



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2022-23

**Comparativa del aumento óseo en la
regeneración ósea guiada usando mallas de
titanio convencionales VS mallas de titanio
customizadas en 3D.
Revisión sistemática.**

Presentado por: Arianna Gentilini

Tutor: Sónnica Galán Gil

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia

universidadeuropea.com

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento lo dedico a mis padres, Tiziana y Antonello, por ser mis pilares, mis guías y mis mayores admiradores, quienes me han dado la oportunidad de aprovechar esta experiencia de estudio y de vida. Nunca han dejado de apoyarme y creer en mí.

Me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a mi tutora Sónnica Galán Gil, por haberme sostenido y ayudado durante el año en la realización del trabajo.

Quiero expresar mi agradecimiento a la profesora Amparo Aloy Prosper por haber sido tan atenta y disponible ante cualquier duda .

A mis hermanas Alessandra y Martina, y a mi hermano Marco, con quienes nos animamos mutuamente y quienes siempre me han servido como ejemplo para mejorar mí misma.

A mi novio Riccardo, que me apoya siempre con mucho cariño, con el cual he podido crecer como persona durante estos años.

A mis primas, Camilla y Rebecca que siempre han sido un sostén fundamental en mi camino.

Agradezco de corazón a mi amiga Matilde, quien ha sido una compañera invaluable a lo largo de todos estos años en Valencia.

A mi querida amiga Génesis, con quien he compartido innumerables sesiones a lo largo de estos años.

A mis compañeras Federica y Laura, su influencia ha sido significativa, estoy agradecida por haberlas conocido.

ÍNDICE

1. SIMBOLOS Y SIGLAS	1
2. RESUMEN	3
3. ABSTRACT	5
4. PALABRAS CLAVE	7
5. INTRODUCCION	9
5.1 Generalidades	9
5.2 Regeneración ósea guiada (GBR)	10
5.3 Tipos de injerto oseo	12
5.4 Tipos de membranas	14
5.4.1 Membranas reabsorbibles	14
5.4.2 Membranas no reabsorbibles	14
5.5 Titanio.....	15
5.5.1 Propiedades mecánicas	15
5.5.2 Propiedades biológicas	16
5.6 Ventajas y complicaciones.....	17
5.6.1 Mallas de titanio convencionales	17
5.6.2 Mallas de titanio customizadas	17
6. JUSTIFICACION	19
7. OBJETIVOS.....	20
8. MATERIAL Y MÉTODO	22
8.1 Identificación de la pregunta PICO	22
8.2 Criterios de elegibilidad	22
8.3 Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos	23
8.4 Proceso de selección de los estudios	25
8.5 Extracción de datos	25
8.6 Valoración de la calidad.....	26
8.7 Síntesis de datos	26
9. RESULTADOS.....	28
9.1 Selección de estudios. Flow chart.....	28
9.2 Análisis de las características de los estudios revisados	29
9.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	30
9.1 Síntesis resultados	30
9.1.1 Ganancia osea vertical y horizontal.....	31
9.1.2 Exposicion de la malla.....	32
10. DISCUSIÓN	38

10.1 Ganancia osea vertical y horizontal	38
10.2 Exposición de la malla	40
10.3 Limitaciones del estudio	42
11. CONCLUSIÓN	44
12. BIBLIOGRAFIA	45
13. ANEXOS	52

1. SIMBOLOS Y SIGLAS

Abreviatura	Significado ingles/español
GBR	Guided bone regeneration/Regeneracion osea guiada
GTR	Guided tisular regeneration/Regeneracion tisular guiada
CAD	Computer aided designed/ Diseño asistido por ordenador
CAM	Computer aided manufacturing/ Fabricacion asistida por ordenador
3D	Three dimensional/Tridimensional
ROG	Regeneración ósea guiada
ROC	Regeneración ósea customizada

2. RESUMEN

Introducción: El implante se considera el “gold standard” de los tratamientos para el reemplazo de los dientes perdidos, un requisito fundamental es tener una anchura y altura suficiente del hueso. La regeneración ósea guiada se basa en el concepto de utilizar una membrana que hace de barrera entre el espacio del defecto óseo y el tejido blando, favoreciendo la regeneración ósea. El objetivo de esta revisión fue estudiar dos tipos de mallas (mallas de titanio convencionales vs. mallas de titanio customizadas CAD/CAM) comparando la ganancia ósea tanto vertical como horizontal y el porcentaje de exposición.

Material y método: Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science sobre la ganancia ósea vertical y horizontal con mallas de titanio customizadas y con mallas de titanio convencionales de enero 2018 a enero 2023.

Resultados: Se encontraron un total de 133 artículos en la búsqueda inicial, de estos, 15 cumplieron con los criterios de inclusión: 9 de las mallas de titanio customizadas, 5 de las mallas de titanio convencionales y 1 artículo realizaba una comparativa de los dos tratamientos. En las mallas customizadas la media ponderada de la ganancia ósea vertical y horizontal fue 4,4 y 4,7, respectivamente; la exposición resultó 15,7%. Las mallas convencionales resultaron en la media ponderada de la ganancia ósea vertical y horizontal 4,8 y 4,3, respectivamente y la exposición fue 29,7%.

Conclusión: La ganancia ósea tanto vertical como horizontal no mostró diferencia entre los grupos, mientras que en el porcentaje de la exposición de la malla de titanio convencional fue mayor con respecto a la malla customizada.

3. ABSTRACT

Introduction: The implant is considered the "gold standard" of treatments for the replacement of lost teeth, a fundamental requirement is to have a sufficient width and height of the bone. Guided bone regeneration is based on the concept of using a membrane that acts as a barrier between the gap between bone defect and soft tissue, favoring bone gain. The objective of this review was to study two types of meshes (conventional titanium meshes vs. customized titanium meshes CAD/CAM) comparing the bone gain both vertical and horizontal and the percentage of exposure.

Material and method: An electronic search was performed in PubMed, Scopus and Web Of Science databases on vertical and horizontal bone gain with customized titanium meshes and conventional titanium meshes from January 2018 to January 2023.

Results: A total of 133 articles were obtained in the initial search, of which 15 met the inclusion criteria: 9 of the customized titanium meshes, 5 of the conventional titanium meshes and 1 article compared the two treatments. In the customized meshes the weighted mean of the vertical and horizontal bone gain was 4.4 and 4.7, respectively; the exposure was 15.7%. Conventional meshes resulted in weighted mean vertical and horizontal bone gain 4.8 and 4.3, respectively, and exposure was 29.7%.

Conclusion: The bone gain both vertical and horizontal showed no difference between the groups, while in the percentage of exposure of the conventional titanium mesh was higher with respect to the customized mesh.

4. PALABRAS CLAVE

- I. Hueso alveolar atrófico
- II. Mandibula, edentula
- III. Mandibula, edentula, parcialmente
- IV. Boca, edentula
- V. Pacientes parcialmente edéntulos
- VI. Pacientes edentulos
- VII. Mandibula edentula
- VIII. Mandibula atrofica
- IX. Arco atrofico
- X. Atrofia mandibular
- XI. Hueso atrofico
- XII. Cresta alveolar deficiente
- XIII. Defectos hueso alveolar
- XIV. Aumento óseo
- XV. Aumento del reborde alveolar
- XVI. Regeneración ósea guiada
- XVII. Regeneracion osea
- XVIII. ROG
- XIX. Implantes dentales
- XX. Membrana customizada de titanio
- XXI. Malla customizada de titanio
- XXII. Impresión tridimensional
- XXIII. Regeneración ósea customizada
- XXIV. ROC
- XXV. Malla de titanio
- XXVI. Ganancia osea
- XXVII. Regeneración ósea media
- XXVIII. Dental

5. INTRODUCCION

5.1 Generalidades

Las restauraciones implantosoportadas han demostrado un éxito predecible como tratamiento para el reemplazo de dientes perdidos. Los implantes dentales se consideran actualmente como el tratamiento “gold standard” para prevenir los defectos físicos y estéticos negativos de la pérdida de dientes. El tratamiento con implantes ha mejorado significativamente la apariencia y la capacidad de masticación de las personas con ausencias dentales parciales o totales. (1)

La cantidad y calidad del hueso alveolar en la localización del implante son los requisitos previos esenciales para establecer un pronóstico fiable a largo plazo. En implantología oral, es necesario un volumen óseo satisfactorio para la osteointegración y el posterior éxito del implante. (1–3)

Después de perder un diente, el hueso alveolar generalmente se atrofia y experimenta una reabsorción secundaria. Con el tiempo, la anchura y la altura de la cresta alveolar también disminuirán, haciéndolo inadecuado para la colocación del implante (4,5)

El volumen y la fuerza del hueso remanente están comprometidos por condiciones adversas tales como periodontitis, extracciones traumáticas, trauma oral y edentulismo prolongado. La altura reducida de la cresta alveolar causada por la reabsorción en curso finalmente cambia la relación entre arcos en los planos transversal, vertical y sagital (1).

La planificación de un implante y el éxito de este, pueden resultar difíciles desde el punto de vista funcional y/o estético, en los casos de rebordes edéntulos con defectos óseos severos. La ubicación del implante, la estabilidad primaria, la recuperación de la forma del tejido blando y otros, son aspectos cruciales de una restauración exitosa y están influenciados por la calidad y el volumen del hueso alveolar en el área del implante (4–6).

El aumento óseo vertical y horizontal, es necesario para que las personas con crestas atróficas sean rehabilitadas. El objetivo del procedimiento quirúrgico

es mejorar la forma de las crestas alveolares para que posteriormente pueda soportar y sostener una prótesis dental. El aumento óseo puede restringirse a un área específica o aplicarse a toda la cresta (1).

El desarrollo de la osteointegración y las mejoras en biomateriales y procedimientos han impulsado el uso de implantes dentales en la restauración de prótesis parciales y totales de pacientes edéntulos; los métodos para mejorar el hueso en el plano vertical y horizontal incluyen entre otros, regeneración ósea guiada, elevación de seno, injerto de técnica tent pole, osteogénesis por distracción e injerto en bloque autógeno (1,6).

El hueso tiene una arquitectura dinámica que se somete a una remodelación constante para mantener su estructura y función. Para mejorar los métodos terapéuticos en la regeneración ósea, se emplean los principios de osteogénesis, osteoconducción y osteoinducción (6).

La osteogénesis se define como el movimiento directo de células esenciales a la región donde se regenerará hueso nuevo. La idea detrás de la osteoconducción es crear un espacio y un sustrato para los procesos celulares y metabólicos que conducen a la producción de hueso (4,6).

Muchos métodos de aumento óseo intraoral requieren mantenimiento del espacio para permitir que las células apropiadas ocupen la zona de generación. La osteoinducción encarna la idea de que el hueso se forma mediante la transformación de células madre pluripotenciales derivadas del mesénquima a lo largo de una vía de osteoblastos (5,6).

5.2 Regeneración ósea guiada (GBR)

La primera descripción de GBR se realizó por Hurley y cols.(7) en 1959 cuando se realizaron fusiones espinales utilizando membranas oclusivas de células. El término "regeneración ósea guiada" (GBR) se refiere a un procedimiento quirúrgico para aumentar volumen óseo en zonas a tratar con implantes. Los principios rectores de la regeneración tisular guiada sirven como base para GBR (6,8–10).

Las palabras "regeneración ósea guiada" y "regeneración tisular guiada" (GTR) se utilizan frecuentemente de forma intercambiable. Mientras que GBR solo se refiere a la estimulación del crecimiento óseo, GTR se ocupa de la regeneración de los tejidos periodontales de soporte, que incluye el cemento, el ligamento periodontal y el hueso alveolar (6,8).

Las indicaciones de GBR en implantología clínica deben entenderse en su totalidad. El tipo y las dimensiones de la pared ósea restante definen el requisito de GBR. Por ejemplo, si todas las paredes circundantes están intactas después de la extracción del diente y la inserción de los implantes, la curación del hueso se puede lograr sin GBR. Brevemente, la GBR debe realizarse cuando existe un defecto significativo o una pérdida de la pared ósea. Por otro lado, en casos de defectos modestos, el pronóstico puede ser mejor sin injerto óseo (11).

GBR y GTR se basan en los mismos conceptos: utilizan membranas de barrera para mantener el espacio sobre un defecto, fomentar el crecimiento interno de células osteogénicas y evitar que las células indeseables migren desde los tejidos blandos circundantes hacia la herida (6,8,10)

Un resultado exitoso depende del suministro de un coágulo de sangre en el sitio receptor, excluyendo el tejido conectivo gingival y proporcionando una región solitaria a la que puedan migrar las células osteogénicas del hueso, protegiendo el área mientras el hueso cicatriza estabilizando el injerto óseo y aplicando una membrana de barrera. Para evitar la dehiscencia de la herida, que puede conducir al fracaso de la GBR debido a un mayor riesgo de complicaciones como infección, se debe de realizar un cierre primario (3,5,6,8–11).

De acuerdo con los conceptos de Melcher(8), la exclusión celular es necesaria para que la herida en proceso de curación pueda ser poblada por células que se consideran más adecuadas para la regeneración; en el caso de la GBR de debe de evitar que las células epiteliales y las células del tejido conectivo se acerquen al área del defecto óseo a través de una membrana de barrera en función de la tasa de migración diferente de varias células, lo que permite que los osteoblastos ingresen preferentemente al área del defecto óseo

para completar la inducción y regeneración ósea. Los materiales de injerto óseo se colocan en el área del defecto óseo y sirven de guía a los osteoblastos y osteocitos para formar hueso nuevo (5,6,8).

Aunque requiere excelentes habilidades quirúrgicas y es muy sensible a la técnica, a fines de la década de 1980 y principios de la de 1990 se desarrolló un abordaje GBR intraoral predecible que desde entonces se ha convertido en una metodología quirúrgica predecible para mejorar la formación de hueso nuevo en las deficiencias óseas periimplantarias y el aumento de la cresta alveolar. La técnica se puede utilizar para tratar dehiscencia y defectos de fenestración que rodean los implantes, así como el aumento de cresta horizontal y vertical (6).

5.3 Tipos de injerto oseoso

Autoinjerto

Tiene propiedades osteogénicas, osteoinductivas y osteoconductoras, es considerado como el gold standard. Se obtienen comúnmente de sitios intraorales y extraorales del mismo individuo. Proporcionan el nivel más alto de seguridad biológica por no tener problemas conocidos de histocompatibilidad o inmunogenicidad, tener un grupo limitado de donantes potenciales y morbilidades (3,12–14).

Sin embargo, existen una serie de inconvenientes con los autoinjertos, incluida la necesidad de un segundo procedimiento quirúrgico, el daño al sitio donante y el riesgo de mala cicatrización. Además, el uso de autoinjertos se ha restringido a lesiones óseas relativamente pequeñas debido al aumento de los mayores gastos y riesgos quirúrgicos, como sangrado excesivo, infección, inflamación y dolor (3,15).

El hueso esponjoso, que contiene osteoblastos y células progenitoras con potencial osteogénico significativo, se usa con mayor frecuencia para autoinjertos. Tienen superficies trabeculares comparativamente grandes, que promueven la revascularización y la asimilación en el sitio receptor para ayudar a crear un entorno osteoinductivo (15).

El hueso autólogo debe cubrir el implante para una restauración eficaz de la dehiscencia ósea grave alrededor de un implante dental, y se injertan xenoinjertos o sustitutos óseos aloplásticos por encima del autoinjerto, cubriendo la membrana de barrera (11).

Aloinjertos

Tienen propiedades osteoinductivas y osteoconductoras, se obtienen de un donante vivo compatible o de fuentes óseas cadavéricas. Se han preferido con frecuencia en los últimos años porque se han resuelto muchos de los problemas fundamentales con los procedimientos de autoinjerto (15).

En cuanto al peligro de transmisión de enfermedades infecciosas, todavía existen algunas restricciones, como las del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y la hepatitis B y C. Las técnicas de procesamiento de tejidos como la esterilización, el desbridamiento mecánico, la limpieza ultrasónica y la irradiación gamma normalmente pueden disipar estas preocupaciones (11,15,16).

Xenoinjerto

Tiene propiedades osteoconductoras y una tasa de reabsorción lenta, lo que indica un excelente efecto de mantenimiento del espacio con estabilidad volumétrica, provienen de especies que no están genéticamente vinculadas al huésped (11,13,15).

La fuente más popular es el hueso bovino desproteínizado. Para crear un material poroso de hidroxiapatita que contenga exclusivamente los elementos inorgánicos del hueso bovino, se utiliza el recocido gradual del hueso. A esto le sigue un tratamiento químico con NaOH. La estructura porosa resultante se parece mucho al hueso humano y puede promover la reparación ósea a través de la osteoconducción y ofrecer un fuerte soporte mecánico (15,17).

Sintéticos

Tiene propiedades osteoconductoras, se crean para parecerse mucho a las características biológicas del hueso genuino a fin de evitar la

inmunogenicidad y la morbilidad en las ubicaciones de los donantes, tiene una excelente estabilidad y propiedades regenerativas óseas (13,15).

5.4 Tipos de membranas

La membrana de barrera es crucial para la regeneración ósea. La idea fundamental es utilizar una membrana de barrera para aislar el defecto óseo del tejido conectivo circundante, evitar que el tejido blando de rápido crecimiento invada el defecto, proporcionar a los osteoblastos un amplio espacio para crecer dentro del defecto y lograr la cicatrización del tejido (9).

Las membranas tienen que tener características específicas: biocompatibilidad, propiedades de oclusión celular, integración tisular, manejabilidad clínica, capacidad de mantenimiento del espacio y propiedades físicas adecuadas. Se dividen en reabsorbibles y no reabsorbibles (5,9).

5.4.1 Membranas reabsorbibles

Las membranas reabsorbibles se dividen en polímeros naturales o sintéticos. La ventaja de estas membranas es de ser absorbidas por el cuerpo, lo que elimina la necesidad de procedimientos de extracción en una segunda intervención quirúrgica, el punto de vista de la relación coste-beneficio y de la reducción del riesgo de morbilidad y de lesión tisular. Sin embargo, la desventaja de estos materiales es la imprevisibilidad de su tasa de reabsorción, que puede cambiar drásticamente la tasa de crecimiento óseo reabsorbiéndose rápidamente (10,18).

5.4.2 Membranas no reabsorbibles

Estas membranas son más predecibles en su desempeño, tienen un menor riesgo de complicaciones a largo plazo y son sencillas de manejar clínicamente, aunque necesitan una segunda cirugía para su remoción. También proporcionan una función de barrera eficaz en términos de biocompatibilidad, pueden mantener el espacio debajo de la membrana durante un tiempo suficiente. Su estructura se puede alterar con modificaciones en la porosidad si se desea una opción más adaptativa y compatible con los tejidos (10,18,19).

Tanto una forma pura de titanio como una aleación que incorporan metales no preciosos se utilizan en odontología y otras profesiones médicas. La biocompatibilidad, la resistencia mecánica, la durabilidad, la baja densidad y la resistencia a la corrosión tanto del metal puro como de las aleaciones son excelentes (9,10).

5.5 Titanio

Boyne et al. (10) introdujo una malla de titanio para la restauración de deformidades óseas significativas en 1969. Debido a la rápida creación de una capa pasiva, el titanio también es una sustancia bioinerte que puede emplearse como metal estable. El uso de titanio para la reparación ósea posterior a la cirugía maxilofacial ha demostrado resultados positivos (10,18).

5.5.1 Propiedades mecánicas

La alta resistencia y rigidez que la membrana de titanio ofrece soporte especial para la osteogénesis, se requiere su estabilidad para preservar el volumen del injerto óseo durante la cicatrización de heridas y la elasticidad puede disminuir la opresión de la mucosa oral. Debido a que la malla de titanio tiene una notable plasticidad, puede doblarse y moldearse para adaptarse a diferentes tipos de deformidades óseas. Estas características permiten un aumento óseo instantáneo en los ejes horizontal y vertical y un efecto de osteogénesis fuerte y estable en GBR con malla de titanio (5,10,18).

Los principales elementos que afectan a las características mecánicas de una malla de titanio son su espesor y porosidad. El grosor de la membrana de titanio puede influir en la cantidad de hueso que se forma, mientras que el tamaño de los poros puede tener un impacto en la cantidad de tejido óseo y tejido blando que se forman (20,21).

Las cualidades mecánicas se correlacionan estrechamente con su grosor, que puede ofrecer un equilibrio adecuado de flexibilidad y rigidez. El uso de una membrana de titanio más gruesa garantiza el espacio de regeneración ósea a medida que se expande el área de reconstrucción de la cresta alveolar, pero la complicación es que disminuye la plasticidad al doblar la malla de titanio y puede

provocar la exposición de la malla de titanio por ruptura de la mucosa. Según estudios, es mejor usar una malla de titanio que tenga un espesor entre 100 y 200 μm (5).

El otro principal elemento que influye en la eficacia de la malla de titanio son los poros que son cruciales para aumentar el flujo sanguíneo, permitir la mayor difusión de oxígeno y nutrientes y sustancias bioactivas para el crecimiento celular, que es vital para el crecimiento de hueso. Sin embargo, el uso de una membrana de titanio con un diámetro demasiado amplio puede promover una mayor formación de tejido blando en la superficie del hueso nuevo que una malla de titanio con un diámetro más pequeño (21).

Sin poros en la malla de titanio, estudios demuestran que la exposición de la membrana ocurriría tres semanas después de la cirugía. Debido a que la membrana de titanio tiene poros, es difícil establecer un aislamiento celular selectivo y, con frecuencia, se desarrolla tejido blando debajo de la malla de titanio (5).

5.5.2 Propiedades biológicas

La membrana de titanio puede ser compatible con los tejidos y tiene una fuerte biocompatibilidad. La excepcional resistencia a la corrosión de este metal se debe a su alta reactividad y facilidad con la que puede pasivarse para generar una capa protectora de óxido. El titanio es propenso a la oxidación electroquímica, lo que resulta en la formación de una capa de óxido pasiva e inerte, debido a su baja conductividad eléctrica. Bajo el pH del cuerpo humano, esta capa de óxido se puede preservar, dando al titanio una resistencia a la corrosión fuerte y duradera. La baja densidad del titanio permite crear materiales dentales fuertes y ligeros (5,10,18).

De acuerdo con la literatura disponible actualmente, GBR con malla de titanio ofrece un alto grado de predicción de la osteogénesis, y la colocación de implante tardía o simultánea puede resultar en un aumento óseo tanto horizontal como vertical. La mayoría de las investigaciones han logrado un aumento óseo promedio de 4 a 5 mm de ancho óseo y de 5 a 7 mm de altura cuando se utiliza

la técnica de implante tardío de aumento óseo. Incluso si hay pocos estudios sobre el aumento óseo tridimensional en el método de implantación y aumento óseo simultáneos, parece factible lograr un aumento óseo promedio de 3 a 4 mm en ancho y alto (5).

5.6 Ventajas y complicaciones

5.6.1 Mallas de titanio convencionales

Las mallas de titanio convencionales tienen buenas propiedades mecánicas, han producido resultados clínicos y radiológicos positivos: pueden crear espacio para la regeneración ósea y reducir la cantidad de injertos óseos necesarios. Sin embargo, tienen una desventaja muy importante: no se ajusta a los contornos anatómicos de la ubicación de un defecto óseo (20,22).

Son láminas rectangulares de varios espesores que deben cortarse y doblarse de acuerdo con el defecto a reparar, lo que requiere habilidad clínica y experiencia. Este proceso puede llevar un tiempo y es posible que la forma resultante no sea perfecta. Si los ángulos y los bordes creados durante el modelado son desiguales y afilados, podrían exponer tejidos delicados a daños mecánicos y hacer que el colgajo se perforo o se esponga la malla y hay riesgo de una infección y la pérdida parcial o completa del aumento óseo inicial con exposición posoperatoria (4,20).

5.6.2 Mallas de titanio customizadas

El uso de técnicas de diseño asistido por computadora/fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM) en 3D hace posible la introducción de un revolucionario concepto de estabilización que se adapta específicamente a la anatomía del defecto óseo (22,23).

Recientemente se ha propuesto una nueva generación de mallas de titanio como alternativa a las mallas de titanio convencionales y para abordar las desventajas de defectos verticales / tridimensionales con morfología irregular. Como resultado, la sinterización por láser se puede utilizar para crear un andamio tridimensional preciso (4).

Las ventajas de las mallas en titanio customizadas incluyen: planificación y producción antes de la cirugía, esquinas y márgenes redondeados, restauración de defectos anatómicos grandes y complejos, ajuste preciso, estabilidad intrínseca, reducción de tiempos quirúrgicos, reducción del riesgo de complicaciones relacionadas con errores en el modelado o fijación de rejilla, y en cirugía maxilofacial realizando resección y reconstrucción en un solo paso (20,23).

A pesar de los beneficios de las mallas customizadas, algunos autores observaron complicaciones, como exposiciones tempranas o tardías y falta de volumen óseo como consecuencia de la creación de pseudo periostio (23).

6. JUSTIFICACION

La cirugía reconstructiva oral y maxilofacial ahora tiene más opciones gracias a la evolución de la tecnología digital. La fabricación e impresión tridimensional mediante estas metodologías permiten la adaptación perfecta a la anatomía del hueso alveolar y la reconstrucción más precisa en términos de volumen y posición 3D (18,20,22,23).

Estudios sobre las mallas customizadas de Ti creadas mediante modelado digital y tecnología de impresión 3D, demostraron su alta biocompatibilidad, resistencia, y precisión, así como simplicidad y comodidad (18).

Por otro lado, se encontraron estudios con complicaciones dentro de las mallas convencionales de titanio que prevén exposiciones y falta de volumen óseo (23).

En la literatura hay estudios sobre ganancia ósea y complicaciones de las mallas customizadas y de las mallas convencionales de titanio por separado (4,10,20,22,23), pero no hay revisiones sistemáticas comparando las dos técnicas y los diferentes resultados que aportan al fin del tratamiento. Por este motivo se creyó justificado realizar una revisión sistemática comparando las dos técnicas, siendo la malla customizada en titanio una tecnología nueva que podría dar resultados óptimos durante una cirugía de regeneración ósea guiada.

HIPOTESIS

La hipótesis de la revisión sistemática es que la innovación de la malla de titanio customizada conseguirá mayor ganancia ósea y menor tasa de exposición en comparación a la malla de titanio convencional.

7. OBJETIVOS

Objetivos principales:

1.Evaluar la ganancia ósea, en sentido vertical y horizontal, de los procedimientos de regeneración ósea con mallas customizadas respecto de las mallas de titanio convencionales, en pacientes que requieren rehabilitación con implantes.

2.Evaluar la tasa de exposición de las mallas en aumentos óseos en maxilar y mandíbula en casos de implantes, con las mallas customizadas respecto de las mallas de titanio convencionales.

8. MATERIAL Y MÉTODO

8.1 Identificación de la pregunta PICO

¿En pacientes con atrofia osea del proceso alveolar, la regeneracion osea guiada con mallas customizadas 3D obtienen una ganancia osea mayor y una tasa de complicaciones menor que las mallas de refuerzo de titanio convencionales?

P (población): Pacientes con atrofia osea maxilar o mandibular, susceptibles de colocarse implantes dentales.

I (intervención): Regeneracion osea guiada con malla de titanio customizadas en 3D.

C (comparación): Regeneracion osea guiada con malla de titanio convencionales.

O (resultados):

O1: Ganancia osea

O2: Complicaciones

8.2 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

Artículos de los últimos 5 años.

Articulos publicados en idioma ingles, español o italiano.

Estudios realizados en humanos.

Artículos sobre mallas de titanio.

Serie de casos y estudios en poblacion de mas o igual a 5 personas.

Se incluyeron estudios sobre ganancia en altura y anchura osea que median el preoperatorio y en el momento de retirar la malla, en milímetros.

Criterios de exclusión:

Articulos de mas de 5 años.

Revisiones, caso clinico.

Estudios en animales.

Pacientes oncologicos.

Artículos basados en mallas reabsorbibles sin incluir mallas de titanio.

Estudios que incluyen medidas verticales y horizontales de ganancia osea que no sean en milímetros.

8.3 Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se realizó una búsqueda avanzada en las tres bases de datos: PubMed, Scopus y Web of Science con las siguientes palabras clave: "alveolar bone atrophy", "Jaw, Edentulous", "Jaw, Edentulous, Partially", "Mouth, Edentulous", "partial edentulous patients", "edentulous patient", "edentulous jaw", "atrophied jaw", "atrophic arch", "jaw atrophy", "bone atrophy", "deficient alveolar ridge", "alveolar bone defects", "bone augmentation", "alveolar ridge augmentation", "guided bone regeneration", "bone regeneration", "GBR", "dental implants", "custom titanium membrane", "custom titanium mesh", "three-dimensional printing", "custom bone regeneration", "CBR", "titanium mesh", "bone gain", "mean bone regeneration", "dental". El periodo de la búsqueda de los estudios en las diferentes bases de datos fue de enero del 2018 hasta enero de 2023. Se aplicaron filtros de idioma : ingles, italiano, español. Las palabras claves se combinaron mediante los operadores booleanos AND, OR y NOT y con los términos controlados "MeSH" en Pubmed con la intención de tener los más precisos y mejores resultados de labúsqueda avanzada.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente:

```
(((((alveolar bone atrophy[MeSH Terms] OR Jaw, Edentulous[Mesh] OR Jaw, Edentulous, Partially[Mesh] OR Mouth, Edentulous[Mesh] OR partial edentulous patients OR edentulous patient OR edentulous jaw OR atrophied jaw OR atrophic arch OR jaw atrophy OR bone atrophy OR deficient alveolar ridge OR "alveolar bone defects") AND (((bone augmentation OR alveolar ridge augmentation OR "guided bone regeneration" OR "bone regeneration" OR "GBR")AND dental implants[MeSH Terms]))) AND ((custom titanium membrane OR "custom titanium mesh" OR "three-dimensional printing" OR "custom bone regeneration" OR "CBR"))) OR (("titanium mesh"))) ) AND ((bone gain OR "mean bone regeneration" OR resorpt*)) AND dental
```

Filters : in the last 5 years, English, Italian, Spanish

La búsqueda en Scopus fue la siguiente:

(alveolar AND bone AND atrophy OR jaw, AND edentulous OR jaw, AND edentulous, AND partially OR mouth, AND edentulous OR partial AND edentulous AND patients OR edentulous AND patient OR edentulous AND jaw OR atrophied AND jaw OR atrophic AND arch OR jaw AND atrophy OR bone AND atrophy OR deficient AND alveolar AND ridge OR "alveolar bone defects") AND ((bone AND augmentation OR alveolar AND ridge AND augmentation OR "guided bone regeneration" OR "bone regeneration" OR "GBR") AND dental AND implants) AND (custom AND titanium AND membrane OR "custom titanium mesh" OR "three-dimensional printing" OR "custom bone regeneration" OR "CBR") OR ("titanium mesh") AND (bone AND gain OR "mean bone regeneration" OR resorpt*) AND (dental) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "DENT")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Italian") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))

La búsqueda en Web of Science fue la siguiente:

ALL=((alveolar bone atrophy OR Jaw, Edentulous OR Jaw, Edentulous, Partially OR Mouth, Edentulous OR partial edentulous patients OR edentulous patient OR edentulous jaw OR atrophied jaw OR atrophic arch OR jaw atrophy OR bone atrophy OR deficient alveolar ridge OR "alveolar bone defects") AND ALL=((bone augmentation OR alveolar ridge augmentation OR "guided bone regeneration" OR "bone regeneration" OR "GBR")AND dental implants) AND ALL=(custom titanium membrane OR "custom titanium mesh" OR "three-dimensional printing" OR "custom bone regeneration" OR "CBR") OR ALL=("titanium mesh") AND ALL=(bone gain OR "mean bone regeneration" OR resorpt*) AND ALL=(dental)

8.4 Proceso de selección de los estudios

El proceso de selección se ha realizado en tres etapas. Un revisor eligió los estudios a incluir (AG). Para eliminar los artículos que no eran relevantes, se filtraron los títulos en la primera etapa. La segunda etapa consistió en realizar el cribado en base a los resultados y elegir el tipo de investigación, tipo de intervención, tipos de mallas, número de pacientes y resultados. La tercera etapa comprende la lectura del texto por completo filtrando y extrayendo los datos utilizando un formulario de recogida de datos que había sido desarrollado previamente para certificar la elegibilidad de la investigación.

8.5 Extracción de datos

Se ha recolectado la información necesaria de los estudios: año de publicación, tipo de estudio (randomizado controlado, prospectivo, retrospectivo o series de casos), número de pacientes, la ubicación del defecto (maxilar, mandibular), tipo de injerto (autógeno, bovino, aloinjerto, xenoinjerto, mezcla), tipo de malla (titanio convencional, customizada), tiempo de remoción de las mallas(después de cuanto tiempo se hace una segunda cirugía para las remocion de la malla de titanio), tiempo de cicatrización y colocacion de implante(cirugía diferida o simultánea), ganancia ósea (medida en milímetros) y tasa de exposicion de la malla (numero y porcentaje).

Variable principal:

Ganancia ósea: fue medida en milímetros en el momento de la remocion de la malla (a los 6-9 meses). Se recogieron datos sobre la ganancia vertical y horizontal en la zona del injerto recubierto con mallas de titanio convencionales o customizadas. En sentido vertical se midió la ganancia ósea desde el reborde alveolar edéntulo hasta el borde superior del reborde alveolar conseguido. En sentido horizontal se midio los milímetros de ganancia en anchura, desde el borde oseo vestibular al reborde lingual. Estos datos se compararon con el nivel de hueso inicial.

Variable secundaria:

Exposicion de la malla: esta variable fue recogida con los datos sobre las exposicion reportada por los autores en el uso de las mallas de titanio convencionales o customizadas. Se recogieron el numero de exposiciones, el momento en el que se produjo la exposicion de la malla (temprana: antes de un mes; tardía: despues de un mes) y si se pudo colocar o no el implante (considerándose esto como fracaso: numero de fracasos).

8.6 Valoración de la calidad

Un revisor (AG) evaluó el riesgo de sesgo para evaluar la calidad metodológica de los artículos incluidos.

Para la valoración de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados se utilizó la guía Cochrane; donde las publicaciones se consideran de “bajo riesgo de sesgo” al cumplir todos los criterios, mientras que de “alto riesgo de sesgo” cuando uno o más criterios no se cumplen, “sesgo incierto” cuando falta información por definirlo.

La escala de Newcastle-Ottawa se utilizó para la medición de la calidad de los estudios observacionales no randomizados. Si la puntuación de estrellas >6 es “bajo riesgo de sesgo” , si es ≤ 6 será “alto riesgo de sesgo”.

La valoración de la calidad de los estudios de series de casos se evalúa mediante la escala MOGA y se consideran de alto sesgo.

8.7 Síntesis de datos

Los datos globales de las variables recogidas se presentaron en función del grupo de estudio (mallas customizadas versus mallas convencionales). Se realizaron cálculos descriptivos de medias, desviaciones estándar y rangos mínimos y máximos.

Puesto que las muestras de estudio tienen diferentes tamaños se realizó una media ponderada.

9. RESULTADOS

9.1 Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total de 133 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=31), SCOPUS (n=36) y la Web of Science (n=66).

De estas publicaciones, 22 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por título y abstract. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados. Como resultado, 15 artículos cumplieron con los criterios de inclusión.

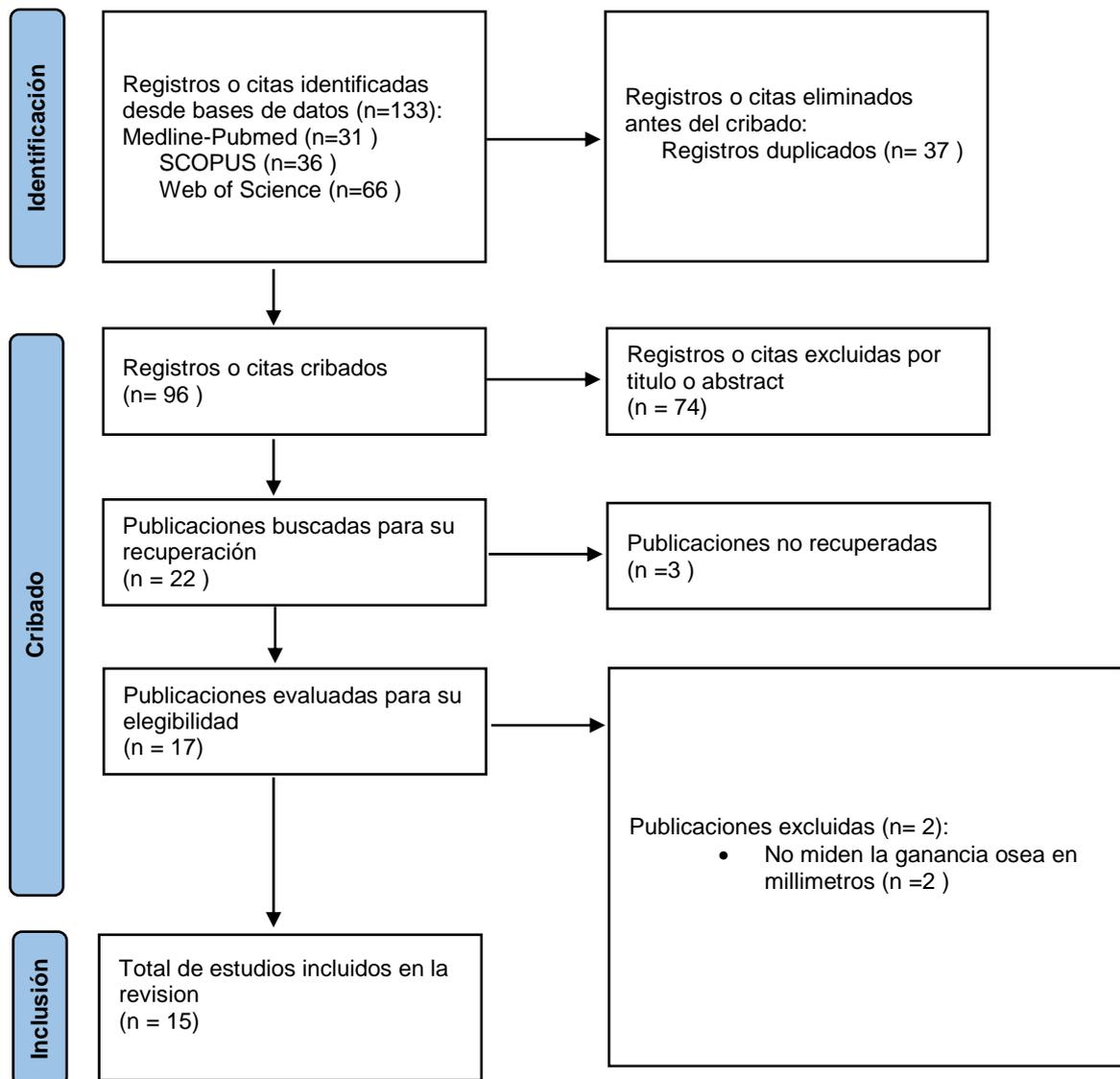


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Kang y cols 2019(24)	Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery	no mide la ganancia osea en millímetros
Mounir y cols 2019(25)	Clin Implant Dent Relat Res	no mide la ganancia osea en millímetros

Tabla 1 : Artículos excluidos y motivo de exclusión de la presente revisión sistemática.

9.2 Análisis de las características de los estudios revisados

De los 15 artículos incluidos en la revisión sistemática, 9 artículos describen la técnica de regeneración osea guiada con malla customizada en titanio (Tabla 3), 5 artículos describen la tecnica de regeneración osea guiada con malla convencional de titanio (Tabla 4) y 1 realiza una comparativa entre las dos mallas.

Los artículos incluidos de las mallas customizadas eran: 4 series de casos, 2 serie de casos retrospectivos, 2 estudios clínicos retrospectivos, 1 analisis retrospectivo y 1 retrospectivo.

Los artículos incluidos de las mallas convencionales eran: 1 serie de casos, 1 serie de casos retropectivo, 1 retrospectivo, 3 ensayos clinicos aleatorios.

El total de los pacientes fue 386 en el cual 268 se sometieron el tratamiento de regeneración ósea guiada con malla customizada de titanio y 118 con malla convencional de titanio.

9.3 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Se consideró alto riesgo de sesgo en los 7 estudios de series de casos por la propia naturaleza del estudio (Tabla 8 en Anexos). Para los estudios observacionales no randomizados, 2 fueron considerados de bajo riesgo de sesgo y 2 de alto sesgo (Tabla 3). En los estudios randomizados se consideró un riesgo de sesgo alto para los 4 estudios (Tabla 2).

	Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección)	Ocultación de la asignación (sesgo selección)	Cegamiento evaluación de resultados (sesgo detección)	Cegamiento evaluación de resultados (sesgo de detección)	Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción)	Descripción selectiva (sesgo informe)	Otros sesgos
Cucchi y cols. 2023 (26)	+	+	+	+	-	+	-
Atef y cols.2020 (27)	+	+	-	-	+	+	-
Cucchi y cols. 2021 (23)	+	+	+	+	-	+	?
Bahaa y cols. 2023 (28)	+	+	+	+	-	+	-

Tabla 2. Medición del riesgo de sesgo de los estudio randomizados según la guía Cochrane.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comprobación exposición	Demostración no presencia variable interés al inicio	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Chiapasco y cols. 2021 (4)	☆	-	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8
Li y cols. 2021 (29)	☆	-	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	8
Choi y cols. 2021 (30)	☆	-	☆	☆	☆	☆	☆	-	☆	7
El chaar y cols. 2019 (31)	☆	-	☆	☆	☆	☆	☆	-	☆	7

Tabla 3. Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa – estudios observaciones cohortes no grupo control.

9.1 Síntesis resultados

9.1.1 Ganancia osea vertical y horizontal

La ganancia osea tanto en la vertical como en la horizontal no mostraron diferencia, fueron 4,4 y 4,7 en la customizada y 4.8 y 4.3 en la convencional respectivamente.

Mallas customizadas

En relación a las mallas customizadas de titanio : 7 estudios proporcionaron datos sobre la ganancia ósea vertical y horizontal, 2 solo vertical y 1 solo horizontal. La media ponderada entre todos los resultados que se tuvieron fue de 4,7mm en la ganancia ósea vertical y 4,8mm en la ganancia ósea horizontal. La media del tiempo que esperaron en efectuar la segunda cirugía para la remoción de la malla fue de 7,3 meses; 6 estudios efectuaron la segunda cirugía de remoción de la malla junto a la remoción del implante, 3 colocaron el implante simultáneamente a la regeneración ósea guiada y colocación de la malla y 1 fue el que colocó el implante después de 4 semanas después de haber retirado la malla.

La mayor ganancia ósea vertical proporcionada por este tipo de malla nos la dio el estudio retrospectivo de El chaar y cols. (31) donde fue de 6,99mm, este estudio era un estudio retrospectivo con donde hacen una comparación de este tipo de malla en digital y las convencionales de titanio; en estas últimas los resultados fueron de 5,76 en la ganancia ósea vertical, proporcionó una diferencia de 1,2mm, en el procedimiento quirúrgico fue el mismo para los dos grupos examinados y se usó aloinjerto.

La mayor ganancia ósea horizontal fue dada de la serie de casos de De santis y cols. (32) con un resultado de 6,37 mm. En esta serie de casos se realizó el procedimiento quirúrgico con hueso autógeno y injerto mineral óseo bovino heterólogo y se realizó la remoción de la malla y colocación del implante entre los 6-12 meses.

Los resultados descriptivos sobre la ganancia ósea de las mallas customizadas se muestran en la Tabla 4.

Mallas convencionales

En relación a las mallas convencionales de titanio: fueron 2 los estudios que proporcionaron datos sobre sobre la ganancia ósea vertical y horizontal, 2 solo vertical y 2 solo horizontal. Los resultados de la media ponderada de estos estudios fueron de 4,2mm en la ganancia ósea vertical y 4,3mm en la ganancia ósea horizontal. En promedio el tiempo que se esperó en hacer la segunda cirugía fue de 6,8 meses. Fueron 2 los estudios que nos indican que efectuaron la remoción de la malla y la colocación del implante a la vez, 2 fueron los que colocaron el implante simultáneo, 1 después de 4 semanas de la segunda cirugía y 2 son los que no nos indican los tiempos quirúrgicos.

La mayor ganancia ósea vertical resultó también en el caso de las mallas convencionales como en las anteriores, en el estudio retrospectivo de El chaar y cols. (31), igual que la ganancia ósea horizontal que en este caso fue la mayor.

Los resultados descriptivos sobre la ganancia ósea de las mallas de titanio convencionales se muestran en la Tabla 5.

9.1.2 Exposición de la malla

Los resultados en relación a la exposición de la malla de titanio dieron como valor un porcentaje de 15,7 en las mallas customizadas en comparación con el resultado de 29,7% en las mallas convencionales, mostrando una diferencia de 14% (Tablas 4 y 5).

En los casos de exposición de las mallas de los dos tipos, customizada y convencional, los tratamientos usados fueron: medidas locales de aplicación tópica de gluconato de clorhexidina al 0.12% y enjuague bucal durante 2 semanas con controles periódicos de los signos de cicatrización, en el caso donde ocurría una infección se administró antibióticos de amplio espectro durante 7-10 días y medidas estrictas de higiene, o en algunos se intervino mediante la remoción parcial de la parte expuesta de la malla.

Donde se observaron más complicaciones que hubiesen podido llevar al fracaso del tratamiento se requirió hacer una ulterior regeneración ósea guiada, pudiendo llegar de igual manera al fin del tratamiento planteado.

La media de exposición de la malla customizada de titanio revelò un porcentaje de 15,7%, donde el 33% eran tempranas y 16,7% tardias. En la malla convencional el resultado fue de 29,7%, donde eran 31,4% tempranas y 17% tardias. Estos datos se muestran en la Tabla 6 y Tabla 7.

Mallas customizadas

El estudio que reveló un número más alto de exposiciones en las mallas customizadas fue el estudio clínico retrospectivo de Chiapasco y cols. (4) (Tabla 4) donde fueron 11 sobre un total de 41 pacientes que se sometieron a la regeneración ósea guiada con autoinjerto y heterólogo, de estos, en 3 sitios la exposición fue muy limitada y no se observó reducción de la ganancia ósea inicial, en otros 3 tuvo una reducción mínima y en 3 una reducción parcial de la ganancia ósea inicial, pero se completó el plan de tratamiento.

Mallas convencionales

En las mallas convencionales el mayor numero de exposición fue en el ensayo clínico aleatorio de Bahaa y cols. (28) (Tabla 5) donde resultaron 15 casos sobre un total de 40 pacientes sometidos al tratamiento de regeneración ósea guiada en mandíbula en la que dos de estos casos tuvieron infección.

Resultados aumento óseo en mallas customizadas de titanio

	Tipo de estudio	N	Ubicacion del defecto	Tipo de injerto	T R (meses)	TCI	GOV (mm)		GOH (mm)		Exposicion
							Media	SD	Media	SD	
Chiapasco y cols. 2021 (4)	Estudio clinico retrospectivo	41	Mx/mb	autoinjerto, heterologo	7	R	4,78	1,88	6,35	2,10	11
Li y cols 2020 (33)	Serie de casos retrospectivo	16	Mx/mb	autoinjerto, heterologo	7,5	R	3,55	3,74	5,15	2,45	3
De santis y cols. 2022 (32)	Serie de casos	9	Mx/mb	autoinjerto y heterologo	9	R	5,95	2,06	6,37	2,17	1
Hofferber y cols. 2020 (34)	Serie de casos	9	Mb	aloinjerto	8	R	2,86	-	-	-	4
De santis y cols. 2021 (35)	Serie de casos	5	Mx/mb	Autoinjerto, heterologo	8,5	R	5,2	1,1	3,6	0,8	1
Li y cols. 2021 (29)	Estudio clinico retrospectivo	20	Mx/mb	heterologo	6	S	2,56	1,98	5,41	2,26	2
Choi y cols. 2021 (30)	Analisis retrospectivo	100	max	aloinjerto	6	S	-	-	3,7	1,1	7
Cucchi y cols. 2021 (23)	Ensayo clinico aleatorio	30	Mx/mb	Autoinjerto, xenoinjerto	6	R	5,55	-	-	-	5
Li y cols. 2021(36)	Serie de casos	21	Mx/mb	autoinjerto	6,5	S	2,48	-	4,11	-	2
El chaar y cols. 2019 (31)	retrospectivo	17	Mx/mb	aloinjerto	8	4 semanas	6,99	-	5,94	-	6
TOTAL media ponderada y porcentaje							4,4		4,7		15,7%

Tabla 4. Resultados descriptivos de los articulos incluidos sobre ganancia osea vertical y horizontal y exposicion de las mallas customizadas de titanio. N : numero de pacientes. TR : tiempo de remocion de la malla. TCI : tiempo de cicatrizacion e colocacion del implante. GOV : ganancia osea vertical. GOH :

ganancia osea horizontal. Mx : maxilla. Mb : mandibula. R : implante puesto a la misma cita de la remocion de la malla. S : implante simultaneo a la ROG y colocacion de la malla.

Resultados aumento óseo en la malla alla convencional de titanio

	Tipo de estudio	N	Ubicacion del defecto	Tipo de injerto	T R (meses)	TCI	GOV		GOH		Exposicion
							Media	SD	Media	SD	
El chaar y cols. 2019 (31)	retrospectivo	23	Mx/mb	aloinjerto	8	4 semanas	5,76	-	6,91	-	12
Zhang y cols. 2019 (37)	Serie de casos retrospectivo	12	mx	heterologo	6	S	3,61	1,50	3,10	2,06	1
Malik y cols. 2020 (38)	Serie de casos	20	mb	aloinjerto	6	-	4,82	1,14	-	-	3
Cucchi y cols. 2023 (26)	Ensayo clinico aleatorio	13	mb	Autoinjerto, aloinjerto	9	R	4,1	1,0	-	-	-
Bahaa y cols. 2023 (28)	Ensayo clinico aleatorio	40	mb	xenoinjerto	6	-	-	-	3,36	1,37	15
Atef y cols.2020 (27)	Ensayo clinico aleatorio	10	mx	Autoinjerto, heterologo	6	R	-	-	3,4	1,2	4
TOTAL media ponderada y porcentaje							4,8		4,3		29,7%

Tabla 5. Resultados descriptivos de los articulos incluidos sobre ganancia osea vertical y horizontal y exposicion de las mallas convencionales de titanio. N : numero de pacientes. TR : tiempo de remocion de la malla. TCI : tiempo de cicatrizacion e colocacion del implante. GOV: ganancia osea vertical. GOH : ganancia osea horizontal. Mx : maxilla. Mb : mandibula. R : implante puesto a la misma cita de la remocion de la malla. S : implante simultaneo a la ROG y colocacion de la malla.

Resultados para la exposición de las mallas customizadas

	N Exposicion	Tiempo		Fracaso del tratamiento
		(<1 mes)	(>1 mes)	
Mallas customizadas		Temprana	Tardia	
Chiapasco y cols. (2021)(4)	11	-	-	0
Li y cols (2020)(33)	3	3	-	0
De santis y cols. 2022 (32)	1	-	1	0
Hofferber y cols. 2020 (34)	4	4	-	0
De santis y cols. 2021 (35)	1	-	-	0
Li y cols. 2021 (29)	2	-	-	0
Choi y cols. 2021 (30)	7	-	-	0
Cucchi y cols. 2021 (23)	5	3	2	0
Li y cols. 2021 (36)	2	-	2	0
El chaar y cols. 2019 (31)	6	4	2	0
Total	15,7 %	33%	16,7%	0%

Tabla 6. Resultados descriptivos sobre el porcentaje de exposicion de las mallas customizadas de titanio, el momento de la exposicion (temprana o tardia) y el fracaso del tratamiento por esta complicacion.

Resultados para la exposición de las mallas convencionales

	N Exposicion	Tiempo		Fracaso del tratamiento
		(<1 mes)	(>1 mes)	
Mallas convencionales		Temprana	Tardia	
El chaar y cols. 2019 (31)	12	7	5	0
Zhang y cols. 2019 (37)	1	1	-	0
Malik y cols. 2020 (38)	3	-	-	0
Bahaa y cols. 2023 (28)	15	-	-	0
Atef y cols.2020 (27)	4	3	1	0
Total	29,7%	31,4%	17,1%	0%

Tabla 7. Resultados descriptivos sobre el porcentaje de exposicion de las mallas convencionales de titanio, el momento de la exposicion (temprana o tardia) y el fracaso del tratamiento por esta complicacion.

10. DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática presenta datos basados en la evidencia científica sobre los resultados del uso de dos diferentes mallas de titanio en la regeneración ósea guiada: la malla convencional y la malla customizada, donde esta última es fabricada mediante una tecnología digital en 3D que permite con facilidad la adaptación a la anatomía del maxilar o mandíbula del paciente. Su posterior remoción se han evaluado los resultados de cada una comparando la ganancia ósea vertical y horizontal obtenida. De forma secundaria se evaluaron en relación a la información dada de los estudios, los resultados de exposición de las mallas por separado y comparadas.

10.1 Ganancia osea vertical y horizontal

Los resultados aportados por la siguiente revisión sistemática basada en 15 investigaciones científicas, revelan una media de ganancia ósea similar en la comparación; por la malla de titanio customizada la ganancia vertical y horizontal es de 4,4 mm y 4,7 mm respectivamente y la malla convencional 4,8 mm y 4,3 mm respectivamente.

Las investigaciones se centran cada vez más en mejorar el procedimiento actual de aumento óseo con malla de titanio para reducir las complicaciones y mejorar el efecto de aumento óseo (5).

La similitud de los resultados de la ganancia ósea vertical puede atribuirse a la diferencia de algunos estudios incluidos en las mallas customizadas, como en el estudio de Hofferber y cols. (34) Li y cols. (29), Li y cols. (36), que resultan de 2,48mm hasta un 2,86 mm, siendo muy bajo en comparación con el estudio de El chaar y cols. (31) donde resulta 6.99 y la series de casos de De santis y cols. (32) que es 5.95.

En el caso de la ganancia ósea horizontal las mallas customizadas tienen en la mayoría de los estudios un mayor resultado, excepto por dos, donde uno es el análisis retrospectivo de Choi y cols. (30), siendo el de muestra mayor, entonces teniendo mayor peso en la media ponderada.

En las mallas convencionales el máximo valor dado de la ganancia ósea vertical fue del El chaar y cols. (31) con 5.67, que resulta más bajo con respecto al máximo resultado de la ganancia ósea vertical de las mallas customizadas. Mientras que la ganancia ósea horizontal de las mallas convencionales tiene un mayor resultado debido a que el estudio retrospectivo El chaar y cols.(31) añade un valor de 6,91, más alto en proporción con los otros resultados de los estudios de Zhang y cols. (37), Bahaa y cols. (28), Atef y cols. (27), que son 3,1mm, 3,36 mm, 3,4 mm, respectivamente.

Los resultados obtenidos sobre la malla customizada están en la línea de la literatura; la series de casos de Nickening y cols. (39) que examina 3 casos en 7 sitios quirúrgicos donde las concavidades labiales tienen una profundidad de aproximadamente 4 mm y requieren aumento óseo para la colocación del implante; después de 6 meses de la cirugía y la remoción de la malla la ganancia ósea horizontal es de 3,7mm, también en la revisión sistemática de Argemí y cols. (2) resulta una media de la ganancia ósea horizontal es 4,3mm y la vertical 4,2 mm.

Los resultados en el estudio de Faus y cols. (40) son menores con respecto a los descriptos anteriormente en la malla customizada donde es de 1,88 mm en ganancia osea horizontal y 4 mm en vertical, aunque es lo esperado de la planificación del caso, parecidos a los que estan descriptos en el articulo incluido en la revision de Li y cols.(36).

La malla de titanio convencional como la anterior, concuerda con la literatura, la ganancia ósea horizontal de la malla de titanio convencional de la revisión sistemática de Azambuja Carvalho y cols. (41) muestra una ganancia de 4,4 mm, como el estudio prospectivo de Maiorana y cols. (42) donde es también entre 3,25mm y 5,06 mm.

Hay una discrepancia en el estudio prospectivo del mismo Maiorana y cols. (43) donde 5 pacientes se han sometido al tratamiento de regeneración ósea guiada con membrana reforzada de titanio y con malla convencional de titanio, la ganancia ósea vertical de esta última es de 1,5 mm, aunque describen que no es un resultado significativo por el estudio histológico y clínico previo.

10.2 Exposición de la malla

En la presente revisión sistemática la comparación entre las dos técnicas revela una mayor tasa exposición de la malla de titanio en las convencionales con un resultado de 29,7%, con respecto a la malla customizada que resultó menor siendo 15,7%.

En la presente revisión sistemática el número más alto de exposiciones es de 11 sobre un total de 41 pacientes, es el estudio clínico retrospectivo de Chiapasco y cols. (4). El resto de los estudios tienen un número muy bajo, también el análisis retrospectivo de Choi y cols. (30) que sobre un total de 100 pacientes presenta solo 7 exposiciones.

Segun Chiapasco y cols. (4) no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre las exposiciones y el género, la edad, el número de sitios tratados, si el sitio es mandibula o maxilar, GBR en asociación con elevación de seno, la dirección mesiodistal, la cantidad de aumento óseo y la incidencia de exposiciones; aunque señalan que son más frecuentes en el maxilar, en particular asociadas con la elevación del seno.

Las mallas customizadas se introducen como alternativa teniendo ventajas como no necesitar de modelado y recorte “in situ”, posibilidad de rellenar el Ti-mesh con material de injerto fuera de la cavidad oral, con eliminación del riesgo de dispersión/contaminación del injerto intraoralmente, es fácil de estabilizar con un número reducido de tornillos, gracias a la rigidez de la malla (4).

Otro papel importante es el de disminuir la cantidad de inflamación mediante la aplicación de los procedimientos quirúrgicos correctos, manejo atraumático de los tejidos, y instrucciones postoperatorias adecuadas, ya que estas pueden tener un impacto en la tensión del tejido (28).

La serie de casos de Funato y cols. (44) mostró una mayor tasa de ganancia de tejido duro con menos pseudo periostio en los grupos que utilizaron una membrana de colágeno reabsorbible adicional.

Según la literatura se recomienda el uso adicional de una membrana de colágeno reabsorbible sobre la malla de titanio para compensar sus limitaciones como por ejemplo minimizar la formación de tejido blando en el defecto óseo y

prevenir complicaciones como la exposición (5,28,45). Como mostrado en el estudio incluido en la revisión de Choi y cols. (30) que compara tres grupos donde en un grupo el tratamiento es mediante malla de titanio customizada, uno con malla customizada y membrana de colágeno reticulado y otro malla customizada y colágeno no reticulado; en los dos grupos donde se utiliza la membrana de colágeno junto a la malla de titanio customizada da un resultado de menor porcentaje de exposición de la malla.

La principal complicación relacionada con el uso de la membrana de titanio es la dehiscencia de los tejidos blandos con la consecuente exposición de la malla. No obstante, las mallas de titanio son capaces de tolerar un cierto grado de exposición (46), no comprometiendo necesariamente el resultado final del tratamiento (47).

En la literatura se pueden encontrar diferentes hallazgos como el de Hartmann y cols. (48) lo que se debe a que no hay mucha información que identifique con precisión las exposiciones en términos de tamaño. Demuestran que la mayoría de estos son leves y puntuales, al diferenciar la severidad de la exposición. Puntos adicionales son procedimientos de malla de titanio, técnicas quirúrgicas y habilidades.

Muchos estudios clínicos demostraron que una malla de titanio personalizada desempeña un papel activo en la reducción del tiempo de operación, la reducción de la tasa de aparición de complicaciones en el aumento óseo y la mejora de la tasa de éxito de la cirugía (31,48).

El estudio retrospectivo de Her y cols. (47) muestra un porcentaje de exposición de la malla convencional de titanio de un 26%, en ningún caso llevaron al fracaso del tratamiento; afirma que fue posible dejar el material en su lugar, aunque se encontró menos hueso regenerativo en el área expuesta. La malla se alivió en los ángulos agudos e irregularidades para minimizar el traumatismo y la incomodidad del contacto con la lengua, la mejilla y la encía. Según Her y cols. (47) no hay una diferencia significativa en el uso de diferentes combinaciones de injerto.

La selección de pacientes sí que puede ser fundamental; en presencia de condiciones sistémicas que no permiten la cicatrización, estas pueden influir en el éxito del tratamiento (47,48). Aunque, según el estudio de Hartmann y cols. (48) describen que no se muestra correlación entre el éxito de tratamiento con diabetes tipo II bien controlada y con tabaco, donde este último puede interferir con el proceso de revascularización e incrementa la inflamación, explican que se puede evitar con una buena cooperación con el paciente.

10.3 Limitaciones del estudio

La presente revisión sistemática evidencio de los 15 artículos incluidos, solamente 4 artículos eran estudios randomizados controlados, siendo los que más influyen en la evidencia, mientras fueron 7 los estudios de casos definidos con un alto riesgo de sesgo.

Otra limitación encontrada fue el pequeño tamaño muestral de algunos estudios, que puede condicionar los resultados comparándolos a otros estudios con una mayor muestra, como también fue una limitación la falta de información de algunos estudios sobre la colocación del implante y el seguimiento quirúrgico, empleando diferentes tiempos de cicatrización.

En la literatura no están presentes comparaciones entre las mallas de titanio convencionales y las mallas customizadas, a excepción de un único estudio encontrado en la búsqueda avanzada e incluido en el estudio, habían podido ser muy útiles estudios en comparativa con las dos técnicas que habían comprendido el mismo tamaño muestral y criterios de inclusión, como la técnica quirúrgica.

Además las mallas customizadas, siendo una nueva técnica en la regeneración ósea guiada, tiene a disposición estudios en la literatura, pero hay escasez por ser un tema nuevo y se tiene todavía que documentar.

11. CONCLUSIÓN

Conclusiones principales

Ambas técnicas mostraron elevadas ganancias óseas tanto en sentido vertical como horizontal, no mostrando diferencias entre los dos grupos.

Conclusiones secundarias

La tasa de exposición de la malla fue superior en el grupo de la malla convencional de titanio donde fue de 29,7% en comparación con la malla customizada de titanio, donde fue de 15,7%.

12. BIBLIOGRAFIA

1. Hameed MH, Gul M, Ghafoor R, Khan FR. Vertical Ridge Gain with Various Bone Augmentation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont*. 2019;28(4):421–7.
2. 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. *Coatings*. 2021;11(3).
3. Amaral Valladão CA, Freitas Monteiro M, Joly JC. Guided bone regeneration in staged vertical and horizontal bone augmentation using platelet-rich fibrin associated with bone grafts: a retrospective clinical study. *Int J Implant Dent*. 2020;6(1).
4. Chiapasco M, Casentini P, Tommasato G, Dellavia C, Del Fabbro M. 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 Implants Res*. 2021;32(4):498–510.
5. Xie Y, Li S, Zhang T, Wang C, Cai X. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. *Int J Oral Sci*. 2020;12(1):1–12.
6. McAllister BS, Haghghat K. Bone Augmentation Techniques. *J Periodontol*. 2007;78(3):377–96.
7. Hurley LA, Stinchfield FE, Bassett AL, Lyon WH. The role of soft tissues in osteogenesis. An experimental study of canine spine fusions. *J Bone Joint Surg Am* 1959; 41-A: 1243-54.
8. Wang HL, Boyapati L. “pASS” principles for predictable bone regeneration. *Implant Dent*. 2006;15(1):8–17.
9. Zhang M, Zhou Z, Yun J, Liu R, Li J, Chen Y, et al. Effect of Different Membranes on Vertical Bone Regeneration: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. 2022;2022.
10. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res*. 2013;57(1):3–14.
11. Kim YK, Ku JK. Guided bone regeneration. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2020;46(5):361–6.

12. Parize G, Tunchel S, Blay A, Duailibi-Neto EF, Kim YJ, Pallos D. Maxillary Reconstruction with Xenogeneic Bone Graft, Platelet-Rich Fibrin, and Titanium Mesh for Rehabilitation with Implants: A 5-year Follow-Up Study. *Case Rep Dent.* 2022;2022.
13. Artas G, Gul M, Acikan I, Kirtay M, Bozoglan A, Simsek S, et al. A comparison of different bone graft materials in peri-implant guided bone regeneration. *Braz Oral Res.* 2018;32:1–8.
14. Reuss JM, Pi-Anfruns J, Moy PK. Is Bone Morphogenetic Protein-2 as Effective as Alveolar Distraction Osteogenesis for Vertical Bone Regeneration? *J Oral Maxillofac Surg.* 2018;76(4):752–60.
15. Zhao R, Yang R, Cooper PR, Khurshid Z, Shavandi A, Ratnayake J. Bone grafts and substitutes in dentistry: A review of current trends and developments. *Molecules.* 2021;26(10):1–27.
16. Zhou M, Li S yi, Terheyden H, Cao S shuai, Che Y juan, Geng Y ming. Particulate coral hydroxyapatite sheltered by titanium mesh for localized alveolar rehabilitation after onlay graft failure: A case report. *J Oral Implantol.* 2018;44(2):147–52.
17. D Buser, C Dahlin RS. 20 Years of Guided Bone Regeneration in Implant Denistry. Chicago: Quintessence. 1994;
18. Sasaki J-I, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, et al. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. *Biomater Investig Dent.* 2021;8(1):54–63.
19. Ren Y, Fan L, Alkildani S, Liu L, Emmert S, Najman S, et al. Barrier Membranes for Guided Bone Regeneration (GBR): A Focus on Recent Advances in Collagen Membranes. *Int J Mol Sci.* 2022;23(23).
20. Shi Y, Liu J, Du M, Zhang S, Liu Y, Yang H, et al. Customized Barrier Membrane (Titanium Alloy, Poly Ether-Ether Ketone and Unsintered Hydroxyapatite/Poly-L-Lactide) for Guided Bone Regeneration. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10(June):1–17.
21. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *Eur J Oral Sci.* 2017;125(5):315–37.
22. Ghanaati S, Al-Maawi S, Conrad T, Lorenz J, Rössler R, Sader R. Biomaterial-based bone regeneration and soft tissue management of the

- individualized 3D-titanium mesh: An alternative concept to autologous transplantation and flap mobilization. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2019;47(10):1633–44.
23. Cucchi A, Vignudelli E, Franceschi D, Randellini E, Lizio G, Fiorino A, et al. Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh with versus without resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(12):1411–24.
 24. Kang DW, Yun PY, Choi YH, Kim YK. Sinus bone graft and simultaneous vertical ridge augmentation: case series study. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2019;41(1).
 25. Mounir M, Shalash M, Mounir S, Nassar Y, El Khatib O. Assessment of three dimensional bone augmentation of severely atrophied maxillary alveolar ridges using prebent titanium mesh vs customized poly-ether-ether-ketone (PEEK) mesh: A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(5):960–7.
 26. Cucchi A, Bettini S, Ghensi P, Fiorino A, Corinaldesi G. Vertical ridge augmentation with Ti-reinforced dense polytetrafluoroethylene (d-PTFE) membranes or Ti-meshes and collagen membranes: 3-year results of a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2023;(July 2022):352–69.
 27. Atef M, Tarek A, Shaheen M, Alarawi RM, Askar N. Horizontal ridge augmentation using native collagen membrane vs titanium mesh in atrophic maxillary ridges: Randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(2):156–66.
 28. Bahaa S, Diab N, Zazou N, Darhous M, El Arab AE, ElNahass H. Evaluation of bone gain in horizontal ridge augmentation using titanium mesh in combination with different flap advancement techniques: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2023;52(3):379–87.
 29. Li S, Zhao J, Xie Y, Tian T, Zhang T, Cai X. Hard tissue stability after guided bone regeneration: a comparison between digital titanium mesh and resorbable membrane. *Int J Oral Sci.* 2021;13(1):1–9.
 30. Choi IO, Oh JS, Yu SJ, Kim BO, Lee WP. Retrospective analysis of the effect of three-dimensional preformed titanium mesh on peri-implant non-contained horizontal defects in 100 consecutive cases. *Appl Sci.*

- 2021;11(2):1–11.
31. El Char E, Urtula A, Georgantza A, Cruz S, Fallah-Abed P, Castaño A, et al. Treatment of Atrophic Ridges with Titanium Mesh: A Retrospective Study Using 100% Mineralized Allograft and Comparing Dental Stone Versus 3D-Printed Models. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(4):491–500.
 32. De Santis D, Umberto L, Dario D, Paolo F, Zarantonello M, Alberti C, et al. Custom Bone Regeneration (CBR): An Alternative Method of Bone Augmentation—A Case Series Study. *J Clin Med.* 2022;11(16).
 33. Li L, Wang C, Li X, Fu G, Chen D, Huang Y. Research on the dimensional accuracy of customized bone augmentation combined with 3D-printing individualized titanium mesh: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):5–18.
 34. Hofferber CE, Beck JC, Liacouras PC, Wessel JR, Getka TP. Volumetric changes in edentulous alveolar ridge sites utilizing guided bone regeneration and a custom titanium ridge augmentation matrix (CTRAM): a case series study. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1):0–8.
 35. De Santis D, Gelpi F, Verlato G, Luciano U, Torroni L, Antonucci N, et al. Digital customized titanium mesh for bone regeneration of vertical, horizontal and combined defects: A case series. *Med.* 2021;57(1):1–14.
 36. Li S, Zhang T, Zhou M, Zhang X, Gao Y, Cai X. A novel digital and visualized guided bone regeneration procedure and digital precise bone augmentation: A case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):19–30.
 37. Zhang T, Zhang T, Cai X. The application of a newly designed L-shaped titanium mesh for GBR with simultaneous implant placement in the esthetic zone: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(5):862–72.
 38. Malik R, Gupta A, Bansal P, Sharma R, Sharma S. Evaluation of Alveolar Ridge Height Gained by Vertical Ridge Augmentation Using Titanium Mesh and Novabone Putty in Posterior Mandible. *J Maxillofac Oral Surg.* 2020;19(1):32–9.
 39. Nickenig HJ, Riekert M, Zirk M, Lentzen MP, Zöller JE, Kreppel M. 3D-based buccal augmentation for ideal prosthetic implant alignment—an

- optimized method and report on 7 cases with pronounced buccal concavities. *Clin Oral Investig*. 2022;26(5):3999–4010.
40. Bertran Faus A, Cordero Bayo J, Velasco-Ortega E, Torrejon-Moya A, Fernández-Velilla F, García F, et al. Customized Titanium Mesh for Guided Bone Regeneration with Autologous Bone and Xenograft. *Materials (Basel)*. 2022;15(18).
 41. de Azambuja Carvalho PH, dos Santos Trento G, Moura LB, Cunha G, Gabrielli MAC, Pereira-Filho VA. Horizontal ridge augmentation using xenogenous bone graft—systematic review. *Oral Maxillofac Surg*. 2019;23(3):271–9.
 42. Maiorana C, Manfredini M, Beretta M, Signorino F, Bovio A, Poli PP. Clinical and radiographic evaluation of simultaneous alveolar ridge augmentation by means of preformed titanium meshes at dehiscence-type peri-implant defects: A prospective pilot study. *Materials (Basel)*. 2020;13(10).
 43. Maiorana C, Fontana F, Polo MR dal, Pieroni S, Ferrantino L, Poli PP, et al. Dense Polytetrafluoroethylene Membrane versus Titanium Mesh in Vertical Ridge Augmentation: Clinical and Histological Results of a Split-mouth Prospective Study. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(5):465–72.
 44. Funato A, Ishikawa T, Kitajima H, Yamada M, Moroi H. A Novel Combined Surgical Approach to Vertical Alveolar Ridge Augmentation with Titanium Mesh, Resorbable Membrane, and rhPDGF-BB: A Retrospective Consecutive Case Series. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2013;33(4):437–45.
 45. Lee SR, Jang TS, Seo CS, Choi IO, Lee WP. Hard tissue volume stability effect beyond the bony envelope of a three-dimensional preformed titanium mesh with two different collagen barrier membranes on peri-implant dehiscence defects in the anterior maxilla: A randomized clinical trial. *Materials (Basel)*. 2021;14(19).
 46. 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.
 47. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012;70(4):803–10.

48. Hartmann A, Seiler M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures - A retrospective analysis. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):1–9.

13. ANEXOS

Tabla 8: Evaluación del sesgo con la escala MOGA para series de casos

Quality Appraisal Checklist for Case Series Studies	Li y cols. 2020 (33)	De Santis y cols. 2022(32)	Hofferber y cols. 2020 (34)	De Santis y cols. 2021 (35)	Li y cols. 2021 (36)	Zhang y cols. 2019 (37)	Malik y cols. 2020 (38)
<i>Item</i>							
<i>Study objective</i>							
1- Was the hypothesis/aim/objective of the study clearly stated?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<i>Study design</i>							
2- Was the study conducted prospectively?	No	No	Si	No	Si	No	No
3- Were the cases collected in more than one centre?	No	No	No	No	No	No	No
4- Were patients recruited consecutively?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
<i>Study population</i>							
5- Were the characteristics of the patients included in the study described?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6- Were the eligibility criteria (i.e. inclusion and exclusion criteria) for entry into the study clearly stated?	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

7- Did patients enter the study at a similar point in the disease?	Si						
<i>Intervention and co-intervention</i>							
8- Was the intervention of interest clearly described?	Si						
<i>Outcome measures</i>							
9- Were relevant outcome measures established a priori?	Si						
10- Were outcome assessors blinded to the intervention that patients received?	No						
11- Were the relevant outcomes measured using appropriate objective/subjective methods?	Si						
12- Were the relevant outcome measures made before and after the intervention?	Si	Si	No	No	No	No	Si
<i>Statistical analysis</i>							
13- Were the statistical tests used to assess the relevant outcomes appropriate?	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
<i>Results and conclusions</i>							

14- Was follow-up long enough for important events and outcomes to occur?	Si						
15- Were losses to follow-up reported?	No						
16- Did the study provided estimates of random variability in the data analysis of relevant outcomes?	No						
17- Were the adverse events reported?	Si						
18- Were the conclusions of the study supported by the results?	Si						

Guía PRISMA

Sección/tema	Item n.º	Item de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
TÍTULO			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	Portada
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020.	3
INTRODUCCIÓN			
justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente..	19
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	20
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis	22
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	23
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	23
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	25
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (missing) o incierta.	
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	26
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	26
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas	26

Sección/tema	Item n.º	Item de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
		con los grupos previstos para cada síntesis	
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis	26
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados	26
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión)	
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis	
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo.	28
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	28-29
Características de los estudios	17	Cita cada estudio incluido y presente sus características.	29
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios individuales incluidos.	30
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	
Resultados de la síntesis	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	31
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto	
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	
Sesgos en la publicación	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	

Sección/tema	Item n.º	Item de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Certeza en la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	38-41
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	42
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	42
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	
OTRA INFORMACIÓN			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están materiales disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

**COMPARISON OF THE INCREASE IN GUIDED BONE REGENERATION
USING CONVENCIONAL TITANIUM MESH VS CUSTOMIZED TITANIUM
MESH IN 3D. SYSTEMATIC REVIEW.**

**Running title : Comparison of bone augmentation using conventional
titanium meshes VS titanium meshes customized in 3D.**

Authors :

Arianna Gentilini¹, Sónnica Galán Gil²

¹ 5th year student of the Dentistry degree at the European University of
Valencia, Valencia, Spain

²: Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia,
Spain.

Correspondence:

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia, España
universidadeuropea.com

3. ABSTRACT

Introduction: The implant is considered the "gold standard" of treatments for the replacement of lost teeth, a fundamental requirement is to have a sufficient width and height of the bone. Guided bone regeneration is based on the concept of using a membrane that acts as a barrier between the gap between bone defect and soft tissue, favoring bone gain. The objective of this review was to study two types of meshes (conventional titanium meshes vs. customized titanium meshes CAD/CAM) comparing the bone gain both vertical and horizontal and the percentage of exposure.

Material and method: An electronic search was performed in PubMed, Scopus and Web Of Science databases on vertical and horizontal bone gain with customized titanium meshes and conventional titanium meshes from January 2018 to January 2023.

Results: A total of 133 articles were obtained in the initial search, of which 15 met the inclusion criteria: 9 of the customized titanium meshes, 5 of the conventional titanium meshes and 1 article compared the two treatments. In the customized meshes the weighted mean of the vertical and horizontal bone gain was 4.4 and 4.7, respectively; the exposure was 15.7%. Conventional meshes resulted in weighted mean vertical and horizontal bone gain 4.8 and 4.3, respectively, and exposure was 29.7%.

Conclusion: The bone gain both vertical and horizontal showed no difference between the groups, while in the percentage of exposure of the conventional titanium mesh was higher with respect to the customized mesh.

Key words : *bone augmentation, guided bone regeneration, intraoral bone, titanium mesh, customized titanium mesh.*

INTRODUCTION

Dental implants are currently considered the "gold standard" treatment to prevent the negative physical and aesthetic effects of tooth loss. The quantity and quality of the alveolar bone at the location of the implant, the vertical and horizontal bone increase, is essential for people with atrophic crests to be rehabilitated (1–3). The term "guided bone regeneration" (GBR) refers to a surgical procedure to increase bone volume in areas to be treated with implants (4–7). It is based on the concept of using barrier membranes to maintain space over a defect, encourage internal growth of osteogenic cells and prevent undesirable cells from migrating from surrounding soft tissues to the wound (4,5,7). Use of titanium for bone repair after maxillofacial surgery has shown positive results (7,8). Conventional titanium meshes have good mechanical properties, however, their very important disadvantage is not adjusting to the anatomical contours of the location of a bone defect (9,10), for this reason a new customized titanium mesh was developed, the advantages of which include the three-dimensional manufacturing and printing of which make it possible to have the good properties of titanium, the perfect adaptation to the anatomy of the alveolar bone and the most precise reconstruction in terms of volume and 3D position (8–11). It was believed justified to perform a systematic review comparing the two techniques, being the mesh customized in titanium a new technology that could give optimal results during guided bone regeneration surgery, evaluating bone gain, vertical and horizontal in patients requiring implant rehabilitation and exposure rate, comparing conventional titanium mesh and custom mesh.

MATERIAL AND METHODS

Focus question

P (population): Patients with jaw or jaw bone atrophy, susceptible to dental implants.

I (intervention): Regeneration osea guided with titanium mesh customized in 3D.

C (comparison): Regeneration guided bone with conventional titanium mesh.

O (results): O1: Osea gain O2: Complications

Eligibility criteria

Inclusion criteria: articles from the last 5 years, published in English, Spanish or Italian, studies in humans, articles on titanium mesh, case series and studies in population of more than 5 people, We included studies on height and width gain in bone that mediate the preoperative and at the time of removal of the mesh, in millimeters.

Exclusion criteria: articles over 5 years old, reviews, clinical case, animal studies, oncology patients, articles based on reabsorbable meshes not including titanium meshes, studies including vertical and horizontal measurements of bone gain other than in millimetres.

Information sources and data search

An advanced search was performed in the three databases: PubMed, Scopus and Web of Science with the following keywords: "alveolar bone atrophy", "Jaw, Edentulous", "Jaw, Edentulous, Partially", "Mouth, Edentulous", "partial edentulous patients", "edentulous patient", "edentulous jaw", "atrophied jaw", "atrophic arch", "jaw atrophy", "bone atrophy", "deficient alveolar ridge", "alveolar bone defects", "bone augmentation", "alveolar ridge augmentation", "guided bone regeneration", "bone regeneration", "GBR", "dental implants", "custom titanium membrane", "custom titanium mesh", "three-dimensional printing", "custom bone regeneration", "CBR", "titanium mesh", "bone gain", "mean bone regeneration", "dental".

The search period for the studies in the different databases was from January 2018 to January 2023. Language filters were applied : English, Italian, Spanish.

The keywords were combined by the Boolean operators AND, OR and NOT and with the controlled terms "MeSH" in Pubmed with the intention of having the most accurate and best results of advanced search.

The search in Pubmed was as follows: ((((((alveolar bone atrophy[MeSH Terms] OR Jaw, Edentulous[Mesh] OR Jaw, Edentulous, Partially[Mesh] OR Mouth, Edentulous[Mesh] OR partial edentulous patients OR edentulous patient OR edentulous jaw OR atrophied jaw OR atrophic arch OR jaw atrophy OR bone atrophy OR deficient alveolar ridge OR "alveolar bone defects") AND (((bone augmentation OR alveolar ridge augmentation OR "guided bone regeneration" OR "bone regeneration" OR "GBR"))AND dental implants[MeSH Terms]))) AND ((custom titanium membrane OR "custom titanium mesh" OR "three-dimensional printing" OR "custom bone regeneration" OR "CBR"))) OR (("titanium mesh")))) AND ((bone gain OR "mean bone regeneration" OR resorpt*)) AND dental
Filters : in the last 5 years, English, Italian, Spanish.

Search strategy

The selection process has been carried out in three stages. A reviewer chose the studies to include (GA). To remove articles that were not relevant, the titles were filtered in the first stage. The second stage consisted of screening the results and choosing the type of research, type of intervention, mesh types, number of patients and results. The third stage involves reading the full text by filtering and extracting the data using a data collection form that had previously been developed to certify the eligibility of the research.

Extraction data

The necessary information from the studies has been collected: year of publication, type of study (randomized controlled, prospective, retrospective or case series), number of patients, location of the defect (maxillary, mandibular), type of graft (autologous, bovine, allograft, xenograft, mixture), mesh type (conventional titanium, customized), mesh removal time (after how long a second surgery is done for titanium mesh remotion), healing time and implant placement(delayed or simultaneous surgery), bone gain (measured in millimeters) and mesh exposure rate (number and percentage).

Main variable: **Bone gain**, was measured in millimeters at the time of mesh removal (at 6-9 months). Data were collected on vertical and horizontal gain in the graft area covered with conventional or customized titanium meshes. Vertically, bone gain was measured from the edentulous alveolar ridge to the upper edge of the alveolar ridge achieved. Horizontally, millimeters of gain in width were measured, from the osseous vestibular edge to the lingual ridge. These data were compared with the level of initial bone.

Secondary variable: **Mesh exposures**, this variable was collected with data on exposures reported by the authors in the use of conventional or customized titanium meshes. The number of exposures was collected, the time at which the mesh was exposed (early: before a month; late: after a month) and whether or not the implant could be placed (considering this as failure: number of failures).

Quality and risk of bias assessment

A reviewer (AG) evaluated the risk of bias to evaluate the methodological quality of the articles included. The Cochrane guide was used to assess the quality of randomized controlled clinical trials; where publications are considered "low risk of bias" when they meet all criteria, while "high risk of bias" when one or more criteria are not met, "uncertain bias" when there is no information to define it. The Newcastle-Ottawa scale was used to measure the quality of non-randomized observational studies. If the star score >6 is "low risk of bias", if it is 6 it will be "high risk of bias". The quality assessment of the case series studies is assessed using the MOGA scale and is considered to be highly biased.

Data synthesis

The overall data of the variables collected were presented according to the study group (customized meshes versus conventional meshes). Descriptive calculations of means, standard deviations and minimum and maximum ranges were performed. Since the study samples have different sizes a weighted average was made.

RESULTS

Study selection.

A total of 133 articles were obtained from the initial search process: Medline - PubMed (n=31), SCOPUS (n=36) and the Web of Science (n=66). Of these publications, 22 were identified as potentially eligible articles by title and abstract screening. Full-text articles were subsequently obtained and evaluated. As a result, 15 articles met the inclusion criteria.

Study characteristics

Of the 15 articles included in the systematic review, 9 articles describe the technique of guided bone regeneration with customized mesh in titanium (Table 3), 5 articles describe the technique of guided bone regeneration with conventional titanium mesh (Table 4) and 1 makes a comparison between the two meshes. The articles included in the customized meshes were: 4 case series, 2 retrospective case series, 2 retrospective clinical studies, 1 retrospective analysis and 1 retrospective analysis. The articles included in the conventional meshes were: 1 case series, 1 case series, 1 retrospective, 3 randomized clinical trials. The total number of patients was 386 in which 268 underwent guided bone regeneration treatment with customized titanium mesh and 118 with conventional titanium mesh.

Risk of bias

A high risk of bias was considered for the 7 case series studies for the very nature of the study type. For non-randomized observations, 2 studies were considered low risk of bias and 2 studies were considered high risk of bias. Randomized studies considered a high risk of bias for all 4 studies.

Synthesis of results

Vertical and horizontal bone gain

In relation to titanium custom meshes : 7 studies provided data on vertical and horizontal bone gain (12–18), 2 only vertical(11,19) y 1 only horizontal(20). The weighted average of all the results was 4.7mm in the vertical bone gain and 4.8mm in the horizontal bone gain, having values of a minimum of 2.48 mm (17) up to a maximum of 6,99 mm (18) vertically and a minimum of 3,6 mm (16) up to a maximum of 6,37 mm (15) horizontally. In relation to conventional titanium

meshes: 2 studies provided data on vertical and horizontal bone gain (18,21), 2 only vertical (22,23) y 2 only horizontal (24,25). The results of the weighted mean of these studies were 4.2mm in vertical bone gain and 4.3mm in horizontal bone gain, having values of a minimum of 3.61 mm (21) up to a maximum of 5,76 mm (18) vertically and a minimum of 3,1 mm (21) up to a maximum of 6,91 mm (18) horizontally.

Exposure rate

In the cases of exposure of the two meshes the treatments used were: local measures of topical application of chlorhexidine gluconate at 0.12% and mouthwash for 2 weeks with periodic checks of the signs of healing, in case of infection broad spectrum antibiotics were administered for 7-10 days and strict hygiene measures, or where needed, partially removed. Where more complications were observed that could have led to treatment failure, further guided bone regeneration was required, and could reach the same end of the proposed treatment. The mean exposure of titanium custom mesh revealed a percentage of 15.7%, where 33% were early and 16.7% late. In the conventional mesh the result was 29.7%, where they were 31.4% early and 17% late, in no case has there been a treatment failure.

DISCUSSION

Vertical and horizontal bone gain

The results provided by the following systematic review based on 15 scientific investigations, reveal a similar average bone gain in comparison; by the titanium mesh customized the vertical and horizontal gain is 4,4 mm and 4,7 mm respectively and conventional mesh 4,8 mm and 4,3 mm respectively. The similarity of the results of vertical bone gain can be attributed to the difference of some studies included in the customized meshes, as in the study of Hofferber et al. (19) Li et al. (13), Li et al. (17), resulting from 2.48mm to 2.86 mm, being very low compared to the study of El chaar et al. (18) where 6.99 and the case series of De santis et al. (15) resulting 5.95. The results obtained on the customized mesh are in line with the literature; the case series of Nickening et al. (26) horizontal bone gain is 3.7mm, in the systematic review of Argemí et al. (2) results

in an average horizontal bone gain of 4,3mm and a vertical gain of 4,2 mm. The results in the Faus et al. (27) are smaller than those described above in the customized mesh where it is 1.88 mm in horizontal bone gain and 4 mm in vertical, similar to those described in the article included in the revision of Li et al. (17). Conventional titanium mesh as above, consistent with the literature, the horizontal bone gain of conventional titanium mesh systematic review of Azambuja Carvalho et al. (28) shows a gain of 4.4 mm, as the prospective study of Maiorana et al. (29) where it is also between 3,25mm and 5,06 mm. A discrepancy is found in the prospective study of the same Maiorana et al. (30) where 5 patients have undergone treatment with conventional titanium membrane, the vertical bone gain is 1.5 mm.

Exposure rate

In the present systematic review, the highest number of exposures is 11 out of 41 patients, the retrospective clinical study of Chiapasco et al. (12). The rest of the studies have a very low number, also the retrospective analysis of Choi et al. (20) that out of a total of 100 patients presents only 7 exposures.

Another important role is to decrease the amount of inflammation by applying the correct surgical procedures, atraumatic handling of tissues, and appropriate postoperative instructions, as these can have an impact on tissue tension (24). The case series of Funato et al. (31) showed a higher rate of hard tissue gain with less pseudo periosteum in groups using an additional reabsorbable collagen membrane. According to the literature, the additional use of a absorbable collagen membrane on titanium mesh is recommended to prevent complications such as exposure (24,32,33). In the study of Choi et al. (20) groups where the additional membrane is used have lower percentage of mesh exposure. Hartmann et al. (34) states that not much information accurately identifies exposures in terms of size. They show that most of these are mild and punctual, differentiating the severity of exposure. Titanium mesh procedures, surgical techniques and skills are important. The retrospective study of Her et al. cols. (35) shows a conventional titanium mesh exposure percentage of 26%, in no case led to treatment failure.

Despite the limitations, both techniques showed high bone gains both vertically and horizontally, showing no differences between the two groups, but the mesh

exposure rate was higher in the conventional titanium mesh group where it was 29,7% compared to the customized titanium mesh, where it was 15.7%.

BIBLIOGRAFIA

1. Hameed MH, Gul M, Ghafoor R, Khan FR. Vertical Ridge Gain with Various Bone Augmentation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont.* 2019;28(4):421–7.
2. 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. *Coatings.* 2021;11(3).
3. Amaral Valladão CA, Freitas Monteiro M, Joly JC. Guided bone regeneration in staged vertical and horizontal bone augmentation using platelet-rich fibrin associated with bone grafts: a retrospective clinical study. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
4. McAllister BS, Haghghat K. Bone Augmentation Techniques. *J Periodontol.* 2007;78(3):377–96.
5. Wang HL, Boyapati L. “pASS” principles for predictable bone regeneration. *Implant Dent.* 2006;15(1):8–17.
6. Zhang M, Zhou Z, Yun J, Liu R, Li J, Chen Y, et al. Effect of Different Membranes on Vertical Bone Regeneration: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2022;2022.
7. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res.* 2013;57(1):3–14.
8. Sasaki J-I, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, et al. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. *Biomater Investig Dent.* 2021;8(1):54–63.
9. Shi Y, Liu J, Du M, Zhang S, Liu Y, Yang H, et al. Customized Barrier Membrane (Titanium Alloy, Poly Ether-Ether Ketone and Unsintered Hydroxyapatite/Poly-L-Lactide) for Guided Bone Regeneration. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10(June):1–17.
10. Ghanaati S, Al-Maawi S, Conrad T, Lorenz J, Rössler R, Sader R. Biomaterial-based bone regeneration and soft tissue management of the

individualized 3D-titanium mesh: An alternative concept to autologous transplantation and flap mobilization. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2019;47(10):1633–44.

11. Cucchi A, Vignudelli E, Franceschi D, Randellini E, Lizio G, Fiorino A, et al. Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh with versus without resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(12):1411–24.
12. Chiapasco M, Casentini P, Tommasato G, Dellavia C, Del Fabbro M. 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 Implants Res.* 2021;32(4):498–510.
13. Li S, Zhao J, Xie Y, Tian T, Zhang T, Cai X. Hard tissue stability after guided bone regeneration: a comparison between digital titanium mesh and resorbable membrane. *Int J Oral Sci.* 2021;13(1):1–9.
14. Li L, Wang C, Li X, Fu G, Chen D, Huang Y. Research on the dimensional accuracy of customized bone augmentation combined with 3D-printing individualized titanium mesh: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):5–18.
15. De Santis D, Umberto L, Dario D, Paolo F, Zarantonello M, Alberti C, et al. Custom Bone Regeneration (CBR): An Alternative Method of Bone Augmentation—A Case Series Study. *J Clin Med.* 2022;11(16).
16. De Santis D, Gelpi F, Verlato G, Luciano U, Torroni L, Antonucci N, et al. Digital customized titanium mesh for bone regeneration of vertical, horizontal and combined defects: A case series. *Med.* 2021;57(1):1–14.
17. Li S, Zhang T, Zhou M, Zhang X, Gao Y, Cai X. A novel digital and visualized guided bone regeneration procedure and digital precise bone augmentation: A case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):19–30.
18. El Char E, Urtula A, Georgantza A, Cruz S, Fallah-Abed P, Castaño A, et al. Treatment of Atrophic Ridges with Titanium Mesh: A Retrospective Study Using 100% Mineralized Allograft and Comparing Dental Stone Versus 3D-Printed Models. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(4):491–500.
19. Hofferber CE, Beck JC, Liacouras PC, Wessel JR, Getka TP. Volumetric

- changes in edentulous alveolar ridge sites utilizing guided bone regeneration and a custom titanium ridge augmentation matrix (CTRAM): a case series study. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1):0–8.
20. Choi IO, Oh JS, Yu SJ, Kim BO, Lee WP. Retrospective analysis of the effect of three-dimensional preformed titanium mesh on peri-implant non-contained horizontal defects in 100 consecutive cases. *Appl Sci.* 2021;11(2):1–11.
 21. Zhang T, Zhang T, Cai X. The application of a newly designed L-shaped titanium mesh for GBR with simultaneous implant placement in the esthetic zone: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(5):862–72.
 22. Malik R, Gupta A, Bansal P, Sharma R, Sharma S. Evaluation of Alveolar Ridge Height Gained by Vertical Ridge Augmentation Using Titanium Mesh and Novabone Putty in Posterior Mandible. *J Maxillofac Oral Surg.* 2020;19(1):32–9.
 23. Cucchi A, Bettini S, Ghensi P, Fiorino A, Corinaldesi G. Vertical ridge augmentation with Ti-reinforced dense polytetrafluoroethylene (d-PTFE) membranes or Ti-meshes and collagen membranes: 3-year results of a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2023;(July 2022):352–69.
 24. Bahaa S, Diab N, Zazou N, Darhous M, El Arab AE, EINahass H. Evaluation of bone gain in horizontal ridge augmentation using titanium mesh in combination with different flap advancement techniques: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2023;52(3):379–87.
 25. Atef M, Tarek A, Shaheen M, Alarawi RM, Askar N. Horizontal ridge augmentation using native collagen membrane vs titanium mesh in atrophic maxillary ridges: Randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(2):156–66.
 26. Nickenig HJ, Riekert M, Zirk M, Lentzen MP, Zöllner JE, Kreppel M. 3D-based buccal augmentation for ideal prosthetic implant alignment—an optimized method and report on 7 cases with pronounced buccal concavities. *Clin Oral Investig.* 2022;26(5):3999–4010.
 27. Bertran Faus A, Cordero Bayo J, Velasco-Ortega E, Torrejon-Moya A, Fernández-Velilla F, García F, et al. Customized Titanium Mesh for Guided

- Bone Regeneration with Autologous Bone and Xenograft. *Materials (Basel)*. 2022;15(18).
28. de Azambuja Carvalho PH, dos Santos Trento G, Moura LB, Cunha G, Gabrielli MAC, Pereira-Filho VA. Horizontal ridge augmentation using xenogenous bone graft—systematic review. *Oral Maxillofac Surg*. 2019;23(3):271–9.
 29. Maiorana C, Manfredini M, Beretta M, Signorino F, Bovio A, Poli PP. Clinical and radiographic evaluation of simultaneous alveolar ridge augmentation by means of preformed titanium meshes at dehiscence-type peri-implant defects: A prospective pilot study. *Materials (Basel)*. 2020;13(10).
 30. Maiorana C, Fontana F, Polo MR dal, Pieroni S, Ferrantino L, Poli PP, et al. Dense Polytetrafluoroethylene Membrane versus Titanium Mesh in Vertical Ridge Augmentation: Clinical and Histological Results of a Split-mouth Prospective Study. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(5):465–72.
 31. Funato A, Ishikawa T, Kitajima H, Yamada M, Moroi H. A Novel Combined Surgical Approach to Vertical Alveolar Ridge Augmentation with Titanium Mesh, Resorbable Membrane, and rhPDGF-BB: A Retrospective Consecutive Case Series. *Int J Periodontics Restor Dent*. 2013;33(4):437–45.
 32. Xie Y, Li S, Zhang T, Wang C, Cai X. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. *Int J Oral Sci [Internet]*. 2020;12(1):1–12.
 33. Lee SR, Jang TS, Seo CS, Choi IO, Lee WP. Hard tissue volume stability effect beyond the bony envelope of a three-dimensional preformed titanium mesh with two different collagen barrier membranes on peri-implant dehiscence defects in the anterior maxilla: A randomized clinical trial. *Materials (Basel)*. 2021;14(19).
 34. Hartmann A, Seiler M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures - A retrospective analysis. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):1–9.
 35. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2012;70(4):803–10.

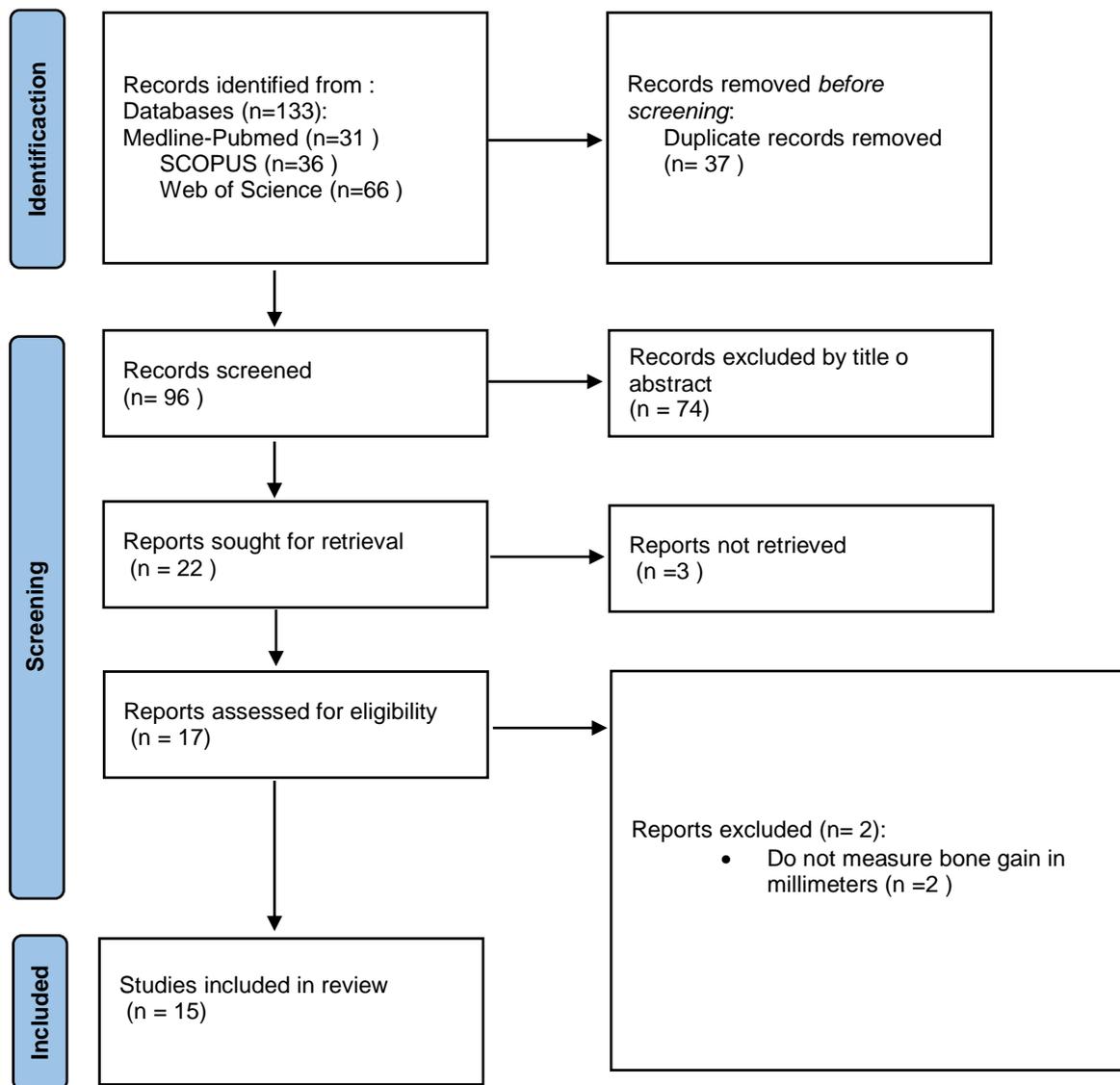


Fig. 1. Flow chart and title selection process during systematic review.

Bone augmentation results in customized titanium meshes

	Type of study	N	Defect location	Graft type	T R (months)	TCI	VBG (mm)		HBG (mm)		Exposure
							Mean	SD	Mean	SD	
Chiapasco y cols. 2021 (12)	Retrospective clinical study	41	Mx/mb	autograft, heterologo us	7	R	4,78	1,88	6,35	2,10	11
Li y cols 2020 (14)	Retrospective case series	16	Mx/mb	autograft, heterologo us	7,5	R	3,55	3,74	5,15	2,45	3
De santis y cols. 2022 (15)	case series	9	Mx/mb	autograft y heterologo us	9	R	5,95	2,06	6,37	2,17	1
Hofferber y cols. 2020 (19)	case series	9	Mb	alograft	8	R	2,86	-	-	-	4
De santis y cols. 2021 (16)	case series	5	Mx/mb	Autograft, heterologo us	8,5	R	5,2	1,1	3,6	0,8	1
Li y cols. 2021 (13)	Retrospective clinical study	20	Mx/mb	heterologo us	6	S	2,56	1,98	5,41	2,26	2
Choi y cols. 2021 (20)	Retrospective analysis	100	max	alograft	6	S	-	-	3,7	1,1	7
Cucchi y cols. 2021 (11)	randomized clinical trial	30	Mx/mb	Autograft, xenograft	6	R	5,55	-	-	-	5
Li y cols. 2021(17)	case series	21	Mx/mb	autograft	6,5	S	2,48	-	4,11	-	2
El chaar y cols. 2019 (18)	retrospective	17	Mx/mb	alograft	8	4 week	6,99	-	5,94	-	6
TOTAL weighted average and percentage							4,4		4,7		15,7%

Table 1. Descriptive results of the included articles on vertical and horizontal bone gain and exposure of customized titanium meshes. N: number of patients. TR : mesh removal time. TCI: healing time and implant placement. VBG: vertical bone gain. HBG: horizontal bone gain. Mx: maxilla. Mb: mandible. R: implant placed at the same appointment as mesh removal. S: simultaneous implantation of the ROG and placement of the mesh.

Bone augmentation results in convencional titanium meshes

	Type of study	N	Defect location	Graft type	T R (months)	TCI	VBG (mm)		HBG (mm)		Exposure
							Mean	SD	Mean	SD	
El chaar y cols. 2019 (18)	retrospective	23	Mx/mb	alograft	8	4 week	5,76	-	6,91	-	12
Zhang y cols. 2019 (21)	Retrospective Case series	12	mx	heterologous	6	S	3,61	1,50	3,10	2,06	1
Malik y cols. 2020 (22)	case series	20	mb	alograft	6	-	4,82	1,14	-	-	3
Cucchi y cols. 2023 (23)	randomized clinical trial	13	mb	Autograft, alograft	9	R	4,1	1,0	-	-	-
Bahaa y cols. 2023 (24)	randomized clinical trial	40	mb	xenograft	6	-	-	-	3,36	1,37	15
Atef y cols.2020 (25)	randomized clinical trial	10	mx	Autograft, heterologous	6	R	-	-	3,4	1,2	4
TOTAL weighted average and percentage							4,8		4,3		29,7%

Table 2. Descriptive results of the included articles on vertical and horizontal bone gain and exposure of convencional titanium meshes. N: number of patients. TR : mesh removal time. TCI: healing time and implant placement. VBG: vertical bone gain. HBG: horizontal bone gain. Mx: maxilla. Mb: mandible. R: implant placed at the same appointment as mesh removal. S: simultaneous implantation of the ROG and placement of the mesh.

Results for the exposure of the customized meshes

	N Exposure	Time		Treatment failure
		(<1 month)	(>1 month)	
Customized mesh		Early	Late	
Chiapasco y cols. (2021)(12)	11	-	-	0
Li y cols (2020)(14)	3	3	-	0
De santis y cols. 2022 (15)	1	-	1	0
Hofferber y cols. 2020 (19)	4	4	-	0
De santis y cols. 2021 (16)	1	-	-	0
Li y cols. 2021 (13)	2	-	-	0
Choi y cols. 2021 (20)	7	-	-	0
Cucchi y cols. 2021 (11)	5	3	2	0
Li y cols. 2021 (17)	2	-	2	0
El chaar y cols. 2019 (18)	6	4	2	0
Total	15,7 %	33%	16,7%	0%

Table 3. Descriptive results on the percentage of exposure of customized titanium meshes, the time of exposure (early or late) and treatment failure due to this complication.

Results for the exposure of the convencional meshes

	N Exposure	Time		Treatment failure
		(<1 month)	(>1 month)	
Convencional mesh		Early	Late	
El chaar y cols. 2019 (18)	12	7	5	0
Zhang y cols. 2019 (21)	1	1	-	0
Malik y cols. 2020 (22)	3	-	-	0
Bahaa y cols. 2023 (24)	15	-	-	0
Atef y cols.2020 (25)	4	3	1	0
Total	29,7%	31,4%	17,1%	0%

Table 4. Descriptive results on the percentage of exposure of conventional titanium meshes, the time of exposure (early or late) and treatment failure due to this complication.

**COMPARATIVA DEL AUMENTO ÓSEO EN LA REGENERACIÓN ÓSEA
GUIADA USANDO MALLAS DE TITANIO CONVENCIONALES VS MALLAS
DE TITANIO CUSTOMIZADAS EN 3D. REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

**Titulo corto: Comparativa del aumento óseo usando mallas de titanio
convencionales VS mallas de titanio customizadas en 3D.**

Authors :

Arianna Gentilini¹, Sónnica Galán Gil²

¹ Estudiante de 5º curso de la carrera de Odontología en la Universidad
Europea de Valencia, Valencia, España.

² Profesora de Grado de Odontología de la Universidad Europea de Valencia.

Correspondencia:

Campus de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia, España
universidadeuropea.com

RESUMEN

Introducción: El implante se considera el “gold standard” de los tratamientos para el reemplazo de los dientes perdidos, un requisito fundamental es tener una anchura y altura suficiente del hueso. La regeneración ósea guiada se basa en el concepto de utilizar una membrana que hace de barrera entre el espacio del defecto óseo y el tejido blando, favoreciendo la regeneración ósea. El objetivo de esta revisión fue estudiar dos tipos de mallas (mallas de titanio convencionales vs. mallas de titanio customizadas CAD/CAM) comparando la ganancia ósea tanto vertical como horizontal y el porcentaje de exposición.

Material y método: Se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science sobre la ganancia ósea vertical y horizontal con mallas de titanio customizadas y con mallas de titanio convencionales de enero 2018 a enero 2023.

Resultados: Se encontraron un total de 133 artículos en la búsqueda inicial, de estos, 15 cumplieron con los criterios de inclusión: 9 de las mallas de titanio customizadas, 5 de las mallas de titanio convencionales y 1 artículo realizaba una comparativa de los dos tratamientos. En las mallas customizadas la media ponderada de la ganancia ósea vertical y horizontal fue 4,4 y 4,7, respectivamente; la exposición resultó 15,7%. Las mallas convencionales resultaron en la media ponderada de la ganancia ósea vertical y horizontal 4,8 y 4,3, respectivamente y la exposición fue 29,7%.

Conclusión: La ganancia ósea tanto vertical como horizontal no mostró diferencia entre los grupos, mientras que en el porcentaje de la exposición de la malla de titanio convencional fue mayor con respecto a la malla customizada.

Palabras clave: *aumento óseo, regeneración ósea guiada, hueso intraoral, mallas de titanio, mallas de titanio customizadas.*

INTRODUCCION

Los implantes dentales se consideran actualmente como el tratamiento “gold standard” para prevenir los efectos físicos y estéticos negativos de la pérdida de dientes. Son esenciales la cantidad y calidad del hueso alveolar en la localización del implante, el aumento óseo vertical y horizontal, es necesario para que las personas con crestas atróficas sean rehabilitadas (1–3). El término "regeneración ósea guiada" (GBR) se refiere a un procedimiento quirúrgico para aumentar volumen óseo en zonas a tratar con implantes (4–7). Se basa en el concepto de utilizar membranas de barrera para mantener el espacio sobre un defecto, fomentar el crecimiento interno de células osteogénicas y evitar que las células indeseables migren desde los tejidos blandos circundantes hacia la herida (4,5,7). El uso de titanio para la reparación ósea posterior a la cirugía maxilofacial ha demostrado resultados positivos (7,8). Las mallas de titanio convencionales tienen buenas propiedades mecánicas, sin embargo, su desventaja muy importante es no ajustarse a los contornos anatómicos de la ubicación de un defecto óseo (9,10), por este motivo se desarrolló una nueva malla en titanio customizadas cuyas ventajas incluyen cuya fabricación e impresión tridimensional permiten tener las buenas propiedades del titanio, la adaptación perfecta a la anatomía del hueso alveolar y la reconstrucción más precisa en términos de volumen y posición 3D (8–11). Se creyó justificado realizar una revisión sistemática comparando las dos técnicas, siendo la malla customizada en titanio una tecnología nueva que podría dar resultados óptimos durante una cirugía de regeneración ósea guiada, evaluando la ganancia ósea, en sentido vertical y horizontal en pacientes que requieren rehabilitación con implantes y la tasa de exposición, comparando la malla en titanio convencional y la malla customizada.

MATERIAL Y MÉTODO

Identificación de la pregunta PICO

P (población): Pacientes con atrofia osea maxilar o mandibular, susceptibles de colocarse implantes dentales.

I (intervención): Regeneracion osea guiada con malla de titanio customizadas en 3D.

C (comparación): Regeneracion osea guiada con malla de titanio convencionales.

O (resultados): O1: Ganancia osea O2: Complicaciones

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión: artículos de los últimos 5 años, publicados en idioma ingles, español o italiano, estudios realizados en humanos, artículos sobre mallas de titanio, serie de casos y estudios en poblacion de mas o igual a 5 personas, se incluyeron estudios sobre ganancia en altura y anchura osea que median el preoperatorio y en el momento de retirar la malla, en milímetros.

Criterios de exclusión: articulos de mas de 5 años, revisiones, caso clinico, estudios en animales, pacientes oncologicos, artículos basados en mallas reabsorbibles sin incluir mallas de titanio, estudios que incluyen medidas verticales y horizontales de ganancia osea que no sean en milímetros.

Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se realizó una búsqueda avanzada en las tres bases de datos: PubMed, Scopus y Web of Science con las siguientes palabras clave: "alveolar bone atrophy", "Jaw, Edentulous", "Jaw, Edentulous, Partially", "Mouth, Edentulous", "partial edentulous patients", "edentulous patient", "edentulous jaw", "atrophied jaw", "atrophic arch", "jaw atrophy", "bone atrophy", "deficient alveolar ridge", "alveolar bone defects", "bone augmentation", "alveolar ridge augmentation", "guided bone regeneration", "bone regeneration", "GBR", "dental implants", "custom titanium membrane", "custom titanium mesh", "three-dimensional

printing", "custom bone regeneration", "CBR", "titanium mesh", "bone gain", "mean bone regeneration", "dental".

El periodo de la búsqueda de los estudios en las diferentes bases de datos fue de enero del 2018 hasta enero de 2023. Se aplicaron filtros de idioma : ingles, italiano, español.

Las palabras claves se combinaron mediante los operadores booleanos AND, OR y NOT y con los términos controlados "MeSH" en Pubmed con la intención de tener los más precisos y mejores resultados de labúsqueda avanzada.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente: ((((((alveolar bone atrophy[MeSH Terms] OR Jaw, Edentulous[Mesh] OR Jaw, Edentulous, Partially[Mesh] OR Mouth, Edentulous[Mesh] OR partial edentulous patients OR edentulous patient OR edentulous jaw OR atrophied jaw OR atrophic arch OR jaw atrophy OR bone atrophy OR deficient alveolar ridge OR "alveolar bone defects") AND (((bone augmentation OR alveolar ridge augmentation OR "guided bone regeneration" OR "bone regeneration" OR "GBR")AND dental implants[MeSH Terms]))) AND ((custom titanium membrane OR "custom titanium mesh" OR "three-dimensional printing" OR "custom bone regeneration" OR "CBR"))) OR (("titanium mesh")))) AND ((bone gain OR "mean bone regeneration" OR resorpt*)) AND dental
Filters : in the last 5 years, English, Italian, Spanish.

Proceso de selección de los estudios

El proceso de selección se ha realizado en tres etapas. Un revisor eligió los estudios a incluir (AG). Para eliminar los artículos que no eran relevantes, se filtraron los títulos en la primera etapa. La segunda etapa consistió en realizar el cribado en base a los resultados y elegir el tipo de investigación, tipo de intervención, tipos de mallas, número de pacientes y resultados. La tercera etapa comprende la lectura del texto por completo filtrando y extrayendo los datos utilizando un formulario de recogida de datos que había sido desarrollado previamente para certificar la elegibilidad de la investigación.

Extracción de datos

Se ha recolectado la información necesaria de los estudios: año de publicación, tipo de estudio (randomizado controlado, prospectivo, retrospectivo o series de casos), número de pacientes, la ubicación del defecto (maxilar, mandibular), tipo

de injerto (autólogo, bovino, aloinjerto, xenoinjerto, mezcla), tipo de malla (titanio convencional, customizada), tiempo de remoción de las mallas (después de cuanto tiempo se hace una segunda cirugía para la remoción de la malla de titanio), tiempo de cicatrización y colocación de implante (cirugía diferida o simultánea), ganancia ósea (medida en milímetros) y tasa de exposición de la malla (número y porcentaje).

Variable principal: **Ganancia ósea**, fue medida en milímetros en el momento de la remoción de la malla (a los 6-9 meses). Se recogieron datos sobre la ganancia vertical y horizontal en la zona del injerto recubierto con mallas de titanio convencionales o customizadas. En sentido vertical se midió la ganancia ósea desde el reborde alveolar edéntulo hasta el borde superior del reborde alveolar conseguido. En sentido horizontal se midió los milímetros de ganancia en anchura, desde el borde óseo vestibular al reborde lingual. Estos datos se compararon con el nivel de hueso inicial.

Variable secundaria: **Exposición de la malla**, esta variable fue recogida con los datos sobre la exposición reportada por los autores en el uso de las mallas de titanio convencionales o customizadas. Se recogieron el número de exposiciones, el momento en el que se produjo la exposición de la malla (temprana: antes de un mes; tardía: después de un mes) y si se pudo colocar o no el implante (considerándose esto como fracaso: número de fracasos).

Valoración de la calidad

Un revisor (AG) evaluó el riesgo de sesgo para evaluar la calidad metodológica de los artículos incluidos. Para la valoración de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados se utilizó la guía Cochrane; donde las publicaciones se consideran de “bajo riesgo de sesgo” al cumplir todos los criterios, mientras que de “alto riesgo de sesgo” cuando uno o más criterios no se cumplen, “sesgo incierto” cuando falta información por definirlo. La escala de Newcastle-Ottawa se utilizó para la medición de la calidad de los estudios observacionales no randomizados. Si la puntuación de estrellas >6 es “bajo riesgo de sesgo”, si es ≤ 6 será “alto riesgo de sesgo”. La valoración de la calidad de los estudios de series de casos se evalúa mediante la escala MOGA y se consideran de alto sesgo.

Síntesis de datos

Los datos globales de las variables recogidas se presentaron en función del grupo de estudio (mallas customizadas versus mallas convencionales). Se realizaron cálculos descriptivos de medias, desviaciones estándar y rangos mínimos y máximos. Puesto que las muestras de estudio tienen diferentes tamaños se realizó una media ponderada.

RESULTADOS

Selección de estudios.

Se obtuvieron un total de 133 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=31), SCOPUS (n=36) y la Web of Science (n=66). De estas publicaciones, 22 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por título y abstract. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados. Como resultado, 15 artículos cumplieron con los criterios de inclusión.

Análisis de las características de los estudios revisados

De los 15 artículos incluidos en la revisión sistemática, 9 artículos describen la técnica de regeneración ósea guiada con malla customizada en titanio (Tabla 3), 5 artículos describen la técnica de regeneración ósea guiada con malla convencional de titanio (Tabla 4) y 1 realiza una comparativa entre las dos mallas. Los artículos incluidos de las mallas customizadas eran: 4 series de casos, 2 serie de casos retrospectivos, 2 estudios clínicos retrospectivos, 1 análisis retrospectivo y 1 retrospectivo. Los artículos incluidos de las mallas convencionales eran: 1 serie de casos, 1 serie de casos retropectivo, 1 retrospectivo, 3 ensayos clínicos aleatorios. El total de los pacientes fue 386 en el cual 268 se sometieron el tratamiento de regeneración ósea guiada con malla customizada de titanio y 118 con malla convencional de titanio.

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Un alto riesgo de sesgo se considerò para los 7 estudios de series de casos para la propia naturaleza del tipo de estudio. Para los estudios observaciones no randomizados, 2 fueron considerados de bajo riesgo de sesgo y 2 de alto sesgo.

En los estudios randomizados se considero un riesgo de sesgo alto para los 4 estudios.

Síntesis resultados

Ganancia osea vertical y horizontal

En relación a las mallas customizadas de titanio : 7 estudios proporcionaron datos sobre la ganancia ósea vertical(12–18) y horizontal, 2 solo vertical(11,19) y 1 solo horizontal(20). La media ponderada entre todos los resultados que se tuvieron fue de 4,7mm en la ganancia ósea vertical y 4,8mm en la ganancia ósea horizontal, teniendo valores de un minimo de 2,48 mm (17) hasta un maximo de 6,99 mm (18) en la vertical y un minimo de 3,6 mm (16) hasta un maximo de 6,37 mm (15) en la horizontal. En relación a las mallas convencionales de titanio: fueron 2 los estudios que proporcionaron datos sobre sobre la ganancia ósea vertical y horizontal(18,21), 2 solo vertical (22,23) y 2 solo horizontal(24,25). Los resultados de la media ponderada de estos estudios fueron de 4,2mm en la ganancia ósea vertical y 4,3mm en la ganancia ósea horizontal, teniendo valores de un minimo de 3,61 mm (21) hasta un maximo de 5,76 mm (18) en la vertical y un minimo de 3,1 mm (21) hasta un maximo de 6,91 mm (18) en la horizontal

Exposicion de la malla

En los casos de exposición de las dos mallas los tratamientos usados fueron: medidas locales de aplicación tópica de gluconato de clorhexidina al 0.12% y enjuague bucal durante 2 semanas con controles periódicos de los signos de cicatrización, en el caso de infección se administró antibióticos de amplio espectro durante 7-10 días y medidas estrictas de higiene, o donde se necesitaba, se removió parcialmente. Donde se observaron más complicaciones que hubiesen podido llevar al fracaso del tratamiento se requirió hacer una ulterior regeneración ósea guiada, pudiendo llegar de igual manera al fin del tratamiento planteado. La media de exposición de la malla customizada de titanio revelò un porcentaje de 15,7%, donde el 33% eran tempranas y 16,7% tardias. En la malla convencional el resultado fue de 29,7%, donde eran 31,4% tempranas y 17% tardias, en ningun caso ha habido un fracaso del tratamiento.

DISCUSIÓN

Ganancia ósea vertical y horizontal

Los resultados aportados por la siguiente revisión sistemática basada en 15 investigaciones científicas, revelan una media de ganancia ósea similar en la comparación; por la malla de titanio customizada la ganancia vertical y horizontal es de 4,4 mm y 4,7 mm respectivamente y la malla convencional 4,8 mm y 4,3 mm respectivamente. La similitud de los resultados de la ganancia ósea vertical puede atribuirse a la diferencia de algunos estudios incluidos en las mallas customizadas, como en el estudio de Hofferber y cols. (19) Li y cols. (13), Li y cols. (17), que resultan de 2,48mm hasta un 2,86 mm, siendo muy bajo en comparación con el estudio de El chaar y cols. (18) donde resulta 6.99 y la series de casos de De santis y cols. (15) que es 5.95. Los resultados obtenidos sobre la malla customizada están en la línea de la literatura; la series de casos de Nickening y cols. (26) la ganancia ósea horizontal es de 3,7mm, en la revisión sistemática de Argemí y cols. (2) resulta una media de la ganancia ósea horizontal es 4,3mm y la vertical 4,2 mm. Los resultados en el estudio de Faus y cols. (27) son menores con respecto a los descriptos anteriormente en la malla customizada donde es de 1,88 mm en ganancia ósea horizontal y 4 mm en vertical, parecidos a los que estan descriptos en el articulo incluido en la revision de Li y cols.(17). La malla de titanio convencional como la anterior, concuerda con la literatura, la ganancia ósea horizontal de la malla de titanio convencional de la revisión sistemática de Azambuja Carvalho y cols. (28) muestra una ganancia de 4,4 mm, como el estudio prospectivo de Maiorana y cols. (29) donde es también entre 3,25mm y 5,06 mm. Una discrepancia la encontramos en el estudio prospectivo del mismo Maiorana y cols. (30) donde 5 pacientes se han sometido al tratamiento con membrana convencional de titanio, la ganancia ósea vertical es de 1,5 mm.

Exposición de la malla

En la presente revisión sistemática el número más alto de exposiciones es de 11 sobre un total de 41 pacientes, es el estudio clínico retrospectivo de Chiapasco y cols. (12). El resto de los estudios tienen un número muy bajo, también el

análisis retrospectivo de Choi y cols. (20) que sobre un total de 100 pacientes presenta solo 7 exposiciones.

Otro papel importante es el de disminuir la cantidad de inflamación mediante la aplicación de los procedimientos quirúrgicos correctos, manejo atraumático de los tejidos, y instrucciones postoperatorias adecuadas, ya que estas pueden tener un impacto en la tensión del tejido (24). La serie de casos de Funato y cols. (31) mostró una mayor tasa de ganancia de tejido duro con menos pseudo periostio en los grupos que utilizaron una membrana de colágeno reabsorbible adicional. Según la literatura se recomienda el uso adicional de una membrana de colágeno reabsorbible sobre la malla de titanio para prevenir complicaciones como la exposición (24,32,33). En el estudio de Choi y cols. (20) los grupos donde se utiliza la membrana adicional tienen menor porcentaje de exposición de la malla. Hartmann y cols. (34) afirma que no hay mucha información que identifique con precisión las exposiciones en términos de tamaño. Demuestran que la mayoría de estos son leves y puntuales, al diferenciar la severidad de la exposición. Son importantes los procedimientos de malla de titanio, técnicas quirúrgicas y habilidades. El estudio retrospectivo de Her y cols. (35) muestra un porcentaje de exposición de la malla convencional de titanio de un 26%, en ningún caso llevaron al fracaso del tratamiento.

Obstante las limitaciones, ambas técnicas mostraron elevadas ganancias óseas tanto en sentido vertical como horizontal, no mostrando diferencias entre los dos grupos, pero la tasa de exposición de la malla fue superior en el grupo de la malla convencional de titanio donde fue de 29,7% en comparación con la malla customizada de titanio, donde fue de 15,7%.

BIBLIOGRAFIA

1. Hameed MH, Gul M, Ghafoor R, Khan FR. Vertical Ridge Gain with Various Bone Augmentation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Prosthodont.* 2019;28(4):421–7.
2. 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. *Coatings.* 2021;11(3).
3. Amaral Valladão CA, Freitas Monteiro M, Joly JC. Guided bone

- regeneration in staged vertical and horizontal bone augmentation using platelet-rich fibrin associated with bone grafts: a retrospective clinical study. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1).
4. McAllister BS, Haghghat K. Bone Augmentation Techniques. *J Periodontol.* 2007;78(3):377–96.
 5. Wang HL, Boyapati L. “pASS” principles for predictable bone regeneration. *Implant Dent.* 2006;15(1):8–17.
 6. Zhang M, Zhou Z, Yun J, Liu R, Li J, Chen Y, et al. Effect of Different Membranes on Vertical Bone Regeneration: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Biomed Res Int.* 2022;2022.
 7. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *J Prosthodont Res.* 2013;57(1):3–14.
 8. Sasaki J-I, Abe GL, Li A, Thongthai P, Tsuboi R, Kohno T, et al. Barrier membranes for tissue regeneration in dentistry. *Biomater Investig Dent.* 2021;8(1):54–63.
 9. Shi Y, Liu J, Du M, Zhang S, Liu Y, Yang H, et al. Customized Barrier Membrane (Titanium Alloy, Poly Ether-Ether Ketone and Unsintered Hydroxyapatite/Poly-L-Lactide) for Guided Bone Regeneration. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10(June):1–17.
 10. Ghanaati S, Al-Maawi S, Conrad T, Lorenz J, Rössler R, Sader R. Biomaterial-based bone regeneration and soft tissue management of the individualized 3D-titanium mesh: An alternative concept to autologous transplantation and flap mobilization. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2019;47(10):1633–44.
 11. Cucchi A, Vignudelli E, Franceschi D, Randellini E, Lizio G, Fiorino A, et al. Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh with versus without resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(12):1411–24.
 12. Chiapasco M, Casentini P, Tommasato G, Dellavia C, Del Fabbro M. 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 Implants Res.* 2021;32(4):498–510.
 13. Li S, Zhao J, Xie Y, Tian T, Zhang T, Cai X. Hard tissue stability after guided

- bone regeneration: a comparison between digital titanium mesh and resorbable membrane. *Int J Oral Sci.* 2021;13(1):1–9.
14. Li L, Wang C, Li X, Fu G, Chen D, Huang Y. Research on the dimensional accuracy of customized bone augmentation combined with 3D-printing individualized titanium mesh: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):5–18.
 15. De Santis D, Umberto L, Dario D, Paolo F, Zarantonello M, Alberti C, et al. Custom Bone Regeneration (CBR): An Alternative Method of Bone Augmentation—A Case Series Study. *J Clin Med.* 2022;11(16).
 16. De Santis D, Gelpi F, Verlato G, Luciano U, Torroni L, Antonucci N, et al. Digital customized titanium mesh for bone regeneration of vertical, horizontal and combined defects: A case series. *Med.* 2021;57(1):1–14.
 17. Li S, Zhang T, Zhou M, Zhang X, Gao Y, Cai X. A novel digital and visualized guided bone regeneration procedure and digital precise bone augmentation: A case series. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(1):19–30.
 18. El Char E, Urtula A, Georgantza A, Cruz S, Fallah-Abed P, Castaño A, et al. Treatment of Atrophic Ridges with Titanium Mesh: A Retrospective Study Using 100% Mineralized Allograft and Comparing Dental Stone Versus 3D-Printed Models. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2019;39(4):491–500.
 19. Hofferber CE, Beck JC, Liacouras PC, Wessel JR, Getka TP. Volumetric changes in edentulous alveolar ridge sites utilizing guided bone regeneration and a custom titanium ridge augmentation matrix (CTRAM): a case series study. *Int J Implant Dent.* 2020;6(1):0–8.
 20. Choi IO, Oh JS, Yu SJ, Kim BO, Lee WP. Retrospective analysis of the effect of three-dimensional preformed titanium mesh on peri-implant non-contained horizontal defects in 100 consecutive cases. *Appl Sci.* 2021;11(2):1–11.
 21. Zhang T, Zhang T, Cai X. The application of a newly designed L-shaped titanium mesh for GBR with simultaneous implant placement in the esthetic zone: A retrospective case series study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(5):862–72.
 22. Malik R, Gupta A, Bansal P, Sharma R, Sharma S. Evaluation of Alveolar

- Ridge Height Gained by Vertical Ridge Augmentation Using Titanium Mesh and Novabone Putty in Posterior Mandible. *J Maxillofac Oral Surg.* 2020;19(1):32–9.
23. Cucchi A, Bettini S, Ghensi P, Fiorino A, Corinaldesi G. Vertical ridge augmentation with Ti-reinforced dense polytetrafluoroethylene (d-PTFE) membranes or Ti-meshes and collagen membranes: 3-year results of a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2023;(July 2022):352–69.
 24. Bahaa S, Diab N, Zazou N, Darhous M, El Arab AE, ElNahass H. Evaluation of bone gain in horizontal ridge augmentation using titanium mesh in combination with different flap advancement techniques: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2023;52(3):379–87.
 25. Atef M, Tarek A, Shaheen M, Alarawi RM, Askar N. Horizontal ridge augmentation using native collagen membrane vs titanium mesh in atrophic maxillary ridges: Randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(2):156–66.
 26. Nickenig HJ, Riekert M, Zirk M, Lentzen MP, Zöllner JE, Kreppel M. 3D-based buccal augmentation for ideal prosthetic implant alignment—an optimized method and report on 7 cases with pronounced buccal concavities. *Clin Oral Investig.* 2022;26(5):3999–4010.
 27. Bertran Faus A, Cordero Bayo J, Velasco-Ortega E, Torrejon-Moya A, Fernández-Velilla F, García F, et al. Customized Titanium Mesh for Guided Bone Regeneration with Autologous Bone and Xenograft. *Materials (Basel).* 2022;15(18).
 28. de Azambuja Carvalho PH, dos Santos Trento G, Moura LB, Cunha G, Gabrielli MAC, Pereira-Filho VA. Horizontal ridge augmentation using xenogenous bone graft—systematic review. *Oral Maxillofac Surg.* 2019;23(3):271–9.
 29. Maiorana C, Manfredini M, Beretta M, Signorino F, Bovio A, Poli PP. Clinical and radiographic evaluation of simultaneous alveolar ridge augmentation by means of preformed titanium meshes at dehiscence-type peri-implant defects: A prospective pilot study. *Materials (Basel).* 2020;13(10).
 30. Maiorana C, Fontana F, Polo MR dal, Pieroni S, Ferrantino L, Poli PP, et

- al. Dense Polytetrafluoroethylene Membrane versus Titanium Mesh in Vertical Ridge Augmentation: Clinical and Histological Results of a Split-mouth Prospective Study. *J Contemp Dent Pract.* 2021;22(5):465–72.
31. Funato A, Ishikawa T, Kitajima H, Yamada M, Moroi H. A Novel Combined Surgical Approach to Vertical Alveolar Ridge Augmentation with Titanium Mesh, Resorbable Membrane, and rhPDGF-BB: A Retrospective Consecutive Case Series. *Int J Periodontics Restor Dent.* 2013;33(4):437–45.
 32. Xie Y, Li S, Zhang T, Wang C, Cai X. Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: current application and progress. *Int J Oral Sci.* 2020;12(1):1–12.
 33. Lee SR, Jang TS, Seo CS, Choi IO, Lee WP. Hard tissue volume stability effect beyond the bony envelope of a three-dimensional preformed titanium mesh with two different collagen barrier membranes on peri-implant dehiscence defects in the anterior maxilla: A randomized clinical trial. *Materials (Basel).* 2021;14(19).
 34. Hartmann A, Seiler M. Minimizing risk of customized titanium mesh exposures - A retrospective analysis. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):1–9.
 35. Her S, Kang T, Fien MJ. Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *J Oral Maxillofac Surg.* 2012;70(4):803–10.

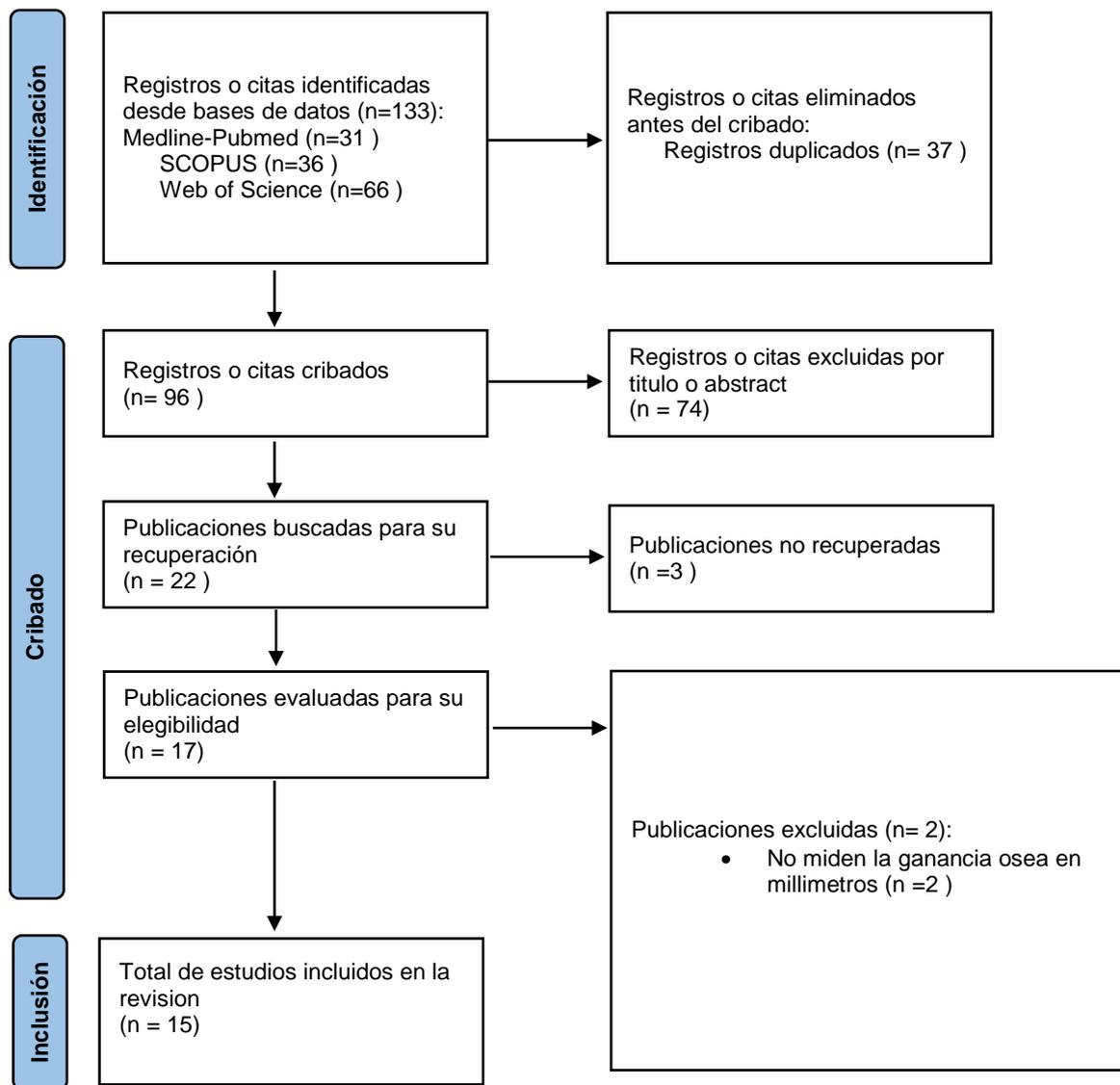


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Resultados aumento óseo en mallas customizadas de titanio

	Tipo de estudio	N	Ubicacion del defecto	Tipo de injerto	T R (meses)	TCI	GOV (mm)		GOH (mm)		Exposicion
							Media	SD	Media	SD	
Chiapasco y cols. 2021 (4)	Estudio clinico retrospectivo	41	Mx/mb	autoinjerto, heterologo	7	R	4,78	1,88	6,35	2,10	11
Li y cols 2020 (33)	Serie de casos retrospectivo	16	Mx/mb	autoinjerto, heterologo	7,5	R	3,55	3,74	5,15	2,45	3
De santis y cols. 2022 (32)	Serie de casos	9	Mx/mb	autoinjerto y heterologo	9	R	5,95	2,06	6,37	2,17	1
Hofferber y cols. 2020 (34)	Serie de casos	9	Mb	aloinjerto	8	R	2,86	-	-	-	4
De santis y cols. 2021 (35)	Serie de casos	5	Mx/mb	Autoinjerto, heterologo	8,5	R	5,2	1,1	3,6	0,8	1
Li y cols. 2021 (29)	Estudio clinico retrospectivo	20	Mx/mb	heterologo	6	S	2,56	1,98	5,41	2,26	2
Choi y cols. 2021 (30)	Analisis retrospectivo	100	max	aloinjerto	6	S	-	-	3,7	1,1	7
Cucchi y cols. 2021 (23)	Ensayo clinico aleatorio	30	Mx/mb	Autoinjerto, xenoinjerto	6	R	5,55	-	-	-	5
Li y cols. 2021(36)	Serie de casos	21	Mx/mb	autoinjerto	6,5	S	2,48	-	4,11	-	2
El chaar y cols. 2019 (31)	retrospectivo	17	Mx/mb	aloinjerto	8	4 semanas	6,99	-	5,94	-	6
TOTAL media ponderada y porcentaje							4,4		4,7		15,7%

Tabla 1. Resultados descriptivos de los articulos incluidos sobre ganancia osea vertical y horizontal y exposicion de las mallas customizadas de titanio. N : numero de pacientes. TR : tiempo de remocion de la malla. TCI : tiempo de cicatrizacion e colocacion del implante. GOV : ganancia osea vertical. GOH :

ganancia osea horizontal. Mx : maxilla. Mb : mandibula. R : implante puesto a la misma cita de la remocion de la malla. S : implante simultaneo a la ROG y colocacion de la malla.

Resultados aumento óseo en la malla alla convencional de titanio

	Tipo de estudio	N	Ubicacion del defecto	Tipo de injerto	T R (meses)	TCI	GOV	GOH	Exposicion		
							Media	SD	Media	SD	
El chaar y cols. 2019 (31)	retrospectivo	23	Mx/mb	aloinjerto	8	4 semanas	5,76	-	6,91	-	12
Zhang y cols. 2019 (37)	Serie de casos retrospectivo	12	mx	heterologo	6	S	3,61	1,50	3,10	2,06	1
Malik y cols. 2020 (38)	Serie de casos	20	mb	aloinjerto	6	-	4,82	1,14	-	-	3
Cucchi y cols. 2023 (26)	Ensayo clinico aleatorio	13	mb	Autoinjerto, aloinjerto	9	R	4,1	1,0	-	-	-
Bahaa y cols. 2023 (28)	Ensayo clinico aleatorio	40	mb	xenoinjerto	6	-	-	-	3,36	1,37	15
Atef y cols.2020 (27)	Ensayo clinico aleatorio	10	mx	Autoinjerto, heterologo	6	R	-	-	3,4	1,2	4
TOTAL media ponderada y porcentaje							4,8		4,3		29,7%

Tabla 2. Resultados descriptivos de los articulos incluidos sobre ganancia osea vertical y horizontal y exposicion de las mallas convencionales de titanio. N : numero de pacientes. TR : tiempo de remocion de la malla. TCI : tiempo de cicatrizacion e colocacion del implante. GOV: ganancia osea vertical. GOH : ganancia osea horizontal. Mx : maxilla. Mb : mandibula. R : implante puesto a la misma cita de la remocion de la malla. S : implante simultaneo a la ROG y colocacion de la malla.

Resultados para la exposición de las mallas customizadas

	N Exposición	Tiempo		Fracaso del tratamiento
		(<1 mes)	(>1 mes)	
Mallas customizadas		Temprana	Tardia	
Chiapasco y cols. (2021)(4)	11	-	-	0
Li y cols (2020)(33)	3	3	-	0
De santis y cols. 2022 (32)	1	-	1	0
Hofferber y cols. 2020 (34)	4	4	-	0
De santis y cols. 2021 (35)	1	-	-	0
Li y cols. 2021 (29)	2	-	-	0
Choi y cols. 2021 (30)	7	-	-	0
Cucchi y cols. 2021 (23)	5	3	2	0
Li y cols. 2021 (36)	2	-	2	0
El chaar y cols. 2019 (31)	6	4	2	0
Total	15,7 %	33%	16,7%	0%

Tabla 3. Resultados descriptivos sobre el porcentaje de exposición de las mallas customizadas de titanio, el momento de la exposición (temprana o tardía) y el fracaso del tratamiento por esta complicación.

Resultados para la exposición de las mallas convencionales

	N Exposición	Tiempo		Fracaso del tratamiento
		(<1 mes)	(>1 mes)	
Mallas convencionales		Temprana	Tardia	
El chaar y cols. 2019 (31)	12	7	5	0
Zhang y cols. 2019 (37)	1	1	-	0
Malik y cols. 2020 (38)	3	-	-	0
Bahaa y cols. 2023 (28)	15	-	-	0
Atef y cols.2020 (27)	4	3	1	0
Total	29,7%	31,4%	17,1%	0%

Tabla 4. Resultados descriptivos sobre el porcentaje de exposición de las mallas convencionales de titanio, el momento de la exposición (temprana o tardía) y el fracaso del tratamiento por esta complicación.