



Universidad de Oviedo

GRADO EN ODONTOLOGÍA

REGENERACIÓN ÓSEA EN IMPLANTOLOGÍA: ESTADO ACTUAL.

BONE REGENERATION IN IMPLANTOLOGY: CURRENT STATUS.

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOR:

Graciela Carone Rangel

TUTOR: Ignacio Peña González

RESUMEN

OBJETIVOS: El objetivo de este trabajo es describir el estado actual de la regeneración ósea en implantología.

MATERIAL Y METODOS: Para el correcto desarrollo del trabajo se realizó una revisión de la literatura y se evaluaron las diferentes opciones disponibles para la regeneración ósea en implantología. Se procedió a la búsqueda de los artículos más pertinentes en las bases de datos PubMed y Scielo. Posteriormente, se realizó una selección de las referencias más relevantes, atendiendo al nivel de impacto de la revista científica y el tipo de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION: Existe una gran variedad de técnicas para la regeneración ósea, incluyendo la utilización de injertos de hueso autólogo, aloinjertos, biomateriales, membranas para la regeneración ósea guiada y una combinación de estos. Cada una de estas opciones tiene sus propias ventajas y desventajas, y es importante considerar cada una de ellas al seleccionar la técnica más adecuada para cada paciente.

PALABRAS CLAVE: regeneración ósea, implantología dental, biomateriales, regeneración ósea guiada, injertos óseos.

ABSTRACT

OBJECTIVES: The objective of this work is to describe the current state of bone regeneration in implantology.

MATERIAL AND METHODS: To carry out this work, a review of the literature was conducted and different options available for bone regeneration in implantology were evaluated. The most relevant articles were selected in the PubMed and Scielo databases, considering the level of impact of the scientific journal and the type of study.

RESULTS AND DISCUSSION: There is a great variety of techniques for bone regeneration, including the use of autologous bone grafts, allografts, biomaterials, membranes for guided bone regeneration, and a combination of these. Each of these options has its own advantages and disadvantages, and it is important to consider them when selecting the most appropriate technique for each patient.

KEY WORDS: bone regeneration, dental implantology, biomaterials, guided bone regeneration, bone grafts.

ÍNDICE

1. Introducción.....	6 pág.
2. Objetivo.....	8 pág.
3. Material y método.....	9 pág.
4. Resultado y discusión.....	10 pág.
4.1. Injertos de hueso autólogo.....	10 pág.
4.2. Aloinjertos.....	13 pág.
4.3. Biomateriales.....	15 pág.
4.4. Membranas: regeneración ósea guiada.....	18 pág.
5. Conclusiones.....	21 pág.
6. Bibliografía.....	23 pág.

INTRODUCCIÓN

La regeneración ósea es posible mediante la combinación de tres elementos: células viables, matriz extracelular y sustancias reguladoras insolubles (factores de crecimiento); sin dejar de mencionar factores locales que también son importantes como los entornos mecánicos y vasculares. La combinación de estos elementos generará un ambiente apropiado para la regeneración ^(16, 17, 18).

La regeneración ósea es un tema de gran importancia en el campo de la implantología, ya que el éxito de un implante dental depende, en gran medida, de la cantidad y calidad del hueso disponible en el lugar del implante. A lo largo de la historia, se han desarrollado diferentes técnicas para promoverla.

El injerto óseo se describió, por primera vez, en 1668 por parte del Dr. Van Meekren, quien realizó el primer trasplante de hueso heterólogo de un perro a un hombre con el objetivo de corregir un defecto craneal de éste. Posteriormente, el Dr. Merrem realizó el primer injerto óseo autógeno en 1809 para que, en 1891, Bardenheur hiciese lo propio para corregir un defecto mandibular ⁽¹⁹⁾.

Entre las opciones terapéuticas existentes para la rehabilitación oclusal, la reconstrucción con el uso de prótesis fijas sobre implantes osteointegrados proporciona excelentes resultados estéticos y funcionales. Sin embargo, ante un paciente que no cumple criterios óptimos, en cuanto a calidad y cantidad de hueso, en el proceso alveolar, se plantean distintas opciones terapéuticas orientadas a la regeneración ósea, que van desde el empleo de biomateriales (hidroxiapatita, membranas, factores de crecimiento) a injertos de hueso autólogo o empleo de células estromales ⁽³⁾.

Cada una de estas técnicas tiene sus propias ventajas y desventajas, y es importante considerar factores como: el tamaño del defecto óseo, la disponibilidad de los materiales y la experiencia del cirujano a la hora de seleccionar la opción más adecuada.

Todas ellas son procedimientos seguros y de resultados predecibles en comparación a una regeneración ósea espontánea. Incluso maxilares con

atrofias muy severas pueden ser rehabilitados con injertos óseos previos a la colocación de los implantes ^(3, 11).

Durante décadas, los investigadores han estudiado las propiedades de los diferentes tipos de injertos disponibles para establecer cuáles serían más adecuados a las necesidades de los distintos tipos de reconstrucción. De esta manera, se han estudiado y comparado las diferentes estructuras óseas donantes para conocer sus propiedades y poder, así, incrementar las probabilidades de éxito del tratamiento, disminuyendo las complicaciones y riesgos de la intervención ⁽⁷⁾.

A la hora de regenerar el hueso nos podemos plantear el uso de: injerto autógeno, aloinjerto, material xenogénico y materiales aloplásticos (como las cerámicas bioactivas y resinas). Según se necesite relleno o bloques, las técnicas y/o materiales a seleccionar, variarán.

El uso de injertos óseos autólogos sigue siendo el *gold standard* en implantología dental, consiguiendo excelentes resultados en las zonas a rehabilitar ⁽²⁰⁾.

En el caso de grandes defectos alveolares, se han aplicado injertos óseos en bloque, solos o combinados con membranas. Existen diversas técnicas para su realización, entre las que se encuentran: injertos de tipo *onlay*, injertos tipo *inlay* asociados a osteotomías de Lefort I, elevaciones de seno maxilar y/o nasal e injertos microvascularizados. Todos son métodos validos en la reconstrucción del maxilar extremadamente atrófico ^(3, 4).

Este trabajo pretende establecer el estado de la cuestión mediante una revisión de la literatura más pertinente, enfocándonos en aquellos aspectos más significativos y actuales.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es hacer una revisión de la literatura sobre las principales técnicas de regeneración ósea disponibles en la actualidad. Se focalizó el trabajo en 4 apartados fundamentales que son: injertos óseos autólogos, aloinjertos, biomateriales y regeneración ósea guiada.

MATERIAL Y MÉTODO

Se procedió a la búsqueda de artículos en las bases de datos PubMed y Scielo.

Se emplearon las palabras clave: regeneración ósea, implantología dental, biomateriales, regeneración ósea guiada, injertos óseos, tanto en español como en inglés.

Posteriormente, se realizó una selección de las referencias más relevantes atendiendo al nivel de impacto de la revista científica y el tipo de estudio.

Se priorizaron los estudios de la siguiente manera:

- Ensayos clínicos aleatorios
- Casos-Controles prospectivos
- Casos-Controles retrospectivos
- Revisiones sistemáticas y Meta-análisis
- Series de casos
- Casos clínicos.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

El material reconstructivo ideal debe facilitar la revascularización, la osteogénesis, osteoconducción y osteoinducción, no mostrar propiedades antigénicas, biodegradabilidad, existir en abundancia y sin morbilidad, y proporcionar estabilidad y soporte adecuado para los implantes ^(13, 21).

1. Injertos de hueso autólogo

El hueso autólogo se considera el *gold standard* al reunir las características ideales en cuanto a osteogénesis, osteoconducción y osteopromoción. Además, carece de rechazo por parte del receptor. Como desventajas presenta: la necesidad de una zona donante adecuada, morbilidad, potencial reabsorción, dificultades de adaptación en la zona de recepción y mayores riesgos postoperatorios en caso de injertos extraorales ^(1, 2, 7, 10).

El material autólogo es el que mejor soporta las fuerzas de la masticación y el que mejor se adecúa al contorno óseo. Este tipo de injerto es ampliamente utilizado tanto en forma de partículas como en bloques, solo o en combinación con materiales osteoconductores. Pueden asociarse o no membranas, así como otros elementos como factores de crecimiento derivados de plaquetas ^(1, 10).

Existen diversos estudios que sugieren que, a corto plazo (6 meses), el hueso autólogo puede inducir la mayor cantidad de formación de hueso nuevo en comparación con otros materiales ⁽⁶⁾.

Se pueden obtener de diferentes zonas donantes: intraorales (mentón, tuberosidad del maxilar, rama ascendente) o extraorales (cresta ilíaca, tibia, calota). Las zonas donantes extraorales son preferibles porque aportan mayor volumen de hueso esponjoso, pero tienen el inconveniente de requerir anestesia general en la mayoría de los casos. La selección de un tipo u otro depende, principalmente, de la cantidad de hueso necesario, del origen embriológico del mismo y de la preferencia del cirujano ^(1, 5, 8).

La sínfisis y rama ascendente de la mandíbula son fuentes de injertos corticales y corticoesponjosos (sínfisis), y el área retrotuberositaria maxilar de hueso esponjoso. Este tipo de injertos son los más utilizados en cirugía

maxilofacial e implantología debido a que se requiere un solo campo quirúrgico, tienen el mismo origen embriológico y, la mayoría de las veces, se pueden realizar bajo anestesia local ^(1, 22).

Los injertos de cresta ilíaca son los que aportan la mayor cantidad de volumen y proporción de hueso esponjoso y cortical. Para Sjöström et al, el injerto de cresta ilíaca anterior tipo *onlay* es el más conveniente para la reconstrucción del maxilar atrófico y, por tanto, lo consideran como la primera opción de tratamiento ^(1, 4).

El injerto óseo de la parte proximal de la tibia es una opción en auge por ser un procedimiento relativamente simple de realizar, con una menor tasa de complicaciones y baja morbilidad, rápida recuperación por parte del en comparación con el injerto de cresta ilíaca. Es innegable que debe tomarse en consideración, principalmente, para aquellos casos en los que se requieren reconstrucciones y elevaciones de seno de tamaño medio ^(1, 5, 7).

El injerto de calota craneal presenta como ventajas, la proximidad al campo quirúrgico, su limitada capacidad de reabsorción (en comparación con otras fuentes) y su baja morbilidad en manos expertas. Hoy en día se indica, sobre todo, para relleno de fisuras alveolares y en elevaciones de seno, así como injerto *onlay*⁽¹⁾.

Por esta razón, la elección del sitio donante de un injerto autólogo debe buscar un equilibrio entre las características que van a promover un mejor comportamiento del injerto y un menor riesgo de complicaciones o secuelas importantes para el paciente ⁽⁵⁾.

Cuando la altura ósea es insuficiente en la región lateral o anterior del maxilar superior, el injerto de hueso particulado con elevación del seno maxilar y/o de las fosas nasales, nos permite conseguir el volumen necesario para la inserción de implantes ⁽¹⁾.

Para el relleno de cavidades y adaptación final del injerto (relleno de los pequeños gaps existentes entre el injerto y la zona receptora), se utiliza hueso particulado procedente de la misma zona donante, mediante el empleo de diversos instrumentos de extracción. De esta forma, se consigue una mayor

predictibilidad en la integración de este. Una vez consolidado el injerto, estas reconstrucciones resultan muy aceptables estéticamente y funcionalmente. Un buen número de problemas clínicos, que precisan limitadas cantidades de hueso particulado, se pueden solucionar empleando pequeñas o moderadas cantidades de hueso cortical, extraído con raspadores óseos ⁽¹⁾.

Los injertos particulados se pueden mezclar fácilmente con plasma rico en factores de crecimiento. Parece ser que la adición de plasma acelera la cicatrización de los tejidos blandos y la regeneración ósea. También se ha descrito su eficacia para promover la osteogénesis y para disminuir la reabsorción de los injertos de hueso esponjoso de cresta ilíaca colocados en pacientes con fisuras alveolares ⁽¹⁾.

Hay autores que prefieren utilizar biomateriales en vez de injertos autólogos por los inconvenientes asociados a la necesidad de otra zona quirúrgica ⁽⁸⁾.

2. Aloinjertos

Se trata del uso de hueso procedente de un individuo de la misma especie. Puede presentarse como: hueso deshidratado congelado y hueso desmineralizado liofilizado. La amplia disponibilidad y nula morbilidad son sus principales ventajas ^(2, 8).

Los aloinjertos no aportan ninguna célula osteoprogenitora. Su principal función consiste en proveer un andamio o matriz que será invadido por células osteoprogenitoras del receptor y, posteriormente, será sustituido por hueso nativo. Este tipo de formación de hueso es muy limitada y ligada al estado del lecho receptor ⁽¹⁾.

El hueso fresco congelado homólogo (FFB) se ha utilizado ampliamente en cirugía ortopédica y neurocirugía. Recientemente, se han podido demostrar sus ventajas en cirugía implantológica. La esterilidad y antigenicidad son dos puntos críticos a considerar. Mediante la radiación y congelación se consigue eliminar los posibles gérmenes presentes en el tejido y, a su vez, desprovee de todo contenido celular, evitándose el rechazo del injerto ⁽¹⁰⁾.

Una de sus indicaciones es en la elevación de seno maxilar, presentando como ventajas sobre el hueso autógeno: disponibilidad inmediata y, virtualmente, ilimitada, posibilidad de disponerlo en tamaños, formas y cantidades apropiadas, almacenamiento prolongado, bajo coste, ausencia de morbilidad para el paciente receptor ^(2, 8).

Estudios recientes han demostrado que experimentan una remodelación lenta en comparación con los injertos óseos autólogos. Esta evidencia podría ser particularmente útil en la cirugía reconstructiva preimplantaria, ya que una remodelación más lenta podría permitir un mantenimiento más estable en los volúmenes óseos, incluso en ausencia de carga ⁽¹⁰⁾.

El uso de FFB debe evaluarse cuidadosamente porque, aunque con resultados válidos en la literatura, todavía no hay evaluaciones a largo plazo de la supervivencia de los implantes ⁽¹⁰⁾.

Inevitablemente, se plantea el riesgo de transmisión de enfermedades para los receptores de los aloinjertos. Una premisa fundamental, consiste en contar con

un banco de tejidos adecuado y fiable. Si bien no podemos excluir la posibilidad de contraer infecciones de forma absoluta, es importante destacar que estos casos se han documentado, principalmente, en los primeros años del uso de FFB. Actualmente, gracias a los métodos de detección más modernos, los riesgos son, razonablemente, bajos ^(8, 10).

3. Biomateriales

Los xenoinjertos presentan una fácil disponibilidad y son los más empleados en la práctica diaria. Los derivados de hueso bovino desproteínizado y hueso equino han sido estudiados previamente y se ha demostrado la integración de implantes dentales en áreas regeneradas con estos biomateriales. Además, presentan una lenta reabsorción, como se ha podido demostrar por la presencia de partículas incluso 3 años después de la intervención quirúrgica ^(8, 10).

Una de las desventajas de los xenoinjertos, según resultados histomorfométricos, es que muestran una formación de hueso nuevo deficiente. La principal explicación podría ser la bajísima tasa de reabsorción de estos biomateriales. De hecho, la persistencia de gránulos xenogénicos en el alveolo puede dejar un espacio limitado para el crecimiento de tejido óseo nuevo ⁽¹¹⁾.

Existe una amplia variedad de materiales como son: biocerámicas y cristales bioactivos, con diferentes estructuras y composición, así como propiedades mecánicas y biológicas. Los cristales bioactivos, como el beta-fosfato tricálcico (β -TCP) y la hidroxiapatita (HA), son los más comercializados. Poseen, fundamentalmente, capacidad osteoconductiva.

Si comparamos materiales xenogénicos contra materiales sintéticos, Artzi et al. han demostrado que el ritmo de reabsorción es completamente diferente entre ambos ⁽⁸⁾.

Existen varias opciones, que se pueden considerar como alternativas al hueso autólogo, como: la combinación de hueso autólogo y xenoinjertos, el uso de xenoinjertos solos, así como una mezcla de fosfato tricálcico e hidroxiapatita. Estas opciones son particularmente relevantes cuando se busca evitar la morbilidad asociada a la extracción de hueso del propio paciente ⁽⁶⁾.

La hidroxiapatita ha demostrado ser biocompatible y producir daños inflamatorios mínimos. Debido a su capacidad de adherirse firmemente al hueso receptor y formar un andamiaje para la reparación ósea, ha sido ampliamente utilizada en la reconstrucción de defectos óseos en las áreas médicas y dentales. Entre sus ventajas se encuentran que no precisa segundo

campo quirúrgico y su biocompatibilidad. Sin embargo, como desventaja se debe mencionar que no es osteoinductiva y que no contiene células osteoprogenitoras ⁽²⁾.

Los biomateriales como las cerámicas de fosfato de calcio (CaPs) y los vidrios bioactivos (VB), se introdujeron hace más de 30 años y todavía se utilizan como sustitutos óseos ⁽⁶⁾.

El vidrio bioactivo (VB) ha sido objeto de numerosos estudios clínicos para evaluar su aplicabilidad en elevación de seno maxilar. Ha sido sugerido que este biomaterial puede ser utilizado solo o en combinación con injerto autógeno debido a su alta potencia osteoconductiva y osteoinductiva ⁽²⁾.

La cerámica tiene la ventaja de ser biocompatible y, al mismo tiempo, resistente a la corrosión. Sin embargo, estos biomateriales tienen algunas desventajas como la fragilidad y la baja resistencia. La cerámica tiene muchas aplicaciones como biomaterial (p. ej. en superficies articuladas) debido a sus propiedades químicas y físicas. Los biomateriales cerámicos más comunes están compuestos por fosfato de calcio (CaP) y fosfato tricálcico (TCP) ⁽¹³⁾.

En un estudio de Ishikawa et al. se compararon tres sustitutos derivados de cerámica con diferentes composiciones comerciales: hidroxiapatita (HAp, Neobone®), carbonato de apatita (CO3Ap, Cytrans®) y β -fosfato tricálcico (β -TCP, Cerasorb®). Sus resultados demostraron que el CO3Ap muestra una disolución limitada y una mayor estabilidad en condiciones fisiológicas (pH 7,3) en comparación con otros grupos experimentales ⁽¹³⁾.

Sun y Yang demostraron que la osteoinductividad de los biomateriales basados en CaP se puede mejorar utilizando proteínas morfogenéticas óseas humanas recombinantes (rhBMP) ⁽¹³⁾.

La proteína morfogenética ósea (BMP) forma parte en una gran familia de factores de crecimiento conocidos como factores de crecimiento transformante (abreviatura: TGF). Son un conjunto de, al menos, 18 proteínas. Tienen una composición y efectos biológicos diferentes, y presentan un potencial inductor específico. Algunos de estos factores de crecimiento pueden inducir la proliferación celular, quimiotaxis, diferenciación y síntesis de matriz ósea,

mostrando potencial para la regeneración. Entre los factores de crecimiento óseo, se ha demostrado que la expresión de BMP-2 es mayor en el hueso humano. BMP-2 se utiliza para producir hueso calcificado y la formación de cartílago. Actualmente, rhBMP-2 se utiliza ampliamente para mejorar la regeneración ósea ⁽²⁾.

Las proteínas morfogenéticas óseas han demostrado resultados prometedores en algunas aplicaciones clínicas. Se necesita más evidencia para estimar con mayor precisión su valor en la preservación de los alveolos después de la extracción. Estos agentes no están aprobados en todos los países y los médicos deben ser conscientes de ello ⁽¹¹⁾.

El plasma rico en plaquetas (PRP) ha demostrado tener resultados positivos en procedimientos de injertos óseos, especialmente, en la elevación de seno maxilar. Esto se debe, principalmente, a que facilita que los injertos se integren. Cuando se utiliza en combinación con otros biomateriales que estimulan la mineralización del injerto, el plasma rico en plaquetas reduce este tiempo alrededor del 50%. Además, genera una ganancia efectiva de densidad ósea de 15-30% y disminuye el tiempo promedio de curación en aproximadamente tres meses ⁽²⁾.

En 2001, el Dr. Joseph Choukroun y su equipo introdujeron la fibrina rica en plaquetas (PRF). Este biomaterial autólogo es económico y no requiere ningún aditivo. Muchos procedimientos quirúrgicos causan incomodidad significativa para los pacientes, pero el uso de PRF puede acelerar el proceso de recuperación. Está científicamente demostrado que este material puede ser utilizado en una variedad de aplicaciones en cirugía oral y puede fomentar la cicatrización adecuada de tejidos blandos y la regeneración ósea ⁽¹⁵⁾.

4. Membranas: regeneración ósea guiada

La regeneración ósea guiada es una técnica ampliamente utilizada para aumentar la cresta alveolar, que ha demostrado producir resultados excelentes y reproducibles con altas tasas de éxito a largo plazo. Las membranas en regeneración ósea guiada (tanto reabsorbibles como no reabsorbible) protegen al injerto óseo mediante un efecto barrera, previniendo el rápido crecimiento de los tejidos blandos hacia el injerto. Sin embargo, el uso rutinario de las membranas e injertos óseos no garantiza el éxito del procedimiento ^(1, 9, 12).

Las primeras membranas utilizadas son las de politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE). Son membranas No reabsorbibles y, debido a sus propiedades mecánicas rígidas, pueden crear y mantener el espacio necesario para el procedimiento de regeneración ósea guiada, especialmente, cuando esta membrana esta reforzada con titanio. Con el uso de estas membranas los investigadores lograron una ganancia ósea horizontal de hasta 9mm y vertical de hasta 12mm ⁽¹²⁾.

A pesar de su eficacia, para evitar un segundo tiempo quirúrgico de retirada de estas membranas, los investigadores desarrollaron materiales reabsorbibles, como las membranas de colágeno, a principios de la década de los 90. Estas se han estudiado ampliamente y presentan buena compatibilidad tisular y celular, así como menos tasas de dehiscencia de tejidos blandos en comparación con las no reabsorbibles ⁽¹²⁾.

La técnica ofrece la ventaja de corregir defectos óseos mixtos (altura y anchura) para su posterior rehabilitación con implantes dentales. No obstante, las membranas reabsorbibles y las no reabsorbibles presentan problemas documentados ^(1,8).

Cuando hablamos de las membranas reabsorbibles encontramos complicaciones como: la dehiscencia de los tejidos blandos (en menor medida) y exposición del injerto, así como desplazamientos y colapsos de la membrana. En cuanto a las membranas no reabsorbibles, también acontece la dehiscencia de los tejidos blandos (con mucha mayor frecuencia), al comportarse como cuerpos extraños, lo que puede dar lugar a infección y retrasos en la formación

de hueso. Si se retiran prematuramente, la regeneración ósea podría ser menos predecible ^(1, 8).

Parece claro que las membranas pueden ser útiles cuando se utilizan injertos corticales en bloque tipo *onlay* o cuando se utilizan materiales aloplásticos exclusivamente, porque permiten la formación de hueso mediante mecanismos de osteoinducción, en el primer caso, y osteoconducción en el segundo ⁽¹⁾.

Es recomendable utilizar membranas reabsorbibles de colágeno con entramado reticular, ya que han demostrado que el injerto *onlay* mantiene mejor la morfología durante el periodo inicial, y tiene menor tasa de exposición, en comparación con membranas sin dicha conformación de colágeno. Aun así, no se ha observado un efecto directo en la cantidad de hueso ganado ni en la supervivencia de los implantes ^(8, 12).

En estudios recientes, se ha comprobado que la exposición de membranas, sean del tipo que sean, después de los procedimientos de regeneración ósea guiada, tiene un efecto negativo en el aumento del hueso. En áreas en las que no hay exposición de la membrana, se obtuvo un 74% más de ganancia ósea horizontal en comparación con áreas con exposición de la misma. Aplicadas en pequeños defectos periimplantarios, se logró una reducción de los defectos de hueso del 27% en comparación con la misma situación clínica en las que ocurrió la exposición de la membrana ⁽¹⁴⁾.

En general, las intervenciones más eficaces y predecibles, para la preservación horizontal, fueron aquellas en las que se emplearon xenoinjertos, aloinjertos y materiales aloplásticos. Con respecto a los cambios verticales, los resultados demostraron que los aloinjertos y xenoinjertos fueron efectivos en el control de la pérdida ósea vertical ⁽¹¹⁾.

Muchos estudios clínicos y revisiones sistemáticas han investigado el éxito de los diversos materiales e injertos. Sin embargo, todavía no está claro qué material, si lo hay, proporciona el resultado histomorfométrico más predecible en términos de formación de hueso nuevo ⁽⁶⁾.

Una limitación importante, en todos los estudios previos, es que no se han realizado ensayos clínicos aleatorizados que comparen diferentes materiales e injertos para determinar, claramente, el más idóneo. Debido a la falta de comparaciones directas, los beneficios de cada material no poseen un fuerte valor estadístico. A partir de los datos disponibles, no se ha encontrado ninguna superioridad de ningún material o combinación de materiales sobre otros para la preservación horizontal y vertical del alveolo después de la extracción ^(6, 11).

CONCLUSIONES

1. Existen diversas técnicas y materiales que pueden utilizarse para lograr la regeneración ósea y el mantenimiento de la estructura alveolar.
2. El hueso autólogo se considera el *gold standard* por su capacidad de osteogénesis, osteoconducción y osteopromoción, y la falta de rechazo por parte del receptor.
3. El hueso autólogo presenta como desventajas la necesidad de una zona donante adecuada, el aumento de la morbilidad y los riesgos postoperatorios.
4. Los injertos de cresta ilíaca se consideran la mejor opción para la reconstrucción del maxilar atrófico y se utilizan ampliamente debido a la cantidad de volumen y proporción de hueso esponjoso y cortical que aportan.
5. El injerto óseo de la parte proximal de la tibia y el injerto de calota craneal presentan menos complicaciones y una recuperación más rápida respecto al injerto de cresta ilíaca.
6. La técnica de elevación de seno maxilar y/o fosas nasales, es efectiva cuando se utiliza con injerto de hueso autólogo particulado.
7. La adición de plasma rico en factores de crecimiento puede acelerar la cicatrización de los tejidos blandos y la regeneración ósea.
8. Diversos autores prefieren utilizar biomateriales, en lugar de injertos autólogos, para evitar los inconvenientes asociados.
9. Los aloinjertos tienen la ventaja de ser ilimitados, de disponibilidad inmediata y de no requerir una zona donante, pero su capacidad de formar hueso es limitada y depende del estado del lecho receptor.
10. Los xenoinjertos son los más empleados en la práctica diaria debido a su fácil disponibilidad. Sin embargo, su tasa de reabsorción es muy baja y puede limitar la formación de hueso nuevo en el alveolo.
11. Los cristales bioactivos, como el beta-fosfato tricálcico y la hidroxiapatita, son han demostrado bioactividad y osteoconductividad. Sin embargo, la hidroxiapatita no es osteoinductiva y no contiene células osteoprogenitoras que favorezcan la regeneración ósea.

12. Los biomateriales cerámicos son biocompatibles y resistentes a la corrosión, pero presentan desventajas como la fragilidad y baja resistencia.
13. La osteoinductividad se puede mejorar utilizando proteínas morfogenéticas óseas humanas recombinantes.
14. Las membranas de politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE) reforzadas con titanio han logrado una ganancia ósea horizontal de hasta 9mm y vertical de hasta 12mm.
15. Las membranas de colágeno reabsorbibles presentan buena compatibilidad tisular y celular, y menos tasas de dehiscencia en comparación con las no reabsorbibles.
16. Se ha comprobado que la exposición de las membranas después de los procedimientos de regeneración ósea guiada tiene un efecto negativo en el aumento del hueso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Infante Cossío P, Gutiérrez Pérez JL, Torres Lagares D, García-Perla García A, González Padilla JD. Relleno de cavidades óseas en cirugía maxilofacial con materiales autólogos. *Revista Española Cirugía Oral y Maxilofacial*. 2007;29(1): 7-19.
2. De Almeida JC, Viana A. Regeneración ósea en el seno maxilar. *Odontología Vital*. 2016; 24(1): 29-34
3. García Martí C, Pérez Padrón A, Pérez Quiñones J, Bello Fuentes R, Pérez Padrón A. Utilización de biomateriales e injertos óseos autólogos en pacientes con atrofia alveolar. *Revista Médica Electrónica*. 2020; 42(2):2-8.
4. Pérez Villaseñor J, Villanueva Jurado D. reconstrucción de proceso alveolar maxilar con injerto autólogo de cresta iliaca. *Revista Odontológica mexicana*. 2014; 18(4): 263-270.
5. Domínguez Mejía JS, Ramírez Úsuga OA, Blandón López YA. Elevación del piso del seno maxilar usando hueso homologo liofilizado y hueso autólogo de tibia: reporte de resultados radiográficos e histológicos. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*. 2017; 28 (2): 235-257.
6. Al-Moraissi EA, Alkhutari AS, Abotaleb B, Altairi NH, Del Fabbro M. Do osteoconductive bone substitutes result in similar bone regeneration for maxillary sinus augmentation when compared to osteogenic and osteoinductive bone grafts? A systematic review and frequentist network meta-analysis. *International Journal Oral and Maxillofacial Surgery*. 2020; 49(1): 107-120.
7. Bustamante Correa D, Valladares Perez S, Astorga Mori F, Sepúlveda Troncoso G, Cortez Fuentes C, Gahona Gutiérrez O. Injerto óseo tibial en cirugía oral y Maxilofacial: indicaciones y descripción de la técnica, propósito de tres casos. *International Journal Odontostomatology*. 2021;15(1): 286-292.
8. Martínez Álvarez O, Barone A, Covani U, Fernández Ruíz A, Jiménez Guerra A, Monsalve Guil L, Velasco Ortega E. Injertos óseos y

18. Fuentes R, Weber B, Soto M. Revisión bibliográfica de rellenos de seno maxilar previo a implantes osteointegrados. A propósito de un Caso Clínico. *Revista Chilena de Ciencias Medico-Biológica*. 2005; 15(2):63-6.
19. Misch CE. *Implantología contemporánea*. Elsevier Health Sciences; 2009. 415-614.
20. Barone A, Santini S, Marconcini S, Giacomelli L, Gherlone E, Covani U. Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure. A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments. *Clinique Oral Implants Research*. 2008; 19(5):511-5.
21. Faverani LP, Ferreira GR, Santos PH, Rocha EP, Junior IRG, Pastoril, CM, Assuncao WG. Surgical techniques for maxillary bone grafting - literature review. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirugioes*. 2014; 41(1): 061-067.
22. Hennessey JW, López Noriega JC, Sámano Osuna IJ. Uso del injerto autógeno en la reconstrucción de defectos óseos de la región maxilofacial: Casos clínicos. *Revista Odontológica de México*. 2005; 9(2): 97-106.

- biomateriales en implantología oral. *Avances en Odontoestomatología*. 2018; 34(3): 111-119.
9. Oporto Venegas G, Fuentes Fernandez R, Álvarez Cantoni H, Borie Echeverria E. Recuperación de la morfología y fisiología maxilomandibular: Biomateriales en regeneración ósea. *International Journal Morphology*. 2008; 26(4): 853-859.
 10. Rodella LF, Cocchi MA, Rezzani R, Procacci P, Hirtler L, Nocini P, Albanese M. Fresh frozen bone in oral and maxillofacial surgery. *Journal of Dental Sciences*. 2015; 10(2): 115-122.
 11. Canullo L, Del Fabbro M, Khijmatgar S, Panda S, Ravidà A, Tommasato G, et al. Dimensional and histomorphometric evaluation of biomaterials used for alveolar ridge preservation: a systematic review and network meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*. 2022;26(1):141–158.
 12. Wessing B, Lettner S, Zechner W. Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: A systematic review and meta-analysis. *International Journal Oral Maxillofacial Implants*. 2018;33(1):87–100.
 13. Laquinta MR, Mazzoni E, Manfrini M, D'Agostino A, Trevisiol L, Nocini R, et al. Innovative biomaterials for bone regrowth. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019; 20 (3): 618.
 14. Garcia J, Esquivar A, Luepke P, Lay-Wang H, Kapila Y. Effect of membrane exposure on guided bone regeneration: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*. 2018; 29(3):328–338.
 15. Blinsein B, Borjarskars S. Efficacy of autologous platelet rich fibrin in bone augmentation and bone regeneration at extraction socket *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. 2018; 20(4): 111-118.
 16. Olate S, De Olivera G, Jaimes M, Barbosa J. Reparación ósea en procedimientos de reconstrucción y colocación de implantes. *International Journal Morphology*. 2007; 25(3): 649-57.
 17. Anitua E, Andia I. Un nuevo enfoque en la regeneración ósea plasma rico en factores de crecimiento (PRGF). Editorial Puesta al Día Publicaciones. 2000; 49-78.