PRA debido a sus propiedades osteoinductivas, antimicrobianas y antiinflamatorias. La combinación de HYA con un injerto óseo y un injerto palatino libre resultó en cantidades significativamente mayores de hueso neoformado y maduro, una reducción de los cambios clínicos en el ancho óseo, una menor pérdida ósea crestal radiográfica ($p < 0,01$) y una disminución de la reabsorción ósea volumétrica y lineal radiológica ($p = 0,018$). El conocimiento de los efectos de la HYA facilita la selección de enfoques personalizados de PRA, diseñados para optimizar los resultados de las intervenciones posteriores.⁸

Madi M (2025) en Arabia Saudita presentan un estudio titulado: Efecto de dos materiales de injerto óseo desproteinizados para la preservación del alvéolo: un estudio clínico e histológico cuyo objetivo fue evaluar los cambios dimensionales y la formación de hueso nuevo de dos minerales óseos bovinos desproteinizados, Bio-Oss y NuOss, utilizados para la preservación alveolar. Dieciocho alvéolos de extracción se aumentaron con NuOss o Bio-Oss y se cubrieron con una membrana de colágeno. Después de seis meses, la cefalometría de haz cónico (CBCT) evaluó los cambios dimensionales en el ancho bucolingual y el grosor del hueso bucal. Se obtuvieron biopsias de núcleo óseo durante la colocación del implante y se descalcificaron para el examen histomorfológico. NuOss demostró una neoformación ósea significativamente mayor ($52,5 \pm 2,5 \%$) en comparación con Bio-Oss ($37,5 \pm 2,5 \%$; $p = 0,0021$), con menor material de injerto residual ($27,5 \pm 2,5 \%$ frente a $42,5 \pm 2,5 \%$; $p = 0,0018$). Los casos injertados con Bio-Oss mostraron una infiltración de células inflamatorias más pronunciada. Este



estudio demostró que tanto Bio-Oss como NuOss son eficaces para mantener las dimensiones del reborde alveolar tras la extracción dental. NuOss mostró resultados superiores en cuanto a formación de hueso nuevo, menor material de injerto residual y menor respuesta inflamatoria.⁷

Kim YJ (2025) Korea describieron un artículo titulado una Nueva técnica de preservación de la cresta alveolar de doble capa mediante matriz de colágeno en una región de extracción con colapso periodontal. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia clínica de una nueva técnica de PRA que incorpora una capa adicional de matriz de colágeno xenogénico en la parte superior del área de tratamiento (es decir, la nueva técnica de PRA de doble capa). La cobertura adicional de la matriz de colágeno protegió el injerto óseo interno y promovió la regeneración y cicatrización de los tejidos blandos externos en los casos de muestra. Concluyendo que la nueva técnica PRA de doble capa, con una cobertura adicional de matriz de colágeno en comparación con la técnica PRA convencional, mejora la regeneración tisular total y la cicatrización en zonas de extracción con colapso periodontal.¹⁶

De Pace, R. (2025) en Italia presenta un artículo titulado Regeneración ósea: una revisión de las estrategias de tratamiento. Revisión actual de literatura que tiene como objetivo evaluar los enfoques más recientes en regeneración ósea, incluyendo injertos autólogos, alogénicos y xenogénicos, biomateriales de origen natural y sustitutos sintéticos innovadores como biocerámicas, vidrios bioactivos, metales, polímeros, materiales compuestos y otras aplicaciones especializadas. Los hallazgos enfatizan la necesidad de un enfoque integrado que combine la investigación científica, la práctica clínica y la innovación tecnológica para mejorar las terapias de regeneración ósea. Concluyendo que las estrategias terapéuticas actuales, que abarcan desde injertos óseos autólogos, alogénicos y xenogénicos hasta biomateriales naturales, sintéticos y compuestos, ofrecen numerosas opciones para el tratamiento de los defectos óseos. Sin embargo, cada una de estas soluciones presenta ventajas y limitaciones específicas, lo que hace necesario evaluar cuidadosamente cada caso. Las tecnologías emergentes, como la impresión 3D y el uso de biomateriales de ingeniería, están revolucionando el campo, permitiendo soluciones personalizadas y mejorando los resultados clínicos.¹⁷

Ronsivalle V (2025) presenta un artículo titulado: El papel del ácido hialurónico en la preservación de la cresta alveolar: una revisión sistemática de su potencial biológico y regenerativo según las directrices PRISMA y el Manual Cochrane. El objetivo de esta revisión es evaluar la actividad biológica del gel de



HA como adyuvante en el xenoinjerto para mejorar las propiedades de regeneración ósea y limitar la resorción ósea post-extracción. Se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science y Lilacs. Los injertos mejorados con AH mostraron resultados radiográficos e histológicos superiores, incluyendo mayor densidad ósea y menor contracción del injerto. Conclusión, la aplicación de AH en protocolos de PRA demuestra un potencial significativo para optimizar los resultados clínicos y regenerativos. La evidencia de esta revisión sistemática destaca la capacidad del AH, especialmente al combinarse con materiales de injerto, para mejorar la regeneración ósea, reducir la reabsorción y estabilizar los injertos.¹⁸

Wróbel P (2025) Polonia, presenta una serie de casos en un artículo titulado: Evaluación de la eficacia de la técnica de preservación del alvéolo utilizando materiales alogénicos y xenogénicos: un estudio preliminar. El objetivo principal de este estudio fue comparar la eficacia de los materiales xenogénicos frente a los alogénicos en la preservación de la cresta alveolar al combinarse con una membrana de colágeno. Otro objetivo fue el análisis histológico de biopsias óseas obtenidas durante la colocación del implante. Los pacientes del primer grupo fueron tratados con un material alogénico (BIOBank®, Biobank, París, Francia), mientras que los pacientes del segundo grupo fueron tratados con un material xenogénico (Geistlich Bio-Oss®, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suiza). Se realizó la extracción dental, tras lo cual se colocó el material apropiado en el alvéolo desbridado. El material se aseguró con una membrana de colágeno (Geistlich Bio-Gide®, Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suiza) y suturas, que se retiraron de 7 a 10 días después del procedimiento. Se realizaron exámenes de micro-CBCT para evaluar las dimensiones de la cresta alveolar y la densidad óptica ósea a los 7-10 días y seis meses después del procedimiento. La biopsia recuperada se sometió a examen histológico mediante tinción con hematoxilina y eosina (H&E) y tinción tricrómica de Masson. Los alvéolos rellenos con material alogénico mostraron una reducción estadísticamente significativamente menor de la altura ósea vestibular alveolar en comparación con los alvéolos rellenos con xenoinjertos. Por el contrario, los alvéolos rellenos con xenoinjertos mostraron una densidad óptica estadísticamente significativamente mayor tras el periodo de cicatrización. Además, nuestro análisis histológico sugirió una remodelación más rápida de los aloinjertos en hueso nativo. Sin embargo, esto debe interpretarse con cautela debido a



una posible discrepancia entre el área de la biopsia por trépano y el área rellena con material de aumento.

19

Olchoway A (2024) Polonia, presenta una revisión sistemática titulada: Revolucionando la regeneración ósea con un biomaterial molido de dentina: una revisión sistemática. El objetivo de este proyecto fue realizar una revisión sistemática para ofrecer un resumen exhaustivo de la evidencia sobre las propiedades regenerativas del biomaterial dentinario. Comprender el impacto de la dentina como biomaterial, incluso a nivel molecular, es crucial para los profesionales clínicos. Esta revisión sistemática se realizó mediante búsquedas exhaustivas en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science, así como una exploración exhaustiva de fuentes de literatura gris, como WorldCat, la Biblioteca de la Academia de Medicina de Nueva York y la base de datos Trip, siguiendo el protocolo PRISMA establecido. Palabras clave como diente, dentina, pulidor y autoinjerto guiaron la búsqueda. La composición química de las partículas de dentina fue similar a la del hueso natural en términos de contenido de oxígeno, carbono, calcio, fósforo, sodio y magnesio, así como en términos de la relación Ca/P. Además, la dentina también contenía estructuras de amida I y amida II, así como grupos funcionales alifáticos e hidroxilo. La dentina tratada químicamente estaba libre de microorganismos. La dentina tenía túbulos característicos que se abrieron después del tratamiento químico. A nivel celular, la dentina liberó la proteína morfogenética ósea 2, indujo un crecimiento celular significativo y estimuló la reorganización del citoesqueleto de fibroblastos. Conclusión, el biomaterial de dentina emerge como un sustituto óseo novedoso y versátil, con alta biocompatibilidad y fácil adquisición. La preservación de su estructura interna, enriquecida con abundante materia orgánica, aumenta su potencial para una regeneración ósea eficaz. los materiales derivados de dientes, con factores de crecimiento inherentes, representan una alternativa prometedora a los autoinjertos óseos tradicionales, ofreciendo el potencial de reducir la morbilidad del paciente y los costos del tratamiento.²⁰

Kim S, Kim SG (2024) Korea. Presenta un artículo titulado: Advancements in alveolar bone grafting and ridge preservation: a narrative review on materials, techniques, and clinical outcomes. Revisión bibliográfica. El objetivo fue proporcionar un análisis de estudios recientes que exploran la eficacia y los resultados clínicos de diversos materiales utilizados en la PRA, desde naturales hasta sintéticos, y desde materiales tradicionales hasta novedosos, como sustitutos óseos inyectables y andamios impresos



en 3D. Comenzamos describiendo la evolución desde los métodos tradicionales de PRA hasta alternativas de vanguardia, como la fibrina rica en plaquetas, los materiales inyectables de reparación ósea y los sistemas de hidrogel. El análisis crítico de diversos estudios revela que estos enfoques innovadores no solo aceleran la cicatrización ósea, sino que también mejoran significativamente los resultados informados por los pacientes, como la satisfacción, la percepción del dolor y la calidad de vida en general. Se hace hincapié en la correlación entre las técnicas avanzadas de PRA y la mejora de la comodidad del paciente y la eficacia clínica, lo que subraya su potencial transformador en la implantología dental. Destacando la efectividad de la PRA, la alta tasa de supervivencia de los implantes en un período de 5 a 7 años demostró la fiabilidad y el éxito de estos métodos. Además, los pacientes expresaron una alta satisfacción estética con el resultado en los tejidos blandos. El análisis económico revela un rango de costes variado para los sustitutos de injerto óseo (46,2 a 140 dólares) y los materiales de sellado de alvéolos (12 a 189 dólares), con una notable correlación entre la inversión en membranas de barrera y la disminución de la reabsorción horizontal y vertical de la cresta. En el campo de la PRA ha evolucionado significativamente, pasando de depender de materiales tradicionales como aloinjertos y xenoinjertos a adoptar enfoques innovadores, como la PRF, los materiales inyectables de reparación ósea y los sistemas avanzados de hidrogel. Nuestro análisis exhaustivo subraya el notable progreso en la mejora de la regeneración ósea, la reducción de los tiempos de recuperación y la mejora de los resultados clínicos. ⁴

Marian D, Toro G (2024) Romania. Presentan un artículo titulado. Desafíos e innovaciones en la regeneración ósea alveolar: una revisión narrativa sobre materiales, técnicas, resultados clínicos y direcciones futuras. Cuyo objetivo es explorar las estrategias y los desafíos clave en la regeneración ósea alveolar, destacando los procesos, materiales y técnicas biológicas, incluyendo la regeneración ósea guiada, los injertos óseos y el uso de factores de crecimiento y terapias con células madre. Examina técnicas tradicionales como la regeneración ósea guiada y el injerto óseo, junto con métodos más novedosos como la terapia con células madre, la terapia génica y la bioimpresión 3D. Esta revisión también analiza diferentes biomateriales, desde andamios bioactivos hasta nanomateriales, evaluando su eficacia para estimular el crecimiento celular y la cicatrización. Concluyendo que las innovaciones en nanotecnología, la investigación con células madre y los factores de crecimiento están impulsando



avances significativos, y los exosomas derivados de células madre emergen como un prometedor enfoque "sin células madre" para futuros tratamientos. La integración de materiales de vanguardia, factores de crecimiento y terapia génica ofrece un gran potencial. ²

Inchingolo F (2024) en Italia presenta un artículo titulado Regeneración ósea guiada: CGF y PRF combinados con diversos tipos de andamios: una revisión sistemática cuyo objetivo es evaluar el potencial regenerativo de los factores de crecimiento, como PRP, PRF, PRGF y CGF, cuando se utilizan en combinación con varios tipos de andamios en procedimientos de aumento óseo realizados en cirugía oral (regeneración ósea guiada [GBR], cresta dividida y elevación de seno [SL]). Los resultados indican que la PRF mejora la regeneración y estabilización ósea en los procedimientos de SL y aumento del reborde, mientras que los CGF facilitan las técnicas quirúrgicas y aumentan el hueso. Los factores de crecimiento también demuestran beneficios en la cicatrización de heridas, la reducción de la reabsorción ósea y la mejora de la preservación del alvéolo. Los estudios revisados demuestran cómo los andamios actúan como marco en los procedimientos de regeneración ósea y destacan la creciente importancia de los factores de crecimiento en el aumento óseo y la cicatrización de heridas. El PRF parece mejorar la regeneración y estabilización ósea tanto en la SL como en el aumento de cresta, mientras que el CGF puede facilitar las técnicas quirúrgicas y mejorar el aumento óseo. ⁵

REVISION DE CONCEPTOS

La regeneración ósea guiada (ROG) es particularmente beneficiosa para preparar el sitio para implantes dentales o reparar defectos óseos causados por traumatismos, extracciones dentales, enfermedad periodontal o afecciones congénitas. ²¹

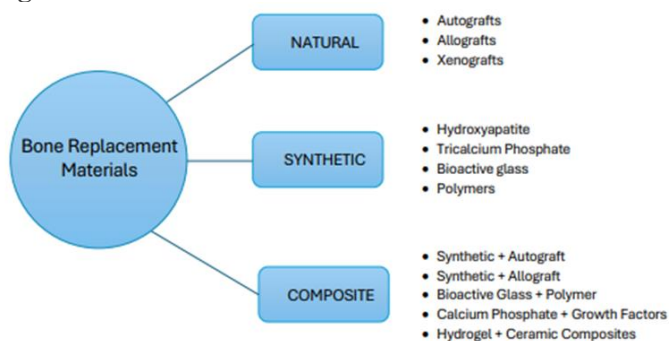
El principio fundamental de la ROG consiste en utilizar una membrana barrera para separar el defecto óseo de los tejidos blandos circundantes, asegurando así que solo las células óseas se ubiquen en la zona del defecto, fomentando así la formación de hueso nuevo. ²² se han sugerido diversas técnicas para la Preservación del Reborde Alveolar (PRA), utilizando materiales de injerto óseo, membranas de colágeno, matrices y productos biológicos. ²³ estas técnicas suelen seleccionarse en función de factores como la viabilidad de la colocación del implante, la calidad y cantidad de la cobertura mucosa en la región, la altura ósea vestibular remanente y las tasas de éxito esperadas del implante. La PRA es un procedimiento que implica el uso de biomateriales colocados dentro del alvéolo después de la extracción



dental para limitar la remodelación posterior. Un elemento crucial en la PRA es la barrera de tejido blando que protege el injerto óseo de reemplazo subyacente. En los últimos años, se han probado varios factores de crecimiento que actúan como adyuvantes biológicos para determinar cuál promueve el proceso de cicatrización y disminuye la reabsorción ósea fisiológica postextracción.²⁴

Existe una variedad de injertos óseos disponibles.

Figura 1: Sustitutos óseos



Fuente: Olchoway A, et al²⁰

Autoinjerto: hueso del propio cuerpo del paciente; alta biocompatibilidad Ventaja: aporta células osteogénicas y factores de crecimiento; bajo riesgo de rechazo o transmisión de enfermedades Desventaja: dolor, riesgo de infección en el sitio donante, disponibilidad limitada.² los injertos autólogos son una rica fuente de factores de crecimiento como BMP-2, BMP-4, factor de crecimiento de fibroblastos, VEGF, factor de crecimiento derivado de plaquetas y factor de crecimiento similar a la insulina. Los injertos autólogos ofrecen la ventaja de eliminar el riesgo de rechazo y transmisión de enfermedades, ya que se derivan del cuerpo del paciente.¹⁷

Aloinjerto: hueso de un donante humano; no necesita un segundo sitio quirúrgico Ventaja: mayor disponibilidad, no requiere cirugía adicional Desventaja: riesgo de transmisión de enfermedades.² los aloinjertos derivados de hueso de donantes vivos y cadáveres han sido una alternativa aceptada al autoinjerto. Se preparan extrayendo el tejido blando con etanol y luego se esterilizan.¹⁷ los aloinjertos pueden implantarse en tres formas: frescos, frescos congelados y liofilizados. Se pueden dividir en tres categorías: aloinjerto esponjoso, aloinjerto cortical y matriz ósea desmineralizada. La revisión sistemática de Moraschini et al. tuvo como objetivo evaluar la respuesta inmunitaria a los

procedimientos de injerto óseo alogénico en humanos. Los estudios indican que un promedio del 48 % de los pacientes permanece inmunosensibilizado tras recibir injertos óseos alogénicos.¹⁷

Xenoinjerto: hueso de origen animal, generalmente bovino; estimula eficazmente el crecimiento óseo.

Ventaja: ampliamente disponible, eficaz en la regeneración ósea.² los xenoinjertos se derivan de especies animales, son osteoconductores, relativamente económicos, no prolongan el tiempo de curación y se elimina la necesidad de un segundo sitio quirúrgico para la extracción ósea. Su disponibilidad, rentabilidad y posibilidad de producción en una amplia variedad de formas geométricas lo hacen adecuado para la producción en masa.¹⁷

Aloplasto: materiales sintéticos, personalizables y seguros. Ventaja: no hay riesgo de transmisión de enfermedades, adaptable a las necesidades del paciente, puede prevenir infecciones bacterianas.

Desventaja: puede que no se integre tan naturalmente como los injertos biológicos.²

Proteínas Morfogenéticas Óseas (BMP). Son proteínas esenciales que contribuyen al crecimiento y desarrollo celular, especialmente en huesos y cartílagos. Desempeñan un papel fundamental en la formación del esqueleto y en la consolidación ósea, como BMP-2, BMP-4, BMP-6, BMP-7 y BMP-14 son altamente efectivas para iniciar la formación ósea y establecer la estructura ósea para el hueso nuevo.

²⁶ BMP-2 y BMP-7 son proteínas utilizadas en tratamientos para promover la consolidación ósea, especialmente en la mandíbula. BMP-2 es altamente eficaz para la formación ósea rápida y fuerte, y se utiliza comúnmente en implantes dentales y reparaciones óseas. BMP-7 se utiliza para casos más complejos, como fracturas que no consolidan.²

Terapia con células madre. Muestra un gran potencial para la regeneración dental. Las células madre mesenquimales (MSC) son particularmente prometedoras debido a su capacidad para diferenciarse en osteoblastos formadores de hueso u odontoblastos formadores de dientes, así como a su papel en la modulación de la respuesta inmunitaria. Las MSC pueden obtenerse de diversos tejidos, tanto neonatales como adultos, lo que facilita su acceso para tratamientos regenerativos.²

Innovaciones y tecnologías emergentes. Un método prometedor es el uso de injertos óseos porcinos colagenados, que imitan fielmente el hueso natural. Estos han demostrado ser seguros y eficaces en diversos tratamientos regenerativos. En el ámbito tecnológico, la impresión 3D (fabricación aditiva) ha revolucionado el campo al permitir diseñar andamios personalizados que no solo promueven la



formación ósea, sino que también sirven de soporte para los materiales de injerto óseo durante todo el proceso de cicatrización. En este proceso se han utilizado diferentes materiales, como silicato de magnesio (CSi-Mg), aceite de soja epoxidado con acrilato (AESO) y policaprolactona (PCL).²⁷ la investigación también ha explorado la integración de óxido de grafeno (GO) con andamios impresos en 3D para abordar defectos óseos complejos.²

Las nanopartículas. Se están convirtiendo en una herramienta transformadora en la regeneración ósea, permitiendo una administración más precisa de fármacos y factores de crecimiento para mejorar la biodisponibilidad y los resultados del tratamiento. Estas diminutas partículas se presentan en diversas formas, como liposomas, micelas y nanopartículas poliméricas, todas diseñadas para mejorar la administración de fármacos y aumentar su eficacia.²

La terapia génica. Es un enfoque cada vez más prometedor en la regeneración ósea, centrado en mejorar la expresión de genes cruciales para el crecimiento óseo, como TGF- β 1 y BMP-2, esenciales para la formación ósea.

La terapia con láser de baja intensidad (LLLT). Es otra técnica prometedora para la regeneración ósea, ayuda a curar fracturas, estimular el crecimiento de vasos sanguíneos e incluso promover la capacidad de las células madre para formar hueso.²

Perspectivas futuras. Un desarrollo particularmente prometedor es la combinación de proteínas morfogenéticas óseas humanas recombinantes (rhBMP) con injertos óseos, que muestra un gran potencial para la reparación de defectos más grandes en la mandíbula.²⁷ la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (AA) tendrán un impacto significativo en la regeneración ósea y periodontal. La IA y el AA también se utilizan para predecir la eficacia de la regeneración ósea en pacientes específicos, lo que puede ayudar a tomar mejores decisiones durante las cirugías y optimizar la atención al paciente.^{27,2}

El Ácido Hialurónico (HYA). ha despertado interés en odontología debido a su biocompatibilidad, propiedades regenerativas, efectos antimicrobianos y antiinflamatorios, y su capacidad para promover la cicatrización.⁸ posee una capacidad única para unirse a diversas moléculas, como proteínas, lípidos y carbohidratos, contribuyendo así a la integridad estructural y homeostática de los tejidos²⁸. Como sustancia higroscópica, el HYA puede absorber y retener moléculas de agua, lo que le permite funcionar



como lubricante y amortiguador, protegiendo los tejidos del estrés mecánico. ⁸ gran capacidad osteoinductiva. ⁸

Andamios para el Aumento Óseo. Estos andamios pueden estar hechos de diversos materiales, como cerámica, polímeros o compuestos, cada uno con propiedades únicas que influyen en la regeneración tisular y actúan como estructuras temporales que favorecen la formación de hueso nuevo. Proporcionan estabilidad mecánica, previenen la invasión de tejidos blandos y guían la formación de hueso nuevo en la forma y ubicación deseadas. ⁵

Biomateriales de origen natural. Como el colágeno (Col), la gelatina (Gel), el alginato (Alg), la fibrina, la fibrina de seda (SF), el ácido hialurónico (AH), los polihidroxicanoatos (PHA) y el quitosano (CS), son producidos por organismos vivos y se degradan en dióxido de carbono y agua. Los polímeros naturales se utilizan ampliamente en la ingeniería de tejidos debido a su biocompatibilidad y biodegradabilidad naturales; sin embargo, a menudo carecen de las propiedades mecánicas requeridas.

¹⁷ el colágeno I, es un componente clave del hueso natural, las membranas de Col I se aplican ampliamente en la regeneración ósea guiada (GBR) para mejorar la cicatrización de los tejidos blandos y la integración tisular, a pesar de las limitaciones en la resistencia mecánica y las tasas de reabsorción.

²⁹ el gel se utiliza ampliamente en la regeneración ósea, pero suele combinarse con otros materiales para mejorar el rendimiento de los andamios. ¹⁷

Injertos óseos sintéticos. están disponibles en diversas formas, como moldeables, en gránulos, inyectables e impresos en 3D. ³⁰ diversos materiales sintéticos están clínicamente disponibles para estabilizar y reparar defectos óseos grandes, incluyendo metales (p. ej., acero inoxidable), biovidrio, biocerámicas (p. ej., hidroxiapatita, fosfato tricálcico y vidrios bioactivos) y polímeros orgánicos (p. ej., ácido poliláctico, ácido poliláctico-co-glicólico y policaprolactona). Los injertos moldeables y en pellets son ventajosos en casos de trauma o cuando no se ha planificado previamente una cirugía para imprimir un injerto en 3D. ³⁰ Las biocerámicas se han estudiado ampliamente para el tratamiento de defectos óseos debido a su favorable biocompatibilidad, biodegradabilidad, osteoconductividad y osteoinductividad. Sin embargo, los polvos biocerámicos no pueden utilizarse directamente para la reparación ósea debido a su rápida degradación y pérdida de volumen. ¹⁷ el vidrio bioactivo (BG) o biovidrio, un material a base de sílice se utiliza ampliamente como injerto óseo sintético. Este material



estimula la capacidad de regeneración del cuerpo del paciente y posee propiedades antibacterianas gracias a su composición alcalina ³⁰, pero presenta una degradación limitada y bajas propiedades mecánicas que restringen su uso en zonas de carga. ¹⁷

Materiales Sintéticos Orgánicos Poliméricos. El PMMA es un polímero termoplástico conocido por su buena biocompatibilidad y propiedades mecánicas. El PMMA tiende a fragmentarse con facilidad, lo que puede provocar reacciones a cuerpo extraño, provocando el aflojamiento de la prótesis y la osteólisis. Como resultado, se han desarrollado nuevas aplicaciones para el PMMA, incluyendo su uso en materiales compuestos y la impresión 3D de bioimplantes personalizados. ¹⁷ biomateriales sintéticos, como las biocerámicas, los vidrios bioactivos, los metales y los polímeros orgánicos, presentan excelentes propiedades osteoconductoras, aunque se ven limitadas por su fragilidad y baja moldeabilidad. ¹⁷

Las membranas no reabsorbibles, como el politetrafluoroetileno expandido (ePTFE) y el PTFE denso (dPTFE), proporcionan una fuerte estabilidad mecánica y mantienen el ritmo necesario para la regeneración ósea. Sin embargo, deben eliminarse quirúrgicamente después de cumplir su propósito. ²

Las membranas de colágeno. Se emplean ampliamente con sustitutos óseos en PRA. Las membranas de colágeno ya sean derivadas de tejido conectivo animal o sintetizadas, actúan como barreras que impiden la invasión de tejidos blandos en el defecto óseo, lo que permite la regeneración ósea. Estas membranas son biorreabsorbibles, lo que elimina la necesidad de cirugía secundaria para su extracción y crea un entorno propicio para la consolidación ósea. ⁴

Concentrados de plaquetas: Diversos estudios han propuesto que la PRF puede utilizarse para favorecer la regeneración ósea durante el PRA, combinada con materiales de injerto óseo, aunque su eficacia para mejorar la regeneración ósea en la PRA sigue siendo objeto de investigación. ⁴

Materiales inyectables de reparación ósea: como ilustran los trabajos de Guo et al., ³¹ los materiales inyectables de reparación ósea ofrecen un enfoque mínimamente invasivo para la reparación ósea, mostrando un potencial significativo para preservar la cresta alveolar tras la extracción. ³¹

METODO DE RECOLECCION DE DATOS

La búsqueda de la literatura se realizó en base a los descriptores de salud DECS que son las palabras clave como Preservación de la cresta alveolar, regeneración ósea, extracción dental, injerto óseo,



sustitutos óseos y materiales de relleno óseo de los últimos 5 años (2020 – 2025) y en los buscadores como PubMed, Scopus, Latindex, Dialnet, Scielo y Google Scholar, esos artículos fueron traducidos en su totalidad del idioma inglés al español, obteniendo un total de 32 artículos.

Tabla1: Resultados de la revisión de artículos. Fuente propia

AUTOR - AÑO	LUGAR	TIPO DE ESTUDIO
Nistor PA, 2025	Rumania	Revisión Bibliográfica
Madi M, 2025	Arabia Saudita	Clínico e Histológico
Kim YJ, 2025	Korea	Nueva técnica PRA
De Pace, 2025	Italia	Revisión de literatura,
Ronsivalle V, 2025	Italia	Revisión sistemática
Wróbel P, 2025	Polonia	Serie de casos
Marian D, 2024	Rumania	Revisión de literatura
Inchingolo F, 2024	Italia	Revisión sistemática
Olchoway A, 2024	Polonia	Revisión sistemática
A. M. Inchingolo, 2023	Italia	Revisión sistemática
RAD, 2023	Iran	Revisión de literatura
Mizraji G, 2023	Finlandia	Nuevos biomateriales
Mardas N, 2023	Inglaterra	Serie de casos
Cong, B.B.; 2023	China	Factores de crecimiento
Shao, H. 2023	China	Revisión de literatura
Wu, Y., 2022	China	Nuevos materiales
Miglani, A 2023	India	Nuevos materiales
Fan, L.; 2023	Alemania	Revisión de literatura
Guo X, 2023	China	Bioingeniería
Di Stefano DA, 2022	Italia	Revisión sistemática.
Wu, Y., 2022	China	Nuevos materiales
Gillman, C.E.; 2021	EE. UU	Casos clínicos
Salah M, 2020	Inglaterra	Ingeniería de tejidos
Sampath TK, 2020	EE. UU.	Estudio in vivo
Stumbras A, 2019	Lituania	Revisión sistemática
Tonetti, M.S. 2019	Varios países	Consensos clínicos
Jung RE, 2018	Suiza	Revisión de literatura
Martin V, 2018	Portugal	Biomateriales
Jung, R.E., 2018	Suiza	Revisión de literatura
Monje A, 2015	España. China	Revisión sistemática y metaanálisis
Schropp L, 2003	Dinamarca	Clínico y radiográfico

DISCUSIÓN.

Un metaanálisis de estudios de Natto et al. ¹⁹ sobre la eficacia de la preservación alveolar con materiales xenogénicos y alogénicos mostró que los materiales xenogénicos fueron más eficaces para mantener la anchura alveolar, mientras que los materiales alogénicos lo fueron para mantener la altura alveolar. ¹⁹ un factor importante que influye en la neoformación ósea es el uso de membranas de barrera. Estas



membranas actúan como barrera mecánica contra la penetración de tejido epitelial en los defectos óseos, lo que garantiza el tiempo suficiente para la formación ósea. ¹⁹ la aplicación de membranas mejora la eficacia clínica de la preservación de la cresta alveolar. ¹⁹

Los aloinjertos derivados de humanos pueden ofrecer una mejor integración biológica, mientras que los xenoinjertos derivados de bovinos con sus tasas de reabsorción más largas proporcionan un andamiaje sostenido. Mientras que los aloinjertos conllevan un riesgo de transmisión de enfermedades y reacciones inmunogénicas, aunque mínimo debido a los estrictos estándares de procesamiento, los xenoinjertos representan un riesgo menor debido a la barrera inter-especie. Ambos tipos de injerto han mostrado resultados clínicos prometedores en la preservación y regeneración del volumen óseo. ⁴ sin embargo, la mayor percepción del dolor se asocia a los xenoinjertos, como se observó en el estudio de Saliba et al. ⁴. Los factores económicos, la disponibilidad, las regulaciones regionales y las preferencias de los pacientes también pueden influir en la elección entre aloinjertos y xenoinjertos ⁴ el uso combinado de material de sustituto óseo xenogénico recubierto con una membrana de colágeno bicapa nativa ha demostrado ser prometedor en la preservación de la cresta alveolar. ⁴

Una revisión sistemática mostró que los procedimientos con aloinjertos produjeron los porcentajes óseos más altos a los 3 meses (54,4%), mientras que los que utilizaron xenoinjertos obtuvieron los porcentajes más bajos a los 5 meses (23,6%) ⁴. Otros estudios han comparado diferentes técnicas de PRA, como la GBR, la técnica de sellado de alvéolos (SS) o la cicatrización alveolar sin asistencia, revelando cambios óseos radiográficos tras la PRA. ⁴ además, algunos estudios han evaluado la combinación de diferentes materiales y técnicas, como la combinación de PRF con diferentes materiales de injerto óseo, lo que indica posibles beneficios en la regeneración ósea. ⁴

Vignoletti et al. ⁷ concluyeron que el injerto alveolar con biomaterial puede resultar en una menor contracción vertical y horizontal de la cresta ósea, pero también que no existe una guía clara respaldada por evidencia científica que indique el tipo de biomaterial que se debe utilizar. Avila-Ortiz et al. ⁷ la aplicación de materiales xenogénicos o alogénicos particulados cubiertos con una membrana de colágeno absorbible o una esponja de colágeno de rápida absorción parece estar asociada con los resultados más favorables en términos de preservación de la cresta horizontal. ⁷



Madi et al. ⁴ corroboraron la eficacia del PRF en la preservación del alvéolo mediante una revisión sistemática que evaluó el impacto de varios materiales de injerto en el hueso neoformado, tanto histológica como radiográficamente. Entre los materiales examinados, el PRF emergió por su capacidad para promover la formación satisfactoria de hueso nuevo a la vez que preserva el contorno de la cresta. ⁴ en otra revisión, Santos Pereira et al. ⁴ analizaron las ventajas de la fibrina rica en plaquetas avanzada (A-PRF) en la regeneración tisular durante la cirugía reconstructiva y el injerto mandibular. Los hallazgos del estudio posicionaron a la A-PRF como un complemento beneficioso para mantener el perfil de la cresta, aumentar la densidad ósea y acelerar la reparación tisular tras la extracción. ⁴ además, la revisión destacó el potencial de la A-PRF para aliviar el dolor y la inflamación posoperatorios, además de contribuir a una cicatrización epitelial más rápida. ⁴ el aloinjerto mostró una tendencia a reducir menos la pérdida de ancho alveolar, mientras que el xenoinjerto mostró una tendencia a reducir la pérdida de altura alveolar. ¹⁹

Los estudios clínicos informaron una mejora significativa del hueso neoformado tras la aplicación intraalveolar de ácido hialurónico HYA como un único abordaje a los 30 días ($p = 0,004$) ⁸, así como a los cuatro meses tras la HYA asociada con un injerto óseo más injerto palatino libre ($p < 0,01$) y a los tres meses tras la PRA con HYA más esponja de colágeno o HYA más injerto óseo ($p = 0,008$). ⁸

Abaza et al. ⁵ compararon i-PRF con ácido hialurónico (AH) combinado con xenoinjertos para la preservación de la cresta alveolar. 36 pacientes recibieron uno de tres tratamientos: i-PRF con xenoinjertos, AH con xenoinjertos o xenoinjertos solos. Se realizaron tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) y evaluaciones clínicas a los 4 meses y al año de la cirugía, y una evaluación histológica a los 4 meses. Los resultados mostraron que el grupo de AH presentó la mayor ganancia ósea radiográfica y resultados histológicos superiores en comparación con el grupo de i-PRF y otros grupos. ⁵ además, el i-PRF mejoró el grosor de los tejidos blandos. ⁵ diversos estudios han demostrado el importante papel de la dentina autóloga en la reconstrucción ósea ²⁰. En un ensayo controlado aleatorizado, Santos et al. ²⁰ compararon la dentina mineralizada autóloga con gránulos de xenoinjerto para la preservación de la cresta en la implantación diferida. El porcentaje de hueso neoformado dentro de la matriz de dentina mineralizada fue significativamente mayor que el observado con xenoinjerto (47,3 % frente a 34,9 %; $p < 0,001$). ²⁰



CONCLUSIONES

Los injertos autólogos, considerados el estándar de oro, ofrecen una excelente biocompatibilidad gracias a su capacidad de integración y a sus propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras. Sin embargo, su aplicación está limitada por la disponibilidad de tejido, la morbilidad de la zona donante y las complicaciones postoperatorias.

Los injertos alogénicos representan una alternativa útil, especialmente en forma de matriz ósea desmineralizada (DBM), que, si bien posee propiedades osteoinductoras, suele verse perjudicada por tratamientos de esterilización que reducen su eficacia biológica. Las complicaciones inmunogénicas, el riesgo de transmisión de enfermedades y, a menudo, la insuficiencia de suministro limita aún más su uso generalizado.

Se ha demostrado que el material óseo bovino desmineralizado es biológicamente inerte y osteoconductor. Los xenoinjertos ofrecen un mantenimiento adecuado del volumen óseo, pero sus mayores limitaciones son el período de cicatrización y la cantidad de regeneración ósea nueva.

Al elegir un abordaje de PRA, se deben considerar diversos factores, como la altura ósea interproximal, el grosor y la integridad de la placa ósea vestibular, el estado de las paredes restantes del alvéolo de extracción, el contorno del tejido blando en relación con el hueso subyacente y el fenotipo gingival.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Di Stefano DA, Orlando F, Ottobelli M, Fiori D, Garagiola U. A comparison between anorganic bone and collagen-preserving bone xenografts for alveolar ridge preservation: systematic review and future perspectives. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2022 Jul 12;44(1):24. doi: 10.1186/s40902-022-00349-3. PMID: 35821286; PMCID: PMC9276906.
2. Marian D, Toro G, D'Amico G, Trotta MC, D'Amico M, Petre A, Lile I, Hermenean A, Fratila A. Challenges and Innovations in Alveolar Bone Regeneration: A Narrative Review on Materials, Techniques, Clinical Outcomes, and Future Directions. *Medicina (Kaunas)*. 2024 Dec 27;61(1):20. doi: 10.3390/medicina61010020. PMID: 39859003; PMCID: PMC11766548.
3. Monje A, Chan HL, Galindo-Moreno P, Elnayef B, Suarez-Lopez del Amo F, Wang F, Wang HL. Alveolar Bone Architecture: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Periodontology*. 2015 Nov;86(11):1231-48.



doi: 10.1902/jop.2015.150263. Epub 2015 Jul 16. PMID: 26177631.

4. Kim S, Kim SG. Advancements in alveolar bone grafting and ridge preservation: a narrative review on materials, techniques, and clinical outcomes. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2024 Apr 16;46(1):14. doi: 10.1186/s40902-024-00425-w. PMID: 38625426; PMCID: PMC11021384.
5. Inchingolo F, Inchingolo AM, Latini G, de Ruvo E, Campanelli M, Palermo A, Fabbro MD, Blasio MD, Inchingolo AD, Dipalma G. Guided Bone Regeneration: CGF and PRF Combined with Various Types of Scaffolds-A Systematic Review. *Int J Dent*. 2024 Dec 5; 2024:4990295. doi: 10.1155/ijod/4990295. PMID: 39669891; PMCID: PMC11637628.
6. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003 Aug;23(4):313-23. PMID: 12956475.
7. Madi M, Al-Naief NS, Alagl AS. Effect of two deproteinized bone graft materials for socket preservation: a clinical and histological study. *Front Oral Health*. 2025 Jul 9; 6:1630504. doi: 10.3389/froh.2025.1630504. PMID: 40703977; PMCID: PMC12283978.
8. Nistor PA, Căndea A, Micu IC, Soancă A, Caloian CS, Bârdea A, Roman A. Advancements in Hyaluronic Acid Effect in Alveolar Ridge Preservation: A Narrative Review. *Diagnostics (Basel)*. 2025 Jan 8;15(2):137. doi: 10.3390/diagnostics15020137. PMID: 39857021; PMCID: PMC11763514.
9. Jung RE, Ioannidis A, Hämmerle CHF, Thoma DS. Alveolar ridge preservation in the esthetic zone. *Periodontol 2000*. 2018 Jun;77(1):165-175. doi: 10.1111/prd.12209. Epub 2018 Feb 27. PMID: 29484712.
10. Salah M, Tayebi L, Moharamzadeh K, Naini FB. Three-dimensional bio-printing and bone tissue engineering: technical innovations and potential applications in maxillofacial reconstructive surgery. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2020 Jun 3;42(1):18. doi: 10.1186/s40902-020-00263-6. PMID: 32548078; PMCID: PMC7270214.
11. Martin V, Bettencourt A. Bone regeneration: Biomaterials as local delivery systems with improved osteoinductive properties. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2018 Jan 1; 82:363-371. doi: 10.1016/j.msec.2017.04.038. Epub 2017 Apr 11. PMID: 29025670.



12. Cao G, Ren L, Ma D. Recent Advances in Cell Sheet-Based Tissue Engineering for Bone Regeneration. *Tissue Eng Part B Rev.* 2024 Feb;30(1):97-127. doi: 10.1089/ten.TEB.2023.0119. Epub 2023 Sep 28. PMID: 37639357.
13. A. M. Inchingolo, A. Patano, C. Di Pede, et al., “Autologous Tooth Graft: Innovative Biomaterial for Bone Regeneration. Tooth Transformer® and the Role of Microbiota in Regenerative Dentistry. A Systematic Review,” *Journal of Functional Biomaterials* 14, no. 3 (2023): 132.
14. Sampath TK, Vukicevic S. Biology of bone morphogenetic protein in bone repair and regeneration: A role for autologous blood coagulum as carrier. *Bone.* 2020 Dec; 141:115602. doi: 10.1016/j.bone.2020.115602. Epub 2020 Aug 22. PMID: 32841742.
15. Stumbras A, Kuliesius P, Januzis G, Juodzbals G. Alveolar Ridge Preservation after Tooth Extraction Using Different Bone Graft Materials and Autologous Platelet Concentrates: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 2019 Mar 31;10(1):e2. doi: 10.5037/jomr.2019.10102. PMID: 31069040; PMCID: PMC6498816.
16. Kim YJ, Lee JB. New Technique of Double-Layer Alveolar Ridge Preservation Using Collagen Matrix on Periodontally Collapsed Extraction Region: Proof-of-Concept Case Study. *J Clin Med.* 2025 May 22;14(11):3617. doi: 10.3390/jcm14113617. PMID: 40507379; PMCID: PMC12156420.
17. De Pace, R., Molinari, S., Mazzoni, E., & Perale, G. (2025). Bone Regeneration: A Review of Current Treatment Strategies. *Journal of Clinical Medicine*, 14(6), 1838. <https://doi.org/10.3390/jcm14061838>
18. Ronsivalle V, Santonocito S, Giudice R, Bocchieri S, Didomenico S, Cicciù M. The Role of Hyaluronic Acid in Alveolar Ridge Preservation: A Systematic Review of Its Biological and Regenerative Potential According to PRISMA Guidelines and the Cochrane Handbook. *Biomedicines.* 2025 feb 12;13(2):451. doi: 10.3390/biomedicines13020451. PMID: 40002864; PMCID: PMC11853319.
19. Wróbel P, Piecuch A, Bąk M, Krynicki P, Adamczyk J, Mojżesz P, Kielboń A, Wójcik S, Starosta M, Lee WP, Morawiec T. Evaluation of the Effectiveness of the Socket Preservation Technique Using Allogeneic and Xenogeneic Materials-A Preliminary Study. *J Funct Biomater.* 2025 May 23;16(6):192. doi: 10.3390/jfb16060192. PMID: 40558879; PMCID: PMC12194317.



20. Olchoway A, Olchoway C, Zawisłak I, Matys J, Dobrzyński M. Revolutionizing Bone Regeneration with Grinder-Based Dentin Biomaterial: A Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 2024 Sep 4;25(17):9583. doi: 10.3390/ijms25179583. PMID: 39273529; PMCID: PMC11394881.
21. RAD, Maryam Masoudi, et al. Guided bone regeneration in reconstruction of the jaw and role tissue engineering in dental membrane, a review of literature. *Open Access Research Journal of Biology and Pharmacy*, 2023, vol. 8, no 2, p. 001-007.
22. Mizraji G, Davidzohn A, Gursoy M, Gursoy U, Shapira L, Wilensky A. Membrane barriers for guided bone regeneration: An overview of available biomaterials. *Periodontol 2000.* 2023 Oct;93(1):56-76. doi: 10.1111/prd.12502. Epub 2023 Oct 19. PMID: 37855164.
23. Mardas N, Macbeth N, Donos N, Jung RE, Zuercher AN. Is alveolar ridge preservation an overtreatment? *Periodontol 2000.* 2023; 93: 289-308. doi:10.1111/prd.12508
24. Tonetti, M.S.; Jung, R.E.; Avila-Ortiz, G.; Blanco, J.; Cosyn, J.; Fickl, S.; Figuero, E.; Goldstein, M.; Graziani, F.; Madianos, P.; et al. Management of the Extraction Socket and Timing of Implant Placement: Consensus Report and Clinical Recommendations of Group 3 of the XV European Workshop in Periodontology. *J. Clin. Periodontol.* 2019, 46 (Suppl. 21), 183–194.
25. Cong,B.B.; Cao, X.S.; Jiang, W.G.; Ye, L. Predict factors of hepatocyte growth factor family and bone morphogenetic proteins for breast cancer nodal metastasis. *Br. J. Surg.* 2023, 110, znad101-091
26. Shao, H., Shi, J., Huang, Z., Yang, W., & Wang, H. (2023). 3D-Printed Bioceramic Scaffolds with High Strength and High Precision. *Crystals*, 13(7), 1061. <https://doi.org/10.3390/cryst13071061>
27. Wu, Y., Zhou, H., Zeng, Y., Xie, H., Ma, D., Wang, Z., & Liang, H. (2022). Recent Advances in Copper-Doped Titanium Implants. *Materials*, 15(7), 2342. <https://doi.org/10.3390/ma15072342>
28. Miglani, A.; Vishnani, R.; Reche, A.; Buldeo, J.; Wadher, B. Hyaluronic Acid: Exploring Its Versatile Applications in Dentistry. *Cureus* 2023, 15, e46349.
29. Fan, L.; Ren, Y.; Emmert, S.; Vučković, I.; Stojanovic, S.; Najman, S.; Schnettler, R.; Barbeck, M.; Schenke-Layland, K.; Xiong, X. The Use of Collagen-Based Materials in Bone Tissue Engineering. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 3744. <https://doi.org/10.3390/ijms24043744>



30. Gillman, C.E.; Jayasuriya, A.C. FDA-Approved Bone Grafts and Bone Graft Substitute Devices in Bone Regeneration. *Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl.* 2021, 130, 112466. [CrossRef]
31. Guo X, Zheng H, Guo Y, Heng BC, Yang Y, Yao W, Jiang S. A three-dimensional actively spreading bone repair material based on cell spheroids can facilitate the preservation of tooth extraction sockets. *Front Bioeng Biotechnol.* 2023 Feb 27; 11:1161192. doi: 10.3389/fbioe.2023.1161192. PMID: 36923463; PMCID: PMC10009228.

