



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



18 de junio de 1929 - 18 de junio de 2019

Facultad de Odontología  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

# Tratamiento del reborde atrófico: uso de malla de titanio

Autor: Dr. Gastón Calengo  
Tutor: Dr. Guillermo Grazioli

Carrera de Especialización en Implantología Oral.  
Escuela de Graduados – Facultad de Odontología  
Universidad de la República  
Uruguay, año 2025

## Sumario

<b>1. Resumen.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Palabras clave .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Introducción. ....</b>	<b>4</b>
<b>4. Objetivos .....</b>	<b>7</b>
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos .....	7
<b>5. Metodología.....</b>	<b>7</b>
<b>6. Antecedentes y justificación.....</b>	<b>8</b>
<b>7. Desarrollo .....</b>	<b>25</b>
<b>7.1. Técnicas utilizadas para el aumento de volumen óseo en brechas     edéntulas.....</b>	<b>25</b>
<b>7.2. Mallas de titanio .....</b>	<b>27</b>
<b>7.3. Protocolos para el aumento de volumen óseo que utilizan mallas de     titanio .....</b>	<b>29</b>
7.3.1. Mallas comerciales .....	29
7.3.2. Mallas preformadas con tecnologías CAD-CAM .....	30
7.3.3. Mallas sinterizadas .....	31
<b>8. Discusión.....</b>	<b>36</b>
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>39</b>
<b>10. Referencias.....</b>	<b>41</b>

## Título

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio

### 1. Resumen

El presente trabajo aborda la reconstrucción de rebordes atroficos mediante la técnica de regeneración ósea guiada (ROG) utilizando mallas de titanio como barrera física. Se analiza la eficacia de este protocolo para la colocación de implantes dentales protésicamente guiados, evaluando el tiempo clínico, la ganancia ósea, las complicaciones y la tasa de éxito de los implantes. Los estudios revisados demuestran que las mallas de titanio, especialmente las personalizadas mediante CAD-CAM, ofrecen ventajas significativas en cuanto a la adaptación anatómica precisa, la reducción del tiempo quirúrgico y la disminución de complicaciones, como la dehiscencia de los tejidos blandos. Aunque las mallas comerciales siguen siendo una opción válida, las mallas personalizadas mejoran considerablemente los resultados al permitir una ejecución más eficiente del procedimiento y al aumentar la estabilidad del injerto óseo. La tasa de éxito de los implantes sigue siendo alta, superior al 95%, incluso en casos con complicaciones leves. A pesar de los avances en la tecnología de mallas personalizadas, se requieren más estudios a largo plazo para confirmar su superioridad y eficacia en comparación con los métodos tradicionales. En conclusión, la técnica de regeneración ósea guiada con mallas de titanio, particularmente las personalizadas, se muestra como un protocolo fiable y eficaz para la rehabilitación de defectos óseos complejos.

### 2. Palabras clave

“guide”, “bone regeneration”, “custom”, “titanium”, “mesh”.

### 3. Introducción.

La rehabilitación mediante implantes dentales ha revolucionado el campo de la odontología restauradora y ha mejorado la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, la pérdida o insuficiencia ósea, causada por la pérdida de las piezas dentales a lo largo del tiempo, sigue siendo un desafío importante para la colocación de los implantes protésicamente guiados. Después de la pérdida de la dentaria, la resorción del hueso alveolar ocurre inicialmente en una dirección horizontal (dentro de los primeros 6 meses) y luego en una dirección vertical (1). Para lograr un buen pronóstico a largo plazo para los implantes dentales debe existir un volumen suficiente de hueso en los sitios de implantación. Se han aplicado diferentes estrategias, como las técnicas de injerto de hueso autólogo, la distracción alveolar y la regeneración ósea guiada (ROG), para restituir el hueso perdido y permitir una correcta rehabilitación de implante-protésis que respete la correcta posición tridimensional y que cumpla con los requisitos funcionales y estéticos necesarios (1,2). El uso de bloques óseos autólogos es considerado por algunos autores como el estándar de oro debido a sus propiedades osteogénicas, osteoconductoras y osteoinductoras. De todas formas es una técnica con una mayor morbilidad ya que requiere de un sitio donante, el cual tiene una cantidad limitada de hueso disponible (3).

Según el autor Elçin Esenlik la distracción alveolar se ha utilizado para la reconstrucción del alvéolo atrofico. La ventaja de esta técnica es que aumenta el hueso y los tejidos blandos al mismo tiempo, creando una mejor plataforma alveolar para cirugías y rehabilitación dental posteriores pero tiene como complicación más frecuente el desplazamiento del segmento transportado (4).

A mediados de la década de los 80, se introdujo el principio de la regeneración tisular guiada (RTG), es una técnica utilizada principalmente en odontología y medicina regenerativa para estimular el crecimiento de tejido nuevo en áreas dañadas o defectuosas. Consiste en el uso de barreras biocompatibles, que se colocan estratégicamente para dirigir la regeneración de tejidos específicos, como el hueso o el tejido periodontal, mientras se evita el crecimiento de otros tejidos no deseados, como el tejido conectivo (5). El concepto de tratamiento de ROG se desarrolló sobre la base de este principio. De este modo, La justificación biológica de la ROG se basa en la exclusión mecánica de los tejidos blandos no deseados que podrían invadir el defecto óseo, permitiendo que únicamente las células osteogénicas derivadas del hueso original colonizen el espacio del lesión ósea. Para este fin, se utiliza una membrana de barrera

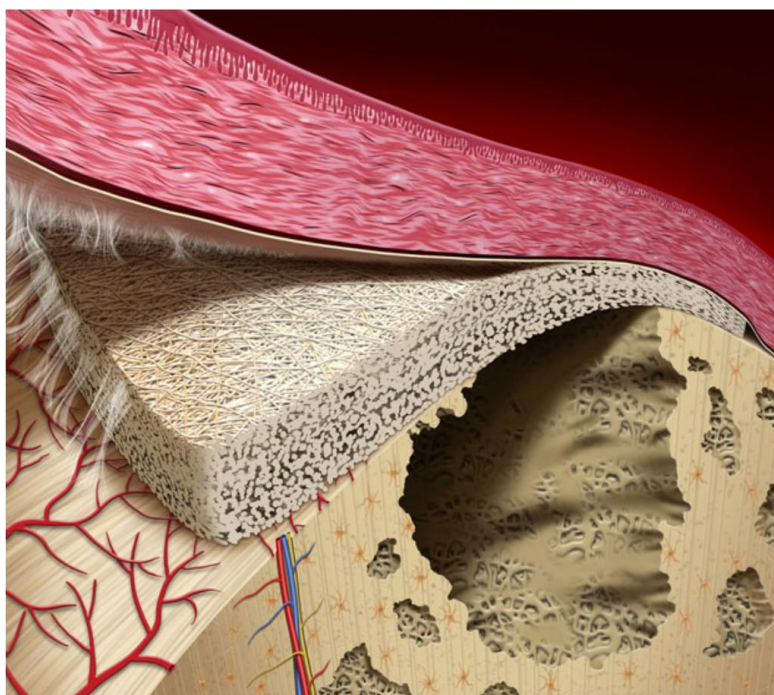
que previene la migración de células no deseadas, que proporciona estabilidad al injerto óseo, evitando el colapso del tejido blando en el defecto e impidiendo la llegada de células no osteogénicas competidoras, mientras favorece la acumulación de factores de crecimiento en el área que se pretende reconstruir (6–10). La ROG permite obtener volúmenes óseos suficientes para una correcta rehabilitación protésico-implante (7-9), la evidencia sugiere que es una modalidad de tratamiento predecible en deficiencias tanto verticales como horizontales de la cresta alveolar (10). Se pueden clasificar según sus características de degradación en membranas no reabsorbibles y reabsorbibles (7).

Las membranas reabsorbibles, como las de colágeno, tienen buena biocompatibilidad por ende son muy utilizadas en la técnica de ROG (3). A diferencia de las membranas no reabsorbibles, se degradan en el tiempo, reduciendo la morbilidad del paciente al eliminar la necesidad de una segunda cirugía. Sin embargo, este tipo de barreras pueden sufrir una reducción de la resistencia a la tensión, por no proporcionar un soporte mecánico suficiente en grandes defectos óseos, causando su colapso. Esto puede comprometer los resultados de la regeneración ósea reduciendo el volumen de hueso generado (10).

Las membranas no reabsorbibles, incluyen mallas de titanio y membranas de politetrafluoroetileno (PTFE), ofrecen resultados predecibles y a largo plazo para ROG. Además mantienen su forma y estructura, proporcionando un excelente mantenimiento del espacio y evita su desplazamiento. Este es un requisito esencial para reconstruir grandes defectos horizontales y verticales del reborde. Sin embargo, presentan algunas desventajas como la necesidad de una segunda cirugía para su remoción y una mayor tasa de complicaciones como la dehiscencia (10).

Para defectos óseos severos verticales y horizontales, la malla de titanio, motivo de este trabajo, ha demostrado excelentes propiedades mecánicas y un rendimiento osteogénico superior. Los estudios clínicos indican que proporciona un entorno estable para la regeneración ósea, lo que conduce a un exitoso aumento óseo horizontal y vertical. La estabilidad mecánica proporcionada por la malla de titanio ayuda a asegurar que el material de injerto permanezca en su lugar aun bajo la tensión de los tejidos blandos (3).

Los materiales de injerto óseo se colocan en el defecto como andamios para guiar a los osteoblastos y osteocitos para formar hueso nuevo, pero si el material de injerto carece de soporte, puede ser desplazado por tensiones locales, no lograndose el efecto deseado. Aunque las membranas de colágeno reabsorbible son una opción de tratamiento. Cuando, el hueso alveolar presenta defectos verticales y/u horizontales graves, es necesario utilizar otros tipos de materiales que den soporte o sustento al injerto óseo, los estudios clínicos sugieren que la malla de titanio muestra excelentes propiedades mecánicas y un gran rendimiento osteogénico (3).



*Figura 1 Ilustración esquemática del principio de ROG (extraído de Elgali 2017)*

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo es estudiar los diferentes protocolos descritos para el uso de mallas de titanio en la técnica de ROG, comparando los diferentes protocolos existentes en cuanto a la eficacia, el tiempo clínico requerido, el costo y la tasa de complicaciones de cada uno de ellos.

## 4. Objetivos

### Objetivo general

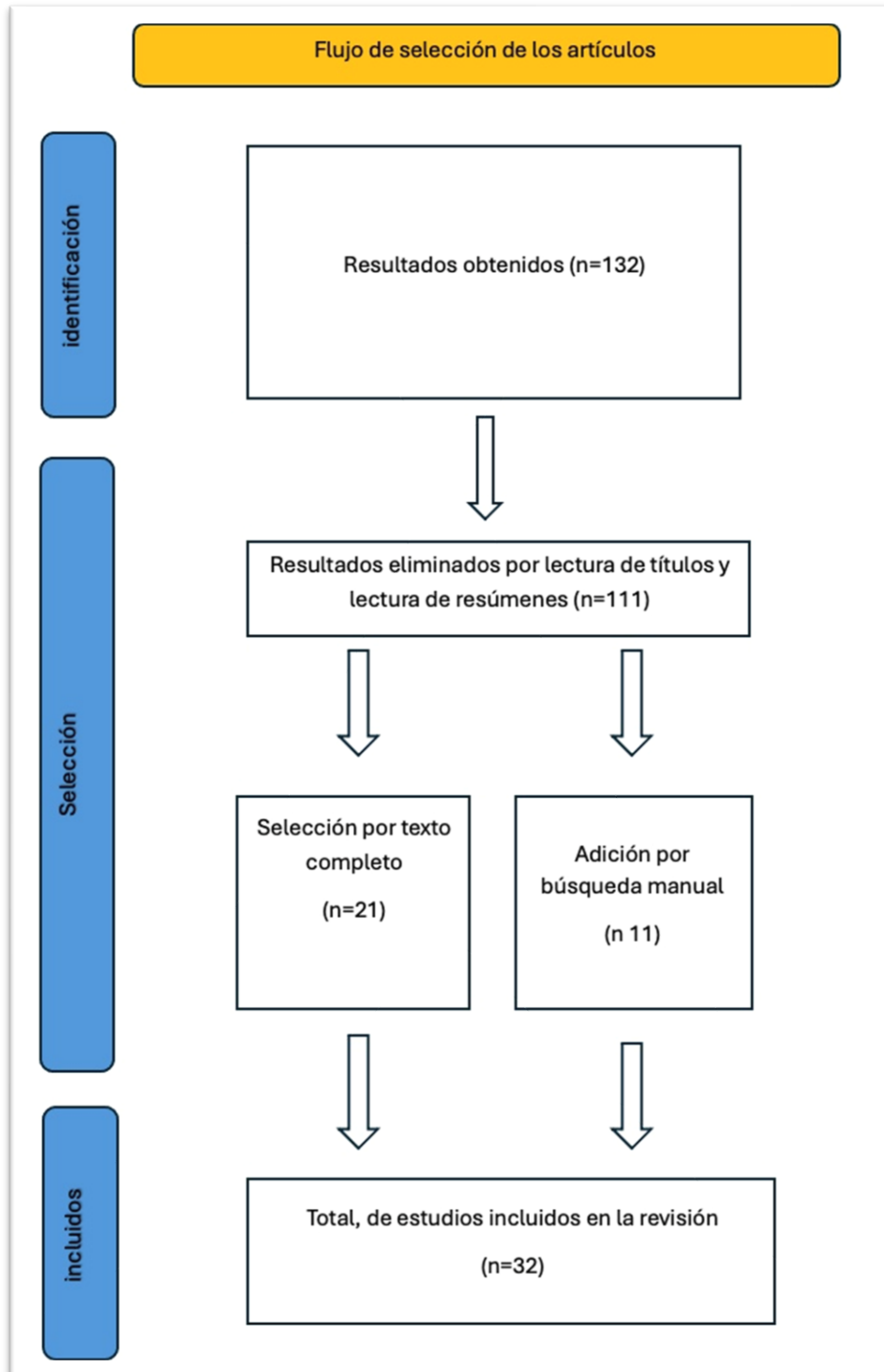
Analizar el éxito clínico y predictibilidad de los tratamientos de regeneración ósea guiada (ROG) que utilizan mallas de titanio, considerando su efectividad, tiempos clínicos y tasas de complicaciones.

### Objetivos específicos

1. Establecer la eficacia del tratamiento con mallas de titanio en ROG analizando los diferentes protocolos utilizados y la efectividad en la ganancia obtenida.
2. Comparar la reducción del tiempo clínico en tratamientos con mallas de titanio diseñadas mediante tecnología CAD-CAM frente a técnicas convencionales.
3. Determinar la tasa y el tipo de complicaciones asociadas al uso de mallas de titanio en ROG, diferenciando entre los distintos protocolos utilizados.

## 5. Métodología

Este trabajo de revisión se basa en una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed. Los términos de tesauros Mesh utilizados en la búsqueda fueron: “guide”, “bone regeneration”, “titanium”, “mesh”. La estrategia de búsqueda utilizada fue la siguiente: (guided bone regeneration) AND (titanium mesh), seleccionando artículos desde el 2014 al 2024. Se evaluaron en idioma inglés: revisiones sistemáticas, revisiones de literatura, ensayos clínicos aleatorizados y no aleatorizados y casos control. Fueron evaluados los artículos por título y resumen para realizar una primera selección incluyendo artículos que utilizaran mallas de titanio para la regeneración ósea guiada. Como criterios de exclusión se estableció para descartar los artículos que utilizaron esta técnica para otra parte del cuerpo que no fuera el maxilar superior y la mandíbula. Posteriormente, se realizó lectura de los textos completos para finalizar la selección de artículos y realizar la extracción de datos.



Esquema 1 Diagrama de Flujo para la selección de artículos

## 6. Antecedentes y justificación.

La pérdida ósea en el reborde atrofico es una condición común tanto en el maxilar como en la mandíbula. Se produce por la reabsorción del hueso alveolar tras la pérdida dentaria, que compromete no solo la estética facial del paciente, sino también la función masticatoria. La reducción en la altura y el ancho del reborde óseo dificulta la estabilidad primaria de los implantes, afectando la viabilidad de una correcta rehabilitación con implantoasistida(3).

Históricamente, se han desarrollado diversas estrategias para tratar el reborde atrofico, que no siempre han logrado resultados predecible en terminos de regeneración ósea y estabilidad a largo plazo. Con el avance en la tecnología de materiales y técnicas quirúrgicas, las mallas de titanio han surgido como una opción innovadora y efectiva en la ROG (3-7).

Las mallas de titanio presentan varias ventajas en la regeneración ósea. Su estructura rígida y porosa permite la vascularización y el suministro de nutrientes al injerto, promoviendo la osteogénesis. Además, actúa como una barrera física que previene la migración de células epiteliales y fibroblastos al defecto óseo, permitiendo que las células osteoprogenitoras colonicen el sitio y favorezcan la formación de nuevo hueso (3,7,10)

Desde su introducción las mallas de titanio han sido utilizadas en combinación con injertos óseos y membranas de colágeno para mejorar la predictibilidad del tratamiento. Sin embargo, su uso convencional presenta algunos inconvenientes, como la dificultad de adaptación intraoperatoria, el riesgo de bordes afilados que pueden dañar los tejidos blandos y un mayor tiempo clínico. Asimismo, existe el riesgo de exposición de la malla, lo que puede comprometer la integridad del injerto y aumentar la tasa de complicaciones postoperatorias (11,12)

La introducción de tecnologías como el diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD-CAM) ha mejorado significativamente la aplicación de las mallas. La personalización automática de las mallas reduce la necesidad de modificaciones intraoperatorias, disminuye el tiempo quirúrgico y mejora la adaptación de la zona a regenerar, reduciendo el riesgo de complicaciones. Además, al proporcionar un ajuste

mas preciso al defecto, disminuye la necesidad de tornillos de fijacion adicionales, lo que optimiza el manejo quirúrgico y mejora la estabilidad del injerto (8,12)

Diversos estudios clínicos han demostrado que el uso de mallas de titanio en ROG favorece la ganancia de volumen óseo en defectos tanto horizontales como verticales. Una revisión sistemática de Briguglio (2019) analizó la efectividad de estas mallas en diferentes tipos de defectos óseos, observando que su éxito depende de factores como la localización anatómica, el protocolo quirúrgico y el tipo de injerto utilizado (7).

Los estudios revisados reportaron que las mallas de titanio, al proporcionar una barrera mecánica estable, favorecen la proliferación osteogénica y la formación de hueso en defectos horizontales. En un ensayo clínico aleatorizado, se observó una ganancia ósea promedio de 3,5 a 4,2 mm en dirección horizontal tras un periodo de cicatrización de 6 a 9 meses, estos resultados destacan la eficacia de esta técnica en la reconstrucción de crestas atróficas (7).

En el caso de regeneración ósea vertical la situacion es más complejas debido a la influencia de la gravedad y la estabilidad del injerto, según la revisión de Briguglio en el (2019), el uso de mallas de titanio combinadas con injertos autologos o xenoinjertos permitió una ganancia ósea vertical de 4 a 5 mm, dependiendo del protocolo quirúrgico empleado. Sin embargo, la exposición de la malla fue una de las complicaciones mas reportadas, lo que podria comprometer el éxito del procedimiento si no se maneja adecuadamente (7).

Además, la respuesta regenerativa varía según la región anatómica. En la mandíbula, se han observado mayores tasas de éxito en la regeneración en sentido vertical debido a la menor reabsorción ósea postoperatoria en comparación con el maxilar. En defectos horizontales del maxilar, la malla de titanio ayuda a mantener el volumen del injerto, aunque la densidad del hueso regenerado puede ser menor en comparacion con la mandíbula. Para mejorar los resultados y minimizar el riesgo de exposición de la malla, el estudio de Corinaldesi (2007) sugiere complementarla con membrana de colágeno (13).

En comparacion con injertos óseos autologos, el uso de mallas de titanio diseñadas con tecnologia CAD-CAM presenta multiples beneficios:

- 1) Mayor precisión y ajuste anatomico: se diseña específicamente para cada paciente, reduciendo la necesidad de ajustes intraoperatorios.
- 2) Mayor estabilidad del injerto: la rigidez de la malla proporciona un soporte estructural adecuado, favoreciendo la osteogénesis.
- 3) Menor necesidad de fijación adicional: la adaptación precisa minimiza el uso de tornillos de fijación, reduciendo el riesgo de complicaciones.
- 4) Mejora estética y funcional: permiten una reconstrucción mas precisa del contorno óseo, facilitando la colocación de implantes y mejorando los resultados estéticos. (14,12)

El uso de mallas de titanio en la ROG ha demostrado ser una técnica eficaz para la reconstrucción de defectos óseos en el maxilar y la mandíbula. La evidencia clínica respalda su aplicación en aumentos tanto horizontales como verticales, con resultados satisfactorios en terminos de ganancia ósea y estabilidad a largo plazo (14). Sin embargo, para minimizar complicaciones y optimizar la formación ósea, es fundamental seguir un protocolo quirúrgico riguroso (7).

El desarrollo de mallas personalizadas mediante tecnología CAD-CAM ha optimizado su uso, reduce los tiempo quirúrgico y mejora la integración del injerto. Sin embargo, el éxito del procedimiento depende de una correcta planificación quirúrgica, la elección del material de injerto adecuado y buen manejo postoperatorio para minimizar complicaciones como la exposición de la malla (7,13,15,16)

En conclusión las mallas de titanio representan una herramienta valiosa en la ROG, proporcionando un enfoque avanzado para el tratamiento del reborde atrófico y la rehabilitación implantológica en pacientes con pérdidas óseas significativas (7).

TÍTULO	AUTOR	AÑO	TIPO DE ESTUDIO	DURACIÓN DEL ESTUDIO	OBJETIVOS	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<b>Aumento de cresta alveolar con malla de titanio y una combinación de hueso autógeno y hueso bovino anorgánico: un período de 2 años</b> Estudio prospectivo	Tomoki Sumida y col.	2008	Estudios prospectivo	2 años	evaluar los parámetros clínicos y radiográficos de los implantes colocados en crestas aumentadas utilizando una mezcla 70:30 de hueso autógeno y BBM en asociación con micro-malla durante un período de 2 años.	consideraron clínicamente exitosos, lo que resultó en una tasa de éxito del 93.1%.	El uso de una combinación de hueso autógeno y hueso bovino anorgánico, junto con mallas de titanio, demostró ser efectivo para la regeneración ósea de crestas alveolares, con buenos resultados en cuanto a la ganancia ósea y la supervivencia de los implantes durante el período de seguimiento de 2 años.
<b>Regeneración ósea guiada protésicamente CAD-CAM utilizando malla de titanio preformada para la reconstrucción de arcos maxilares atróficos</b>	L. Ciocca y cols.	2013	estudio descriptivo de caso		El protocolo presentado aquí está destinado a minimizar la intervención en la cirugía de reconstrucción ósea cuando hay atrofia o deformidad severa en los arcos maxilares.	este enfoque con malla de titanio y tecnología CAD-CAM es un método viable y reproducible para la reconstrucción de arcos maxilares atróficos.	El uso de malla de titanio preformada y tecnología CAD-CAM en la regeneración ósea guiada es un método viable y reproducible para la reconstrucción de arcos maxilares atróficos, que mejora la precisión en la colocación de la malla, minimiza la intervención quirúrgica, y favorece la regeneración ósea y la estabilidad para la colocación de implantes dentales.
<b>Resultado clínico de la cresta alveolar, aumento con individualización con malla de titanio producida por CAD-CAM</b>	K. Sagheb y cols.	2017	estudio retrospectivo	duración del seguimiento o postoperatorio fue de 12 ± 6 meses	evaluar el resultado clínico de un TM producido por CAD-CAM individualizado	la malla de titanio personalizada fabricada por CAD-CAM fue efectiva para la regeneración ósea, aunque el manejo adecuado de los tejidos blandos fue crucial.	Este protocolo presentado en este artículo se convierte en un método viable y reproducible con el apoyo de CAD-CAM y técnicas de creación rápida de prototipos.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>Modulación favorable inducida por nanotopografía de superficie de bioactividad y potencial osteoconductor de estructura de malla de aleación anodizada de Ti-6Al-4V impresa en 3D</b></p>	<p>KC Nune y cols.</p>	<p>2018</p>	<p>estudio experimental</p>	<p>no se especifica un período exacto de duración para todo el estudio en términos de tiempo total.</p>	<p>El objetivo del estudio descrito aquí es aclarar fundamentalmente la respuesta biológica de las estructuras de malla de aleación Ti-6Al-4V impresas en 3D que fueron modificadas en la superficie para introducir nanotubos de titanio con un tamaño de poro promedio de 80nm a través de un proceso de anodización electroquímica desde la perspectiva de mejorar la bioactividad.</p>	<p>la nanotopografía inducida por anodización mejoró tanto la bioactividad como el potencial osteoconductor de las mallas impresas en 3D.</p>	<p>las mallas de Ti-6Al-4V anodizadas mejoran la bioactividad y el potencial osteoconductor, favoreciendo la formación de apatita, la interacción celular y la mineralización, lo que las hace eficaces para la regeneración ósea.</p>
<p><b>Métodos informáticos en biomecánica e ingeniería biomédica CAD - CAM regeneración ósea guiada protésicamente utilizando malla de titanio preformada para la reconstrucción de arcos maxilares atróficos</b></p>	<p>L. Ciocca y cols.</p>	<p>2011</p>	<p>Estudio clínico prospectivo</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>minimizar la intervención en la cirugía de reconstrucción ósea cuando hay atrofia o deformidad severa en los arcos maxilares. contención del injerto de partículas frente al colapso de los tejidos blandos durante la función en el periodo postoperatorio.</p>	<p>se utilizó una malla de titanio preformada junto con injertos óseos para reconstruir arcos maxilares atróficos. La planificación se basó en tomografía computarizada y se fabricó un modelo en plástico del maxilar para probar la malla antes de la cirugía. La intervención resultó en una regeneración ósea eficaz, soportando la colocación de implantes para la rehabilitación protésica.</p>	<p>El protocolo presentado es una forma viable y reproducible de determinar la correcta regeneración ósea para la rehabilitación protésica definitiva soportada por implantes.</p>
<p><b>Flujo de trabajo para la rehabilitación protesica de pacientes atroficos con un enfoque de</b></p>	<p>L. Ciocca y cols.</p>	<p>2015</p>	<p>Estudio clínico prospectivo</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>Disminucion de tiempos clinicos, cantidad y calidad de aumento oseo controlado.</p>	<p>En este estudio, se utilizó un enfoque CAD-CAM para planificar y ejecutar la regeneración ósea guiada en pacientes con atrofia maxilar. La intervención permitió mejorar la calidad y cantidad</p>	<p>El aumento oseo guiado protesiticamente es un protocolo util para una intervencion quirurgica mínima y para reducir el tiempo, los costos y los procedimientos protesicos.</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<b>intervención CAD CAM</b>						del hueso mediante un aumento óseo controlado, lo que redujo los tiempos quirúrgicos y mejoró la precisión en la colocación de los implantes, facilitando la rehabilitación protésica.	
<b>Dispositivos de titanio a medida como membranas para el aumento óseo en el tratamiento de implantes: aplicación clínica y comparación con la malla de titanio convencional</b>	Tomoki Sumida y cols.	2015	Estudio de caso-control no aleatorio.	No especificada en el resumen disponible	El desarrollo de nuevos dispositivos hechos a medida para reconstruir el hueso alveolar para su implantación, y la comparación con los métodos convencionales	Dispositivos personalizados de titanio redujeron el tiempo quirúrgico en comparación con las mallas convencionales. Menor tasa de rupturas mucosas en pacientes con dispositivos personalizados, aunque no significativa.	Estos resultados indican que nuestro nuevo protocolo podría ser simple y seguro para proporcionar un poderoso apoyo para la regeneración ósea guiada.
<b>El uso de malla de titanio en la regeneración ósea guiada: una revisión sistemática</b>	F. Briguglio Y COLS.	2019	revisión sistemática	Los estudios incorporados son de un rango de 20 años (1998-2018)	realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de mallas de titanio en ROG para evaluar la confiabilidad del procedimiento, la regeneración obtenida y las fallas. evaluar el éxito y la tasa de supervivencia de los implantes insertados.		Esta revisión muestra cómo el uso de la malla de titanio representa un método predecible para la rehabilitación de sitios atróficos complejos.
<b>Sinterización directa por láser de metal (DMLS) de una malla de titanio personalizada para la regeneración ósea guiada protésicamente de</b>	L. Ciocca y cols.	2011	Estudio clínico prospectivo	No especificada en el resumen disponible	protocolo para la fabricación directa de una malla de titanio personalizada utilizando procedimientos CAD-CAM y prototipos rápidos para aumentar el hueso maxilar y minimizar la cirugía cuando hay atrofia severa o	La malla de titanio personalizada fabricada por DMLS mostró buenos resultados en la regeneración ósea guiada, adaptándose a las necesidades protésicas de los pacientes con atrofia maxilar.	Presentamos un método viable y reproducible para determinar el aumento óseo correcto antes de la colocación del implante y CAD-CAM para producir una malla de titanio sinterizada directa por láser personalizada que se puede utilizar para la regeneración ósea.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

arcos maxilares atróficos					deformidades post-oncológicas	La planificación basada en tomografía computarizada permitió una evaluación precisa y mínima intervención en el volumen óseo necesario para los implantes.	
<b>Regeneración ósea guiada horizontalmente con una malla de titanio y un injerto óseo equino</b>	Danilo Alessio Di Stefano y cols.	2015	Desctipción de un caso clínico	No especificada en el resumen disponible	aumento de cresta horizontal en el que se preforma una malla de titanio adaptándola a un modelo estereolitográfico de la mandíbula del paciente que se fabricó a partir de tomografías computarizadas	<p>Procedimiento: Se utilizó una malla de titanio preformada para estabilizar el injerto óseo equino en un defecto óseo mandibular posterior.</p> <p>Evaluación: Se observó una adecuada regeneración ósea y formación de hueso nuevo en el área tratada.</p>	La remodelación de la malla en un modelo de la mandíbula del paciente acortó el tiempo quirúrgico y permitió una colocación más rápida de la malla
<b>Caracterización mecánica de la malla de Ti individualizada impresa en 3D (membrana) para defectos óseos alveolares</b>	Liyun Bai y cols.	2019	No especificada en el resumen disponible	No especificada en el resumen disponible	explorará el efecto de diferentes espesores y tamaños de poro de la malla de titanio en sus propiedades mecánicas	<p>Procedimiento: Se diseñaron mallas de titanio personalizadas utilizando tecnología de diseño asistido por computadora (CAD) y fabricación aditiva (impresión 3D).</p> <p>Evaluación mecánica: Se realizaron análisis de elementos finitos (FEA) en 3D para evaluar el impacto del grosor y el tamaño de los poros en las propiedades mecánicas de las mallas.</p>	Puede mantener el espacio mejor que otras membranas y favorece la conformación de los materiales de injerto óseo. Las mallas a medida son más favorables que las comerciales al acortar el tiempo de cirugía y evitar las infecciones postoperatorias. El grosor de 0,4 mm es el mas adecuado y el tamaño depende del caso.
<b>Evaluación de parámetros de riesgo en la regeneración ósea utilizando una malla de titanio personalizada</b>	Amely Hartmann y cols.	2019	estudio retrospectivo	No especificada en el resumen disponible	evaluar los factores de riesgo para una técnica innovadora de regeneración ósea utilizando una malla de titanio personalizada que se probó en un entorno clínico	Se utilizó una malla de titanio personalizada para la regeneración ósea en pacientes con defectos alveolares.	Los resultados de este estudio verificaron el tratamiento de defectos grandes con una malla de titanio personalizada como un protocolo útil con un resultado predecible, incluso en casos de dehiscencias.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>Malla de titanio como alternativa a una membrana para aumento de cresta</b></p>	<p>Soobok Her y cols.</p>	<p>2012</p>	<p>Estudio retrospectivo</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>determinar la tasa y el alcance de las complicaciones asociadas con el uso de malla de titanio para la regeneración ósea e identificar qué factores podrían estar asociados con complicaciones postoperatorias, como infección, exposición a tejidos blandos e insuficiencia del injerto.</p>	<p>Se utilizó una malla de titanio para el aumento de un reborde atrófico, permitiendo la colocación de 5 implantes en la mandíbula y 1 en el maxilar, con el objetivo de lograr una rehabilitación fija implanto-soportada</p>	<p>Se puede lograr un aumento óseo sustancial utilizando malla de titanio junto con el injerto óseo. Además, la exposición de la malla de titanio durante la curación no necesariamente compromete el resultado final del tratamiento.</p>
<p><b>Optimización mecanobiológicamente de un implante 3D de malla de titanio para defectos mandibulares grandes: un estudio simulado</b></p>	<p>Hui Gao y cols.</p>	<p>2019</p>	<p>Estudio de simulación computacional</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>investigar la optimización de los andamios 3D para el defecto mandibular. Tanto el comportamiento biomecánico como la propiedad mecanobiológica de los andamios se consideraron en este estudio.</p>	<p>Se diseñaron implantes de malla de titanio utilizando técnicas de modelado 3D y análisis de elementos finitos para simular su comportamiento mecánico en defectos mandibulares grandes.</p>	<p>Este estudio pudo demostrar cómo las diferentes configuraciones y el diámetro del puntal modifican las propiedades mecánicas intrínsecas de los andamios de malla de titanio.</p>
<p><b>Una propuesta de clasificación de pseudoperiostio después GBR por medio de membranas d-PTFE reforzadas con titanio o mallas de titanio más membranas de</b></p>	<p>Alessandro Cucchi y cols.</p>	<p>2019</p>	<p>Descripción de un caso clínico, aleatorizado.</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>Evaluar las características clínicas e histológicas y para sugerir una clasificación de este tejido conectivo después de ROG con membranas no reabsorbibles o membranas reabsorbibles de titanio (Ti) -mesh plus.</p>	<p>Clasificación: Tipo1)sin tejido menos de 1 mm Tipo2)tejido regular 1 a 2 mm Tipo3)tejido irregular más de 2 mm</p>	<p>Las membranas de PTFE denso reforzado con malla de ti. Lograron mayor densidad ósea y una capa más delgada de pseudoperiostio sobre el hueso recién formado. Hay diferencias significativas entre el grupo A y B: grupoA mayoría tipo 1 grupo B mayoría más de 3mm de pseudoperiostio. La presencia de pseudoperiostio debajo de un dispositivo de barrera corresponde a una falta de</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<b>colágeno reticuladas</b>							regeneracion ósea con respecto al volumen óseo reconstructivo planificado
<b>Las diferencias en la composición del andamio en el tamaño de poro y las propiedades de hidrofobia como biomaterial de regeneración ósea</b>	Muhammad Dimas Aditya Ari y cols.	2018	Estudio experimental	No especificada en el resumen disponible	Analizar la influencia de la composición del andamio, el tamaño de poro y las propiedades de hidrofobicidad en la eficacia de los biomateriales utilizados para la regeneración ósea.	Evaluación de cómo la composición del andamio, el tamaño de poro y las propiedades de hidrofobicidad afectan la eficacia de los biomateriales en la regeneración ósea.	A partir de los resultados de este estudio, se puede concluir que el tamaño de poro y las propiedades de hidrofobicidad correspondientes a los biomateriales de regeneración de tejido óseo se obtienen en las relaciones de andamio Ch-G/BHA 20:80 y 30:7.
<b>Aumento óseo guiado por CAD-CAM de mandíbulas atróficas con malla de titanio personalizada: resultados preliminares de un estudio prospectivo abierto</b>	L. Ciocca y cols.	2018	estudio prospectivo abierto	6 a 8 meses	Este estudio evaluó los resultados del diseño asistido por computadora - mecanizado asistido por computadora (CAD-CAM) - malla de titanio personalizada utilizada para el aumento óseo guiado protésicamente relacionado con la posición del implante impulsado por la oclusión, a la ganancia de volumen óseo vertical de la mandíbula y el maxilar y a complicaciones, como la exposición a la malla.	El aumento óseo guiado por CAD-CAM utilizando malla de titanio personalizada es un método viable, aunque se observó una alta morbilidad postoperatoria, con un 66% de casos de exposición de la malla. Se recomendó un enfoque cauteloso para evitar la ruptura de la mucosa.	El uso de la tecnología CAD-CAM para el aumento óseo guiado protésicamente mostró una importante morbilidad postoperatoria de la exposición a la malla (66%). Debido a esta alta prevalencia de exposición a la malla y la posible infección que podría afectar el aumento óseo esperado, este estudio sugiere un enfoque cauteloso para este procedimiento al diseñar la malla de titanio, para evitar la tensión del colgajo que puede causar la ruptura de la mucosa.
<b>Reconstrucción de la cresta alveolar con mallas de titanio: una revisión sistemática de la literatura</b>		2014	Revisión sistemática	No aplica.	Analizar la fiabilidad de la malla de titanio como barrera, junto con la reconstrucción horizontal y vertical de la cresta para la colocación del implante.		Comparadas con las membranas reabsorbibles se encontró una ventaja a favor de la malla de titanio en términos de pérdida ósea después de la exposición, ya que la colocación de implantes no se vio comprometida en casi todos los casos. Se podría deducir que las mallas de titanio representaban una solución confiable para la reconstrucción de la cresta alveolar.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>Un enfoque alternativo para la reconstrucción mandibular</b></p>	<p>Xiu Feng Bai y cols.</p>	<p>2013</p>	<p>Cirugía fuera del campo de estudio.</p>	<p>No especificada en el resumen disponible</p>	<p>Evaluar la eficacia de una técnica de reconstrucción mandibular que combina mallas de titanio prefabricadas mediante diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD-CAM) con injertos de hueso autógeno</p>	<p>El estudio presenta un enfoque alternativo para la reconstrucción mandibular, utilizando nuevas técnicas y dispositivos que no se centran exclusivamente en la regeneración ósea convencional.</p>	<p>El estudio concluye que el enfoque propuesto para la reconstrucción mandibular puede ser útil en ciertos contextos, pero se requieren más estudios y ensayos clínicos para confirmar su eficacia y aplicabilidad en una mayor variedad de casos.</p>
<p><b>Reconstrucción de cresta alveolar con malla de titanio e injerto de hueso particulado autógeno: evaluaciones basadas en tomografía computarizada de Calidad y cantidad de hueso aumentada Ikuya</b></p>	<p>Ikuya Miyamoto y cols.</p>	<p>2012</p>	<p>No especificado completamente en el resumen, pero basado en evaluaciones clínicas de calidad y cantidad de hueso mediante tomografía computarizada</p>	<p>No especificado.</p>	<p>Evaluar la calidad y cantidad de hueso aumentado después de la reconstrucción de la cresta alveolar con malla de titanio e injerto óseo de partículas autógeno para la colocación del implante en términos del defecto óseo preoperatorio.</p>	<p>Clasificación: según la forma del defecto: (hv) horizontales-verticales, (h) horizontales, (s) alveolares. los defectos óseos se aumentaron con éxito utilizando la técnica de malla de titanio El defecto de tipo HV fue el más difícil de aumentar El defecto tipo S logró el aumento óseo más eficiente</p>	<p>El injerto óseo autógeno con malla de titanio permite una reconstrucción ósea alveolar vertical y horizontal adecuada tanto cuantitativa como cualitativamente para la colocación del implante. Sin embargo, el resultado clínico del aumento depende del tipo de defecto óseo preoperatorio.</p>
<p><b>Malla de fibra de titanio porosa con elasticidad a medida y su efecto sobre las células del estroma</b></p>	<p>Evy Aerts y cols.</p>	<p>2020</p>	<p>Studio in vitro (en rata)</p>	<p>No especifica</p>	<p>Variar la composición de TFM, para lograr una rigidez diferente, y evaluar los efectos de dicha variación en el comportamiento de las células del estroma derivadas de la médula ósea (BMSC).</p>	<p>El material mostró ser citocompatible, con resultados positivos en la interacción con las células, aunque se necesita más investigación preclínica.</p>	<p>El material TFM ha demostrado ser citocompatible. Se necesitan más estudios preclínicos para evaluar qué tipo de TFM es más adecuado como uso clínico para el crecimiento y la regeneración óseos. La rigidez se puede adaptar efectivamente al alterar las propiedades de la fibra, que altera el poro simultáneamente.</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>Reconstrucción de cresta alveolar con mallas de titanio y colocación simultánea de implantes: Un estudio clínico retrospectivo, multicéntrico</b></p>	<p>Raquel Zita Gomes y cols.</p>	<p>2016</p>	<p>estudio clínico retrospectivo, multicéntrico</p>	<p>No específica</p>	<p>Evaluar la ganancia de hueso horizontal y la supervivencia del implante y las tasas de complicaciones en pacientes tratados con mallas de titanio colocadas simultáneamente con implantes dentales y fijadas sobre ellas.</p>	<p>Después de la remoción de las mallas de titanio, la evaluación mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) reveló una ganancia ósea horizontal promedio de 3.67 mm (<math>\pm 0.89</math>).</p>	<p>La reconstrucción de la cresta horizontal con mallas de titanio colocadas simultáneamente con implantes dentales logró resultados satisfactorios predecibles. Se requieren ensayos controlados aleatorios prospectivos en una muestra más grande de pacientes para validar estos resultados positivos.</p>
<p><b>Malla de titanio para la regeneración ósea guiada: una revisión sistemática</b></p>	<p>Mateo-Sidrón Antón</p>	<p>2024</p>	<p>Revisión sistemática</p>	<p>No específica</p>	<p>Evaluar los resultados reportados en la literatura con respecto a la tasa de éxito de la técnica de malla de titanio para la colocación de implantes dentales.</p>	<p>El uso de malla de titanio es un método predecible para la rehabilitación de sitios atróficos complejos.</p>	<p>Se necesita una mayor investigación que genere datos a largo plazo para confirmar estos hallazgos.</p>
<p><b>Mallas de titanio en regeneración ósea guiada: una revisión sistemática</b></p>	<p>Aceves-Argemí R.</p>	<p>2021</p>	<p>Revisión sistemática</p>	<p>No específica</p>	<p>Determinar la cantidad de ganancia ósea (en términos de ancho y altura). Analizar la tasa de exposición de las mallas de titanio. Evaluar la supervivencia y el éxito de los implantes colocados tras la regeneración. Explorar los riesgos asociados con la exposición de las mallas y su impacto en el resultado final.</p>	<p>Ganancia ósea promedio: <i>Ancho horizontal:</i> 4,3 mm. <i>Altura vertical:</i> 4,11 mm. Exposición de las mallas: Alta tasa de exposición del 28%, un aspecto común en la regeneración con mallas de titanio.  Supervivencia y éxito de los implantes: Tasa de supervivencia de los implantes: 99,5% en implantes colocados simultáneamente. 99% en implantes diferidos. Tasa de éxito: 97% (implantes simultáneos). 95,1% (implantes diferidos). Manejo de Exposiciones:</p>	<p>Las mallas de titanio son eficaces en la regeneración ósea guiada, logrando aumentos significativos en altura y ancho óseo. Aunque presentan un alto riesgo de exposición (28%), un manejo adecuado permite mantener el volumen regenerado y obtener altas tasas de éxito y supervivencia en implantes dentales.</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

						A pesar del alto riesgo de exposición de tejidos blandos, una adecuada gestión quirúrgica permite obtener un volumen óseo suficiente sin comprometer el tratamiento final.	
<b>Evaluación histológica e histomorfométrica del aumento de la cresta alveolar utilizando injertos óseos y micromalla de titanio en humanos</b>	G. Corinaldesi	2007	Caso clínico prospectivo	No se indica	Evaluar histológicamente y mediante medidas histomorfométricas el éxito de la regeneración ósea en aumentación del reborde alveolar usando injertos óseos combinados con micromallas de titanio.	La combinación de injertos óseos y micromallas de titanio mostró una regeneración significativa del reborde alveolar. La formación de hueso nuevo fue observada con parámetros favorables en términos de cantidad y calidad ósea. Las micromallas de titanio fueron efectivas para estabilizar los injertos y preservar el volumen óseo.	El uso de micromallas de titanio combinado con injertos óseos es una técnica confiable y efectiva para la augmentación del reborde alveolar, mostrando una formación ósea adecuada y estable en términos histológicos y cuantitativos.
<b>Reconstrucción del reborde alveolar con malla de titanio y autoinjerto óseo particulado: evaluaciones basadas en tomografía computarizada de la calidad y cantidad del hueso aumentado.</b>	I. Miyamoto	2012	Estudio clínico prospectivo basado en tomografía computarizada (TC).	El artículo recoge evaluaciones realizadas a lo largo de un período posterior a la cirugía, aunque no se especifica exactament e la duración	Evaluar la efectividad de la técnica de reconstrucción del reborde alveolar utilizando mallas de titanio y autoinjerto óseo particulado. Analizar la calidad y cantidad del hueso regenerado mediante tomografía computarizada (TC).	Se observó un aumento significativo del volumen óseo en las áreas tratadas. La malla de titanio estabilizó el injerto y preservó el contorno óseo. El hueso nuevo formado mostró densidad adecuada y calidad similar al hueso nativo en términos de mineralización y estructura.	La técnica de reconstrucción con mallas de titanio y autoinjertos particulados es eficaz y predecible, proporcionando aumentación ósea con buena calidad y cantidad, lo que permite una posterior colocación de implantes de manera estable y funcional.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

				total en esta referencia.			
<b>Evaluación de las tasas de supervivencia y éxito de los implantes dentales colocados al momento de, o después de, la aumentación del reborde alveolar con injerto óseo autógeno mandibular y malla de titanio</b>	G. Corinaldesi, F. Pieri, L. Sapigni, y CM.	2009	estudio retrospectivo de largo plazo	De 3 a 8 años	<p>Evaluar las tasas de supervivencia y éxito de los implantes dentales colocados inmediatamente o después de la aumentación ósea con injerto autógeno mandibular y mallas de titanio.</p> <p>Determinar la estabilidad y funcionalidad del hueso regenerado y los implantes en el tiempo.</p>	<p>Tasa de supervivencia de los implantes: Alta, con valores superiores al 95 % en los 8 años de seguimiento.</p> <p>Tasa de éxito de los implantes: Mantuvieron estabilidad funcional y estética sin complicaciones significativas.</p> <p>La combinación de injerto óseo mandibular y malla de titanio favoreció la regeneración ósea vertical y horizontal adecuada.</p> <p>La técnica mostró ser eficaz para permitir la colocación exitosa de implantes en sitios previamente comprometidos.</p>	<p>El uso de injerto óseo autógeno mandibular y mallas de titanio en la aumentación del reborde alveolar es una técnica segura y eficaz, que resulta en tasas elevadas de supervivencia y éxito de los implantes dentales a largo plazo.</p>
<b>Análisis histológico e histomorfométrico del tejido óseo después de la regeneración ósea guiada con membranas no reabsorbibles frente a membranas reabsorbibles y malla de titanio.</b>	Alessandro Cucchi DDS y cols.	2019	Estudio comparativo clínico, con análisis histológico e histomorfométrico.	No específica	<p>Comparar la calidad del tejido óseo regenerado después de procedimientos de regeneración ósea guiada (ROG) mediante tres técnicas diferentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membranas no reabsorbibles.</li> <li>2. Membranas reabsorbibles.</li> <li>3. Malla de titanio.</li> </ol>	<p>La regeneración ósea fue más efectiva en el grupo que utilizó malla de titanio, en términos de volumen óseo y densidad mineral.</p> <p>Las membranas no reabsorbibles también mostraron buenos resultados, pero las reabsorbibles generaron una menor cantidad de hueso en comparación.</p> <p>El análisis histológico reveló que la malla de titanio favoreció una regeneración ósea más organizada y con</p>	<p>El uso de mallas de titanio y membranas no reabsorbibles es más eficaz para lograr una regeneración ósea guiada de mayor calidad y volumen, en comparación con las membranas reabsorbibles, lo que sugiere ventajas relevantes para procedimientos complejos de reconstrucción ósea.</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

						<p>mayor densidad de hueso laminar.</p> <p>El análisis histomorfométrico confirmó que las estructuras no reabsorbibles (malla de titanio y membranas no reabsorbibles) produjeron mayor cantidad de hueso mineralizado que las reabsorbibles.</p>	
<p><b>Regeneración tisular guiada alrededor de implantes dentales en alvéolos de extracción inmediata: comparación entre e-PTFE y una nueva membrana de titanio.</b></p>	R. Celletti y cols.	1994	Estudio clínico comparativo.	<p>El artículo no detalla en el título un período de seguimiento o específico</p>	<p>Evaluar y comparar la eficacia de la regeneración tisular guiada (RTG) utilizando dos tipos de membranas en alvéolos de extracción inmediata:</p> <p>1-de e-PTFE (politetrafluoroetileno expandido).</p> <p>2-Nueva membrana de titanio.</p> <p>Determinar cuál de estas membranas es más efectiva para promover la regeneración ósea alrededor de implantes dentales colocados inmediatamente tras la extracción.</p>	<p>Ambas membranas lograron regeneración tisular alrededor de los implantes, pero la membrana de titanio mostró ciertas ventajas.</p> <p>La membrana de titanio proporcionó una mejor estabilidad mecánica y facilitó una regeneración ósea más consistente en comparación con la membrana de e-PTFE. El control del colapso del tejido blando fue más eficiente con la membrana de titanio, lo que resultó en una mayor preservación del volumen óseo.</p>	<p>La nueva membrana de titanio demostró ser más efectiva que la membrana de e-PTFE en términos de estabilidad, control del colapso y preservación ósea, lo que la convierte en una alternativa prometedora para la regeneración tisular guiada en procedimientos de extracción inmediata con colocación de implantes.</p>
<p><b>Mallas de titanio personalizadas mediante CAD/CAM para la regeneración ósea guiada de defectos</b></p>	Col. MC y cols.	2021	Estudio clínico retrospectivo.	No específica.	<p>Evaluar la efectividad clínica de mallas de titanio personalizadas mediante tecnología CAD/CAM para la regeneración ósea guiada (GBR) en casos de</p>	<p>Las mallas de titanio diseñadas mediante CAD/CAM mostraron resultados prometedores en términos de ganancia de volumen óseo.</p>	<p>El uso de mallas de titanio personalizadas mediante CAD/CAM es una opción efectiva y prometedora para la regeneración ósea guiada en defectos alveolares severos, proporcionando una mejor estabilidad, preservación del</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>severos del reborde alveolar</b></p>					<p>defectos severos del reborde alveolar. Determinar si estas mallas personalizadas mejoran la estabilidad del injerto óseo y optimizan el volumen óseo regenerado.</p>	<p>Se observó una alta estabilidad mecánica y un control eficaz del colapso del tejido blando. La regeneración ósea fue significativa en los defectos alveolares severos tratados. Las complicaciones, como la exposición de la malla, fueron relativamente bajas en comparación con técnicas tradicionales.</p>	<p>volumen óseo y buenos resultados clínicos preliminares.</p>
<p><b>Malla de titanio para la augmentación ósea en implantología oral: aplicación actual y avances.</b></p>	<p>Xie Y y cols.</p>	<p>2020</p>	<p>Es un estudio de revisión (o revisión bibliográfica)</p>	<p>No aplica.</p>	<p>Evaluar la aplicación actual de las mallas de titanio en la augmentación ósea para implantología oral. Analizar los avances en la tecnología y técnicas asociadas a su uso. Identificar los beneficios y limitaciones de este material en los procedimientos de regeneración ósea, buscando proporcionar una perspectiva sobre su efectividad y áreas de mejora.</p>	<p>Se ha observado que las mallas de titanio ofrecen una excelente estabilidad mecánica y son altamente biocompatibles, lo que las hace una opción preferida para la regeneración ósea. Las mallas de titanio han mostrado resultados positivos en la mejora de la calidad y cantidad ósea en áreas con deficiencia ósea significativa, lo que facilita la colocación de implantes dentales. Las técnicas actuales, como el uso de mallas en combinación con injertos óseos, han demostrado ser efectivas, pero algunas investigaciones sugieren la necesidad de mejorar su integración y la prevención de complicaciones como infecciones o desplazamiento de la malla.</p>	<p>El estudio concluye que las mallas de titanio son una herramienta valiosa en la augmentación ósea en implantología oral, con aplicaciones clínicas prometedoras. Sin embargo, se requiere más investigación para optimizar las técnicas quirúrgicas, mejorar la integración de las mallas y minimizar las complicaciones. En general, las mallas de titanio siguen siendo una opción efectiva, pero su implementación debe ser cuidadosamente evaluada según las condiciones específicas de cada paciente.</p>

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<p><b>Efecto de las tasas de exposición con mallas de titanio personalizadas frente a mallas convencionales en la regeneración ósea guiada:</b></p>	<p>Zhou L y cols.</p>	<p>2020</p>	<p>Revisión sistemeatica</p>	<p>No aplica.</p>	<p>Comparar la efectividad de las mallas de titanio personalizadas frente a las mallas de titanio convencionales en los procedimientos de regeneración ósea guiada. Evaluar el impacto de estas mallas en resultados clínicos tales como la tasa de exposición (la medida en que las mallas se mantienen expuestas a la superficie), la calidad y cantidad ósea regenerada y las posibles complicaciones.</p>	<p>Tasas de exposición: Las mallas personalizadas demostraron una menor tasa de exposición que las mallas convencionales, lo que sugiere una mejor adaptación a los defectos óseos y una mayor estabilidad. Eficacia de la regeneración ósea: Se observó que las mallas personalizadas lograron mejores resultados en términos de regeneración ósea, con una mayor cantidad de hueso regenerado en comparación con las mallas convencionales. Complicaciones: Las mallas personalizadas presentaron menos complicaciones, como infecciones o desplazamiento, en comparación con las convencionales.</p>	<p>Las mallas de titanio personalizadas ofrecen ventajas significativas sobre las mallas convencionales en la regeneración ósea guiada, particularmente en términos de tasas de exposición y calidad ósea regenerada. Además, las mallas personalizadas presentan menos complicaciones, lo que las convierte en una opción más efectiva y segura en procedimientos de regeneración ósea guiada. Sin embargo, los estudios sugieren que se necesita más investigación para confirmar estos resultados y establecer mejores protocolos clínicos para su uso.</p>
---	-----------------------	-------------	------------------------------	-------------------	---	---	--

Tabla 1 Listado de artículos y sus resultados utilizados en este trabajo

## 7. Desarrollo

### 7.1. Técnicas utilizadas para el aumento de volumen óseo en brechas edéntulas

Para una correcta rehabilitación implanto-soportada, es esencial que el terreno óseo presente volumen y calidad ósea adecuados. Cuando el volumen óseo es insuficiente, se deben recurrir a diferentes técnicas para restaurarlo.

Es fundamental contar con un sistema de clasificación que permita evaluar el grado de pérdida ósea y facilite la toma de decisiones clínicas. La *Clasificación de Cawood y Howell* (1988) categoriza los defectos óseos del reborde alveolar en seis clases, que van desde rebordes casi intactos hasta aquellos con atrofia severa. A continuación, se presenta esta clasificación, que guía la selección de las técnicas de rehabilitación y ayuda a prever las necesidades de injertos o regeneración ósea en cada caso (17).

**Clase I** Cresta con dientes

**Clase II** Cresta inmediatamente después de la extracción

**Clase III** Cresta amplia y redonda con amplitud y altura adecuada

**Clase IV** Cresta en filo con suficiente altura, pero espesor insuficiente

**Clase V** Cresta plana con altura y espesor insuficiente

**Clase VI** Cresta atrófica con superficie de arquitectura inversa

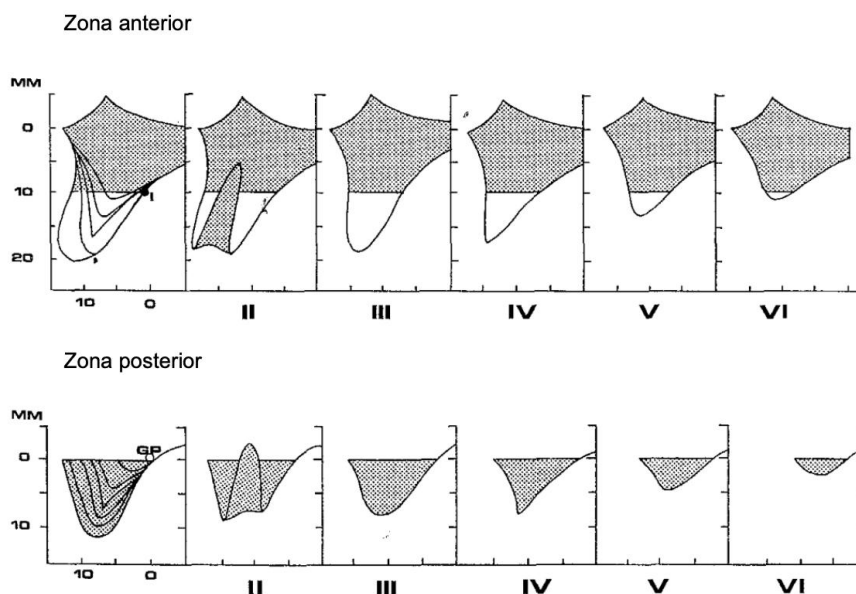


Figura 2 Reabsorción zona anterior maxilar. (Tomada de Cawood y Howell) (17).

Dentro de los procedimientos documentados en la literatura, el injerto de hueso autólogo en bloque es considerado el "gold standard". Sin embargo, presenta limitaciones, como la necesidad de un sitio donante, lo que causa morbilidad en la zona, disponibilidad ósea limitada y alta tasa de reabsorción ósea (3).

La distracción osteogénica es otra técnica utilizada, basada en un fenómeno biológico en el que el nuevo hueso rellena el espacio del defecto creado cuando dos segmentos óseos se separan lentamente bajo tensión. Esta distracción puede realizarse en dirección vertical y/u horizontal (18). Los principios básicos de esta técnica incluyen un periodo de latencia de siete días para la cicatrización inicial de los tejidos blandos, una fase de distracción en la que los segmentos óseos se separan gradualmente a razón de 1 mm por día, y una fase de consolidación para la regeneración ósea en el espacio creado (18–20)

Esta técnica se puede emplear para aumentar verticalmente crestas alveolares deficientes en ciertos casos, aunque presenta una alta tasa de complicaciones, como el cambio del vector de distracción, distracción incompleta, fractura del dispositivo y pérdida parcial de la ganancia ósea inicial. Su indicación se limita a crestas verticalmente deficientes pero con un ancho suficiente, ya que el segmento a distraer debe tener al menos 3 mm de altura. Mandíbulas severamente reabsorbidas no son candidatas idóneas debido al riesgo de fractura mandibular o daño neural. Además, la proximidad al seno maxilar y las cavidades nasales pueden ser contraindicaciones. También, la rigidez de la mucosa palatina puede afectar negativamente el vector de distracción (21).

La regeneración ósea guiada (ROG) es una técnica ampliamente utilizada para recuperar el volumen óseo perdido. Consiste en la colocación de una barrera que separa el área en regeneración de los tejidos blandos circundantes, impidiendo la invasión de células no deseadas y favoreciendo la proliferación de células osteoprogenitoras (3,7). Para su correcto funcionamiento, la barrera debe ser lo suficientemente rígida para evitar el colapso y bloquear la infiltración de células de tejidos blandos (2).

Actualmente, la ROG se lleva a cabo mediante el uso de membranas reabsorbibles y no reabsorbibles en combinación con diversos materiales de relleno óseo. La elección de los materiales depende en gran medida del tamaño y la configuración del defecto óseo. Se ha propuesto una clasificación clínica para guiar la selección de la técnica más adecuada según cada caso (1). Las barreras utilizadas en ROG pueden dividirse en dos grandes categorías: reabsorbibles y no reabsorbibles. Entre las barreras no reabsorbibles, se encuentran las

membranas de politetrafluoroetileno (PTFE) y las mallas de titanio, que han demostrado ser altamente eficaces en defectos óseos severos (2-7).

Las membranas reabsorbibles han sido ampliamente utilizadas en ROG debido a su capacidad para actuar como una barrera biológica mientras se degradan con el tiempo, eliminando la necesidad de una segunda cirugía para su remoción. Sin embargo, su efectividad depende de factores como la estabilidad del material, la capacidad de mantener el espacio regenerativo y la resistencia a la exposición (22).

## 7.2. Mallas de titanio

En la regeneración ósea, el uso de una membrana es esencial para proteger el injerto y reducir la reabsorción ósea. Las mallas de titanio se han convertido en una opción estándar debido a su biocompatibilidad, resistencia, rigidez, baja densidad y resistencia a la corrosión (7,23)

La principal complicación relacionada con el uso de la membrana de titanio es la dehiscencia de los tejidos blandos con la consiguiente exposición de la malla. No obstante, las mallas de titanio pueden tolerar un cierto grado de exposición (7).

El titanio se utiliza ampliamente en cirugía por sus propiedades, especialmente para la regeneración ósea guiada (ROG). La malla de titanio tiene excelentes propiedades mecánicas, lo que le permite actuar como un soporte espacial para la osteogénesis. Además, su elasticidad reduce la opresión de la mucosa oral y su flexibilidad permite adaptarse a diferentes defectos óseos (3,24)

El uso de titanio en la regeneración ósea guiada (ROG) se inspiró en los resultados exitosos del uso de mallas de titanio para la reconstrucción de defectos maxilofaciales. Varios estudios han demostrado que el uso de una malla de titanio, sola o junto con sustitutos óseos, es un procedimiento eficaz para la regeneración localizada de la cresta alveolar, antes o simultáneamente con la colocación de implantes. Se han utilizado membranas de titanio oclusivas y microperforadas para el tratamiento de defectos óseos periimplantarios y aumento de la cresta alveolar. Las similitudes y diferencias en la biocompatibilidad y el rendimiento tisular entre el titanio comercialmente puro y las aleaciones de titanio han sido revisadas recientemente (1).

La malla de titanio, como producto de aplicación, tiene características únicas como membrana de barrera en ROG. Por sus propiedades mecánicas, su alta resistencia y rigidez que permiten el soporte espacial para la osteogénesis. Su estabilidad es necesaria para mantener el volumen del injerto óseo durante la cicatrización y su elasticidad puede reducir la opresión de la mucosa oral. Debido a su buena maleabilidad, la malla de titanio se puede adaptar a varios defectos óseos mediante la flexión y la conformación (24).

Estas características permiten que la ROG con malla de titanio muestre un efecto de osteogénesis altamente estable y logre aumento óseo en dirección horizontal y vertical. Para diferentes mallas de titanio, el grosor y la porosidad son los factores clave que afectan sus propiedades mecánicas. El grosor es directamente proporcional a sus propiedades mecánicas, actualmente se usa entre 0,1 y 0,5mm. Por lo general, 0,2mm puede ser adecuada para la mayoría de los casos (3,7). Con este grosor, se puede proporcionar suficiente rigidez para mantener el espacio y proteger los injertos, al mismo tiempo que ofrece la flexibilidad adecuada que reduce el riesgo de ruptura del tejido (7,10,12)

El tamaño de poro, también afecta el rendimiento de la malla de titanio durante la ROG (7), desempeña un papel esencial en el suministro de sangre a la zona y en la facilitación de los procesos metabólicos de los injertos en el sitio del defecto. Celletti y cols. demostraron que sin poros en la malla de titanio, la exposición de la malla ocurriría 3 semanas después de la cirugía (7,23). Sin embargo, la relación entre el tamaño del poro de la malla de titanio y la formación de hueso aún es controvertida (11).

Debido a la existencia de poros en la malla de titanio, es difícil lograr un aislamiento celular selectivo y a menudo, el tejido blando crece debajo de la malla de titanio. Muchos estudios han intentado investigar la relación entre el tamaño de los poros y la cantidad de crecimiento de tejido blando por debajo de la malla. Un estudio comparo los resultados obtenidos con la malla de titanio con un diámetro de poro pequeño (0,6 mm) con los que se obtuvieron con la malla de titanio con un diámetro grande (1,2 mm) y se observó que esta última promovió una mayor regeneración ósea y previno el crecimiento de los tejidos blandos de manera más eficaz. Este fenómeno puede estar relacionado con el aumento de distribución del suministro de sangre y difusión de nutrientes y oxígeno liderados por la gran apertura. Por el contrario, otro estudio demostró que el uso de mallas de titanio de gran diámetro (>2 mm) puede provocar un mayor crecimiento de tejido blando sobre la superficie del hueso nuevo que el uso de mallas de titanio de diámetro pequeño (11).

### Propiedades biológicas y propiedades osteogénicas

La biocompatibilidad de los materiales se puede dividir en resistencia a la corrosión y citotoxicidad. La malla de titanio tiene buena biocompatibilidad. Debido a su baja conductividad eléctrica, el titanio es propenso a realizar una oxidación electroquímica para formar una capa de óxido pasiva e inerte. Esta capa de óxido puede retenerse al el pH del cuerpo humano, lo que genera alta y persistente resistencia a la corrosión. Se puede liberar una pequeña cantidad de partículas de metal de la malla de titanio, que no tienen un efecto significativo en la tasa de crecimiento relativo de las células humanas. A menudo se puede encontrar tejido blando sobre la superficie del hueso regenerado, llamado "pseudoperiostio". La formación de esta capa de tejido blando puede estar relacionada con la capacidad insuficiente de exclusión celular de la malla de titanio debido a sus poros. El papel del pseudoperiostio puede estar relacionado con la protección del injerto óseo, la prevención de infecciones del injerto y la absorción. Actualmente, se suele retirar junto con la malla de titanio en operaciones posteriores (26)

## 7.3. Protocolos para el aumento de volumen óseo que utilizan mallas de titanio

### 7.3.1. Mallas comerciales

Las mallas de titanio comerciales se utilizan en la reconstrucción de defectos óseo-maxilofaciales y en la restauración ósea de crestas alveolares deficientes (27). Estas han mostrado buenos resultados clínicos y radiológicos y se han introducido como un sistema de contención para injertos autógenos y alopáticos (particulados), al aumentar el maxilar atrofico y la mandíbula para limitar o eliminar estos problemas (28).

Según el procedimiento que se utilice, pueden clasificarse en convencionales, que son las estándar que se obtienen en el mercado, se esterilizan y se adaptan al reborde durante la cirugía. Este procedimiento aumenta el tiempo quirúrgico, su adaptación es poco exacta y sus bordes presentan un pulido imperfecto, lo que puede generar fenestraciones o dehiscencias en la mucosa que exponen la malla al medio bucal (28).

El tratamiento con mallas de titanio comerciales de los defectos complejos, tanto horizontales como verticales, se asocian con una mayor tasa de complicaciones. fundamentalmente debido a la exposición de la malla y con una menor capacidad de ganancia ósea. Estudios

previos han demostrado que la exposición de áreas óseas está directamente relacionada con la pérdida de hueso y una reducción en la formación de nuevo tejido óseo (7).

El volumen obtenido en la regeneración ósea con mallas de titanio comercial puede variar dependiendo del tipo de defecto. La ganancia vertical promedio es de entre 2,5 y 6 mm, aunque algunos casos han reportado hasta 13,7 mm. Los factores que limitan estos resultados incluyen características de los tejidos blandos, la proximidad a las inserciones musculares y la falta de mucosa queratinizada (7).

### 7.3.2. Mallas preformadas con tecnologías CAD-CAM

Diversas estrategias han sido desarrolladas para disminuir la exposición de la malla, entre ellas la personalización de las mismas mediante tecnología CAD-CAM para lograr un ajuste más preciso al sitio de regeneración, lo cual también reduce el tiempo clínicos (7).

Según Matteo Chiapasco y sus colaboradores, el uso de mallas de titanio personalizadas permite una ganancia ósea significativa, sin necesidad de ajustes adicionales durante la cirugía. Además, obtuvieron una tasa de exposición de malla muy baja, mayormente sin pérdida significativa de la ganancia ósea inicial (28).

Por lo tanto, al ser un procedimiento más específico ya que se realiza la adaptación de la malla previo a la cirugía en un modelo analógico o digital. La personalización de la malla de titanio sobre un modelo analógico, obtenido mediante una impresión convencional fue el primer método de adaptación utilizado.

El procedimiento digital mediante el método CAD-CAM es más preciso y permite una mejor personalización de la malla de titanio al contar con más herramientas para su adaptación (29). Consiste en superponer un modelo digital (STL) con la Tomografía Axial Computarizada (DICOM) del paciente mediante un software específico obteniéndose así el CAD. El diseño digital del aumento de volumen de la brecha permite calcular exactamente la ubicación del o de los implantes, el volumen de biomaterial necesario (evitando excesos que dificulten el cierre primario del colgajo), el espesor del pseudoperiostio (de 1,5 mm aproximadamente) que es un tejido conectivo que se desarrolla entre la malla y el hueso regenerado (29,30) y la distancia entre los dientes vecinos a la brecha y la malla generando un margen de seguridad de aproximadamente 1mm que evita el paso de bacterias al injerto que podrían generar una infección que comprometa el resultado por exposición de la malla (15).

Por lo tanto esta técnica con mallas personalizadas ha demostrado tiempos quirúrgicos más cortos, menos exposiciones y menores tasas de infección que las mallas no personalizadas o los bloques de hueso autógeno (28,31)

### 7.3.3. Mallas sinterizadas

Como tercer protocolo se presenta el uso de mallas de titanio con diseño CAD-CAM sinterizadas. Con esta técnica se diseña y fabrica una malla de titanio personalizada para el aumento óseo necesario en la cresta atrofica, guiada por la posición de los implantes de acuerdo a la planificación protesica realizada (32). Son estructuras porosas fabricadas mediante un proceso de sinterización que implica la compactación y la fusión parcial de partículas de titanio en polvo (32). Este método permite crear una estructura tridimensional con una red de poros interconectados que facilita la infiltración de tejido óseo y la vascularización.

Esta es la opción que presenta mayor precisión, donde además de tener todos los beneficios de la técnica digital se le suma la fabricación desde cero de la malla de titanio. Se puede diseñar el tamaño (respetando todos los límites y los márgenes de seguridad), los espesores (se pueden variar según el caso, para que la malla sea más o menos flexible), los poros tanto el diámetro como la distribución (por estos pasa el suministro sanguíneo), la porosidad controlada de las mallas permite una buena interacción con el hueso nuevo formado, lo cual es crucial para asegurar la estabilidad a largo plazo del aumento óseo realizado. La malla debe estar pulida a espejo, los bordes deben estar todos redondeados y pulidos, la cantidad, distribución y posición de los tornillos de fijación deben tener acabados perfectos y ubicaciones estratégicas (29).

En el diseño se considera un sobrecontorno de 1.5 mm para prevenir la formación biológica del pseudo-periostio, que usualmente envuelve la malla de titanio (30,32)

Los beneficios aparte de los ya nombrados comparado con las otras técnicas son:

1) Personalización anatómica: Al igual que las mallas CAD-CAM, las mallas sinterizadas de titanio pueden diseñarse específicamente para cada paciente utilizando tecnología de diseño asistido por computadora. Esto asegura un ajuste preciso y una integración óptima con la anatomía del sitio de la cirugía.

2) Tiempo clínico invertido: comparado con otras técnicas, como las mallas de titanio convencionales, el tiempo de colocación es significativamente menor debido a la adaptabilidad y previsión del diseño de las mallas sinterizadas, aunque esto puede variar según la experiencia del operador y el grado de dificultad de la cirugía.

3) Tasa de complicaciones: al tener una manipulación clínicamente mínima de la malla de titanio y los tejidos la tasa de complicaciones postoperatorias baja sustancialmente comparado con las otras técnicas.

4) Como alternativa a las membranas y a las mallas de titanio tradicionales y para proporcionar solución a situaciones como defectos verticales y horizontales con morfología "muy irregular", donde la adaptación de membranas o bloques óseos puede ser compleja, se ha propuesto recientemente esta nueva generación de mallas de titanio (27,28,32).

Protocolo optimizado para el uso de mallas de titanio:

<b>Fase</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Detalles Clave</b>
<b>1. Evaluación Preoperatoria</b>	Historia clínica y evaluación sistémica	Considerar factores de riesgo: diabetes, tabaquismo, osteoporosis, estado nutricional y enfermedades periodontales.
	Exploración clínica y radiográfica (CBCT)	Medición del grado de atrofia ósea y evaluación de tejidos blandos.
	Planificación digital con software CAD-CAM	Modelado 3D del defecto óseo para diseño preciso, evaluación de espacios anatómicos y determinación de volumen de regeneración requerido.
<b>2. Diseño y Fabricación de la Malla</b>	Segmentación CBCT y creación de modelo 3D	Definir dimensiones exactas del defecto y evaluar estructuras anatómicas adyacentes.
	Diseño CAD de la malla de titanio	Optimizar el ajuste, estabilidad y minimizar puntos de tensión en tejidos blandos.
	Impresión de prototipo en resina	Validación de ajuste previo a fabricación final y realización de pruebas en modelos físicos.
	Fabricación en titanio	Mediante fresado o sinterización láser con optimización de porosidad para mejor integración tisular.
<b>3. Preparación Quirúrgica</b>	Profilaxis antibiótica	Amoxicilina 2g 1 hora antes de la cirugía o alternativa en pacientes alérgicos.
	Anestesia local con sedación si es necesario	Reducción del estrés y confort del paciente, considerar anestesia general en casos complejos.
	Incisión y disección del colgajo	Minimizar trauma tisular, preservar irrigación y realizar disección cuidadosa de tejidos blandos.

Tratamiento del reborde atrofico: uso de malla de titanio.

<b>4. Colocación de la Malla</b>	Preparación del lecho óseo	Perforaciones corticales para angiogénesis y mejor integración del injerto.
	Uso de injerto óseo	Autólogo, alógeno o xenólogo según indicación; considerar la adición de factores de crecimiento (PRF, BMP).
	Posicionamiento de la malla preformada	Ajuste pasivo, sin tensión, y fijación con microtornillos de titanio estratégicamente colocados.
	Verificación de estabilidad	Confirmar ausencia de movilidad y exposición de bordes.
<b>5. Cierre y Manejo Postoperatorio</b>	Cierre sin tensión del colgajo	Técnica de avance de colgajo si es necesario, uso de suturas reabsorbibles y refuerzo con fibrina autóloga.
	Medicación postoperatoria	Antibióticos y antiinflamatorios según protocolo; uso de colutorios antisépticos y recomendaciones de dieta blanda.
	Controles clínicos y radiográficos	A las 2, 4 y 12 semanas, con seguimiento para evaluar integridad de tejidos blandos y remodelado óseo.
	Retiro de la malla	Entre 4-6 meses según evolución y volumen óseo obtenido.
<b>6. Evaluación de Resultados</b>	Análisis de la regeneración ósea	CBCT postoperatorio para comparar volumen óseo, integración y densidad obtenida.
	Evaluación de estabilidad ósea	Confirmación de integración del injerto y preparación para implantes.
	Planificación de colocación de implantes	Basado en volumen y densidad ósea obtenida, optimización del posicionamiento para éxito a largo plazo.

Tabla 2: Protocolo optimizado para el uso de mallas de titanio.

Este protocolo optimizado permite un uso más eficiente de las mallas de titanio en ROG, mejorando la estabilidad del injerto, reduciendo complicaciones y optimizando los resultados clínicos en rebordes atroficos.

Protocolo ante exposición temprana de la malla de titanio:

	<b>Descripción</b>
<b>1. Diagnóstico Precoz</b>	Inspeccionar la herida para determinar la magnitud de la exposición.
	Revisar signos de infección (fiebre, inflamación, secreción purulenta).
	Verificar estabilidad de la malla (si se mueve o hay pérdida de fijación).
<b>2. Manejo Inicial</b>	Administrar antibióticos de amplio espectro y ajustar según el cultivo.
	Intentar el cierre del colgajo sin tensión para cubrir la malla.
	Aplicar membranas protectoras biocompatibles para cubrir la malla expuesta.
	Evitar el estrés mecánico en la zona tratada para evitar mayor exposición.
	Irrigar la zona con clorhexidina para reducir la carga bacteriana y prevenir infecciones.
<b>3. Reintervención Quirúrgica</b>	Si la malla está contaminada o desplazada, considerar reemplazo de la malla.
	Usar injertos óseos o colgajos para cubrir la malla si la exposición es significativa.
<b>4. Monitoreo Postoperatorio</b>	Evaluaciones periódicas clínicas y radiográficas para asegurar regeneración ósea.
	Continuar tratamiento antibiótico si se presenta infección y drenar si es necesario.
<b>5. Prevención de Exposición en Futuras Intervenciones</b>	Asegurar que el colgajo esté bien movilizado y sin tensión en el cierre.
	Revisar la técnica quirúrgica para mejorar el ajuste y fijación de la malla.
	Evaluar técnicas de fijación alternativas para evitar la exposición de la malla.
	Usar mallas personalizadas para una mejor adaptación y estabilidad.

Tabla 3 Descripción de pasos a seguir en caso de una exposición temprana de la malla de titanio

## 8. Discusión

El presente trabajo pretende analizar y describir los diferentes protocolos utilizados para la reconstrucción de rebordes atroficos tanto en el maxilar superior como inferior, mediante la técnica de regeneración ósea guiada (ROG), utilizando mallas de titanio como barrera física, con el objetivo de colocar implantes dentales protesicamente guiados, valorando el tiempo clínico, la ganancia ósea, las complicaciones y la tasa de éxito de los implantes colocados.

Esta técnica es predecible, con una amplia gama de indicaciones en cuanto a su aplicación, presentando excelentes propiedades gracias a la estructura de las mallas de titanio, cumpliendo con las necesidades de aumento óseo en la mayoría de las situaciones clínicas, destacándose frente a las membranas tradicionales (33).

En todos los artículos analizados se encontraron características favorables en cuanto a la utilización del titanio para realizar regeneraciones óseas. El aumento óseo horizontal y vertical obtenido fue siempre adecuado para finalizar el tratamiento implanto-protésico (3,34).

Los estudios referidos al uso de mallas de titanio en ROG de elevado nivel de evidencia son bastante escasos en la literatura. Por tal motivo se amplió la búsqueda incluyendo trabajos de menor nivel de evidencia científica, aumentando también la cantidad de años en la búsqueda.

Los protocolos que utilizan mallas de titanio comerciales han sido ampliamente aplicados en cirugías reconstructivas debido a su estabilidad y previsibilidad, características que las han consolidado como un recurso confiable durante años. Estas mallas se estandarizan, se obtienen en el mercado, se esterilizan y se adaptan durante la cirugía. Sin embargo, su capacidad de modelado anatómico preciso es limitada, lo que puede incrementar el riesgo de complicaciones postoperatorias. Esto se debe a que, en muchos casos, el recorte de las mallas comerciales no es completamente exacto, lo que puede generar bordes filosos o un pulido imperfecto. Estos defectos pueden ocasionar fenestraciones, que comprometen el proceso de regeneración ósea y la estabilidad de los injertos (27). A pesar de estos inconvenientes, la revisión sistemática de Briguglio respalda la eficacia y la previsibilidad

de las mallas comerciales en la regeneración ósea guiada (ROG), destacando que, en general, este procedimiento es predecible y útil para la rehabilitación de sitios atróficos complejos (7). Sin embargo, los estudios que comparan este protocolo con el que utiliza mallas CAD-CAM personalizadas aseguran que estas últimas ofrecen mayores ventajas al reducir el tiempo intra quirúrgico disminuyendo el riesgo de complicaciones (23,35) Según Zhou, el protocolo que emplea mallas personalizadas mediante CAD-CAM reduce considerablemente el tiempo quirúrgico y disminuye el riesgo de complicaciones, particularmente la dehiscencia (36). Esto se debe a que las mallas personalizadas se diseñan específicamente para cada paciente, utilizando imágenes tomográficas detalladas que permiten una adaptación anatómica precisa y una cobertura más adecuada de los defectos óseos (36).

Uno de los puntos comunes que destacan los estudios, independientemente del protocolo utilizado, es que la principal complicación relacionada con el uso de mallas de titanio es la dehiscencia de los tejidos blandos, que puede llevar a la exposición de la malla (7). En el caso de dehiscencia, Briguglio y cols. señalan que no afecta gravemente la ganancia ósea, aunque sí puede influir en la regeneración ósea completa (3,7). Esta conclusión es respaldada por otros estudios que sugieren que, aunque la exposición de la malla afecta parcialmente la ganancia ósea, si se colocaran implantes dentales simultáneos a la regeneración la supervivencia del implante se mantiene alta, con tasas de éxito superiores al 95% en la mayoría de los artículos revisados (3,7,12,37). El protocolo con mallas personalizadas mediante CAD-CAM representa un avance significativo respecto a los métodos convencionales. Las mallas personalizadas no solo ofrecen una mayor precisión en la adaptación anatómica y la planificación quirúrgica, sino que también permiten una ejecución más eficiente del procedimiento. Esta personalización reduce la necesidad de ajustes intraoperatorios y como resultado, minimiza el tiempo quirúrgico, lo que a su vez reduce las complicaciones postoperatorias. Según varios estudios, la utilización de mallas CAD-CAM ha mostrado una disminución en las tasas de complicaciones en comparación con las mallas convencionales (14,27,29). Estas ventajas hacen que los protocolos con mallas personalizadas sean más atractivos, especialmente cuando se tratan defectos óseos complejos, donde la precisión es crucial tanto para la funcionalidad como para la estética del tratamiento.

En general, los estudios revisados coinciden en que las mallas de titanio, especialmente aquellas personalizadas mediante tecnologías avanzadas como CAD-CAM y sinterizadas, pueden mejorar significativamente los resultados en la regeneración ósea guiada (ROG). Ciocca y cols. resalta la capacidad de estas mallas para adaptarse mejor a los defectos óseos, lo que mejora la precisión y reduce el tiempo quirúrgico (9,29). Por otro lado, los autores Nune y cols. y Hartmann y cols, enfocan sus investigaciones en los aspectos biológicos y en los factores de riesgo, respectivamente, proporcionando una comprensión más profunda de los beneficios y los retos asociados con estas técnicas. Mientras que Nune y cols. evalúa la respuesta biológica de las mallas de titanio modificadas, Hartmann y cols. se centra en los factores de riesgo y los aspectos clínicos relacionados con la exposición de la malla (8,38).

A pesar de los avances en la personalización de las mallas, los estudios a largo plazo y los ensayos prospectivos aleatorizados son esenciales para confirmar la efectividad de estas técnicas. Gomes y cols. realizaron un estudio multicéntrico que muestra buenos resultados iniciales, pero la falta de control aleatorio y de una muestra más amplia limita la fuerza de las conclusiones (39). Además, Sumida y cols. indican que las mallas personalizadas mediante CAD-CAM, especialmente las sinterizadas, pueden superar a las convencionales en términos de adaptación, reducción de complicaciones y eficacia a largo plazo, aunque los estudios no aleatorios aún representan un desafío para validar estos hallazgos (40).

Si bien las mallas comerciales siguen siendo una opción válida en la cirugía reconstructiva, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de protocolos más precisos y efectivos, como las mallas personalizadas mediante CAD-CAM y las mallas sinterizadas. Estas últimas, al ofrecer no solo una mejor adaptación anatómica, sino también una estructura porosa que favorece la integración ósea, parecen ser la opción más prometedora para defectos óseos complejos. La personalización digital y la capacidad de diseñar mallas con características específicas, como grosor, porosidad y fijación, pueden mejorar sustancialmente los resultados funcionales y estéticos, además de reducir las complicaciones postoperatorias. Sin embargo, como señalan diversos autores, será necesario realizar estudios más amplios y a largo plazo para confirmar la superioridad de estos nuevos protocolos en comparación con los métodos convencionales y garantizar su efectividad a nivel global.

## 9. Conclusiones

### 1. **Evaluación de los protocolos utilizados en la reconstrucción de rebordes atróficos mediante ROG con mallas de titanio**

La técnica de regeneración ósea guiada (ROG) utilizando mallas de titanio ha demostrado ser un protocolo efectivo y predecible para la reconstrucción de rebordes atróficos en el maxilar superior e inferior. A través de los estudios revisados, se ha evidenciado que las mallas de titanio proporcionan estabilidad y un aumento óseo adecuado, tanto en las dimensiones horizontales como verticales. A pesar de ser una técnica ampliamente utilizada y confiable, algunas complicaciones pueden surgir, especialmente en lo que respecta a la dehiscencia de los tejidos blandos, lo que puede comprometer el proceso de regeneración ósea, pero sin afectar significativamente la tasa de éxito de los implantes colocados. De este modo, se concluye que la ROG con mallas de titanio sigue siendo una opción válida y confiable para la reconstrucción de rebordes atróficos, con buenos resultados en la mayoría de los casos.

### 2. **Valoración del tiempo clínico y la ganancia ósea**

El análisis de la regeneración ósea con mallas de titanio muestra que, en general, se obtiene una ganancia ósea adecuada para completar el tratamiento implantoprotésico. Sin embargo, un aspecto relevante es la eficiencia en el tiempo clínico. Las mallas comerciales, aunque efectivas, presentan limitaciones en cuanto a su capacidad de adaptación anatómica precisa, lo que puede extender el tiempo quirúrgico debido a los ajustes necesarios durante la cirugía. Por otro lado, las mallas personalizadas mediante tecnología CAD-CAM han demostrado ser más eficientes, al reducir el tiempo quirúrgico significativamente. Esto se debe a que estas mallas se adaptan perfectamente a las necesidades anatómicas de cada paciente, lo que favorece una ejecución más rápida y precisa del procedimiento quirúrgico. En resumen, el uso de mallas personalizadas contribuye a una mayor eficiencia tanto en el tiempo clínico como en la precisión de la ganancia ósea.

### **3. Complicaciones y tasa de éxito de los implantes**

En cuanto a las complicaciones asociadas al uso de mallas de titanio, la dehiscencia de los tejidos blandos es la más común. Esta complicación, aunque puede afectar la regeneración ósea en algunos casos, no suele comprometer la tasa de éxito de los implantes, que en general se mantiene por encima del 95% en los estudios revisados. Las mallas comerciales siguen mostrando buenas tasas de éxito a pesar de estas complicaciones. Sin embargo, el uso de mallas personalizadas CAD-CAM tiene una ventaja importante en términos de reducción de complicaciones, ya que estas mallas están diseñadas específicamente para adaptarse de manera más precisa a cada defecto óseo, lo que minimiza los riesgos de exposición y dehiscencia de los tejidos blandos. De esta forma, el uso de mallas personalizadas contribuye a mejorar la estabilidad del injerto óseo y la tasa de éxito a largo plazo de los implantes.

### **4. Conclusiones generales**

En general, la técnica de regeneración ósea guiada con mallas de titanio, y especialmente el uso de mallas personalizadas mediante CAD-CAM, se presenta como un protocolo fiable y eficaz para la reconstrucción de rebordes atroficos complejos. Las mallas personalizadas ofrecen claras ventajas respecto a las mallas comerciales, al permitir una mayor precisión en la adaptación anatómica y reducir el tiempo quirúrgico, lo que contribuye a una disminución de complicaciones postoperatorias. Aunque las mallas comerciales siguen siendo una opción válida en cirugía reconstructiva, los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de nuevas opciones que mejoran la eficacia y la seguridad de estos procedimientos. No obstante, aún se requieren más estudios prospectivos aleatorizados y a largo plazo para confirmar los beneficios de las mallas personalizadas frente a las convencionales y para validar su efectividad en la práctica clínica a largo plazo.

## 10. Referencias.

1. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *European Journal of Oral Sciences*. 2017.
2. Di Stefano DA, Greco GB, Cinci L, Pieri L. Horizontal-guided bone regeneration using a titanium mesh and an equine bone graft. *J Contemp Dent Pract*. 2015;16(2):154–62.
3. Mateo-Sidrón Antón, M.C Pérez-González, F Meniz-García C. Titanium mesh for guided bone regeneration: a systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2024;62:433–40.
4. Elçin Esenlik 1 EMD-R. Alveolar Distraction. *Clin Plast Surg*. 2021;48(3):419-429.
5. Soo-Ling Bee 1 ZAAH. Asymmetric resorbable-based dental barrier membrane for periodontal guided tissue regeneration and guided bone regeneration: A review. *Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2022;2157–82.
6. Donos MRN. Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications. *Clin Oral Impl*. 2010;(21):567–576.
7. Briguglio F, Falcomatà D, Marconcini S, Fiorillo L, Briguglio R, Farronato D. The use of titanium mesh in guided bone regeneration: A systematic review. *Int J Dent*. 2019;2019.
8. Hartmann A, Hildebrandt H, Schmohl JU, Kämmerer PW. Evaluation of Risk Parameters in Bone Regeneration Using a Customized Titanium Mesh: Results of a Clinical Study. *Implant Dent*. 2019;
9. Ciocca L, Fantini M, de Crescenzo F, Corinaldesi G, Scotti R. CAD-CAM prosthetically guided bone regeneration using preformed titanium mesh for the reconstruction of atrophic maxillary arches. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2013;
10. Patil S, Bhandi S, Bakri MMH, Albar DH, Alzahrani KJ, Al-Ghamdi MS, et al. Evaluation of efficacy of non-resorbable membranes compared to resorbable membranes in patients undergoing guided bone regeneration. Vol. 9, *Heliyon*. 2023.
11. Ari MDA, Yuliati A, Rahayu RP, Saraswati D. The differences scaffold composition in pore size and hydrophobicity properties as bone regeneration biomaterial. *J Int Dent Med Res*. 2018;
12. Aceves-Argemí R, Roca-Millan E, González-Navarro B, Marí-Roig A, Velasco-Ortega E, López-López J. Titanium meshes in guided bone regeneration: A

- systematic review. Vol. 11, Coatings. 2021.
13. Corinaldesi G, Pieri F, Marchetti G, Fini M. Histologic and histomorphometric evaluation of alveolar ridge augmentation using bone grafts and titanium micromesh in humans. *J Periodontol.* 2007;78:1477–1484.
  14. Ciocca L, Lizio G, Baldissara P, Sambuco A, Scotti R, Corinaldesi G. Prosthetically CAD-CAM–guided bone augmentation of atrophic jaws using customized titanium mesh: Preliminary results of an open prospective study. *J Oral Implantol.* 2018;44(2):131–7.
  15. Aerts E, Li J, Van Steenberghe MJ, Degrande T, Jansen JA, Walboomers XF, et al. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering CAD – CAM prosthetically guided bone regeneration using preformed titanium mesh for the reconstruction of atrophic maxillary arches. *Int J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2011;44(4):37–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2011.11.017>
  16. Miyamoto I, Funaki K, Yamauchi K, Kodama T. Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh and autogenous particulate bone graft: computed tomography-based evaluations of augmented bone quality and quantity,. *Clin Implant Dent Relat Research.* 2011;14:304–311.
  17. Cawood J, Howell R. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1988;(4):0901–5027.
  18. Takahashi T y cols. Use of horizontal alveolar distraction osteogenesis for implant placement in a narrow alveolar ridge: a case report. *J Oral Maxillofac Implant.* 2004;291–4.
  19. Lizarov G. Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis. *Ortop Travmatol Protez.* 1971;7–15.
  20. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;263–85.
  21. Stephen T y cols. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 2009;272–8.
  22. Alessandro Cucchi DDS, MSClin, PhD, Maria Sartori PhD, Annapaola Parrilli PhD, Nicolò N. Aldini MD, Elisabetta Vignudelli DDS, MSC, PhD, Giuseppe Corinaldesi DDS, MD Msc. Histological and histomorphometric analysis of bone tissue after guided bone regeneration with non-resorbable membranes vs resorbable membranes and titanium mesh. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(4):693–701.

23. Bai L, Ji P, Li X, Gao H, Li L, Wang C. Mechanical Characterization of 3D-Printed Individualized Ti-Mesh (Membrane) for Alveolar Bone Defects Liyun. *J Healthc Eng.* 2019;2019.
24. Gao H, Li X, Wang C, Ji P, Wang C. Mechanobiologically optimization of a 3D titanium-mesh implant for mandibular large defect: A simulated study. *Mater Sci Eng C [Internet].* 2019;104(May):109934. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109934>
25. Celletti R., Davarpanah M., Etienne D. et al. Guided tissue regeneration around dental implants in immediate extraction sockets: comparison of e-PTFE and a new titanium membrane. *Int J Periodontics Restor Dent.* 1994;14(3):243–253.
26. Cucchi A, Sartori M, Aldini N, Vignudelli E, Corinaldesi G. A Proposal of Pseudo-periosteum Classification After GBR by Means of Titanium-Reinforced d-PTFE Membranes or Titanium Meshes Plus Cross-Linked Collagen Membranes. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;
27. Sagheb K, Schiegnitz E, Moergel M, Walter C, Al-Nawas B, Wagner W. Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh. *Int J Implant Dent.* 2017;3(1).
28. Chiapasco M y cols. Customized CAD/CAM titanium meshes for the guided bone regeneration of severe alveolar ridge defects: Preliminary results of a retrospective clinical study in humans. *Clin Oral impl Res.* 2021;32:498–510.
29. Ciocca L, Ragazzini S, Fantini M, Corinaldesi G, Scotti R. Work flow for the prosthetic rehabilitation of atrophic patients with a minimal-intervention CAD/CAM approach. *J Prosthet Dent [Internet].* 2015;114(1):22–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.11.014>
30. Cucchi A, Sartori M, Aldini N, Vignudelli E, Corinaldesi G. A Proposal of Pseudo-periosteum Classification After GBR by Means of Titanium-Reinforced d-PTFE Membranes or Titanium Meshes Plus Cross-Linked Collagen Membranes. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(4):e157–65.
31. Bai XF, Wushou A, Zheng J, Li G. An alternative approach for mandible reconstruction. *J Craniofac Surg.* 2013;24(2):195–8.
32. Ciocca L, Fantini M, De Crescenzo F, Corinaldesi G, Scotti R. Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches. *Med Biol Eng Comput.* 2011;49(11):1347–52.

33. Xie Y, Li S, Zhang T, Wang C, Cai X. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. Vol. 12, International Journal of Oral Science. 2020.
34. Rasia dal Polo M, Poli PP, Rancitelli D, Beretta M, Maiorana C. Alveolar ridge reconstruction with titanium meshes: A systematic review of the literature. Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal. 2014.
35. Miyamoto I, Funaki K, Yamauchi K, Kodama T, Takahashi T. Alveolar Ridge Reconstruction with TitaniumThe regeneration of bony defects of the mandible using free vascularized bone grafts has become a reliable procedure during the last few years. Various donor sites are available to provide vascularized bone grafts. Clin Implant Dent Relat Res. 2012;14(2):304–11.
36. Zhou L, Su Y, Wang J, Wang X. Effect of Exposure Rates With Customized Versus Conventional Titanium Mesh on Guided Bone Regeneration : Systematic Review and Meta-Analysis. 2020;339–46.
37. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. J Oral Maxillofac Surg. 2012;
38. Nune KC, Misra RDK, Gai X, Li SJ, Hao YL. Surface nanotopography-induced favorable modulation of bioactivity and osteoconductive potential of anodized 3D printed Ti-6Al-4V alloy mesh structure. J Biomater Appl. 2018;32(8):1032–48.
39. Zita Gomes R, Paraud Freixas A, Han CH, Bechara S, Tawil I. Alveolar Ridge Reconstruction with Titanium Meshes and Simultaneous Implant Placement: A Retrospective, Multicenter Clinical Study. Biomed Res Int. 2016;
40. Sumida T, Otawa N, Kamata Y, Kamakura S, Mtsushita T, Kitagaki H, et al. Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. J Cranio-Maxillofacial Surg [Internet]. 2015;43(10):2183–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcms.2015.10.020>