https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

RECONSTRUCCIÓN MANDIBULAR MEDIANTE BIOMATERIALES E IMPRESIÓN 3D: INNOVACIÓN QUIRÚRGICA Y LOS RESULTADOS CLÍNICOS

MANDIBULAR RECONSTRUCTION USING BIOMATERIALS AND 3D PRINTING: SURGICAL INNOVATION AND CLINICAL OUTCOMES

Adrián Sebastián Realpe Flores[1], Carlos Elián Coque Bastidas[2], Jorge Eduardo Cueva Reategui[3], Pablo Esteban Chica Jácome[4]

{od.adrianrealpe@gmail.com[1], od.adrianrealpe@gmail.com[2], od.adrianrealpe@gmail.com[3], pecj232002@gmail.com[4]}

Fecha de recepción: 01//10/2026 / Fecha de aceptación: 18/11/2026 / Fecha de publicación: 24/11/2026

RESUMEN: La reconstrucción de defectos mandibulares en pacientes con tumores, traumatismos o infecciones es un reto. Aunque el colgajo libre de peroné sigue siendo el estándar en ausencia de comorbilidades relevantes, tiene sus inconvenientes (morbilidad en el sitio donante y dificultades para ajustarlos a formas complejas). Por ello se ha popularizado el uso de técnicas complementarias como la planificación virtual y la manufactura aditiva. También son importantes los biomateriales. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión narrativa de la literatura publicada entre 2021 y 2026 sobre la utilización de biomateriales e impresión 3D en reconstrucciones mandibulares. Se realizaron búsquedas selectivas en PubMed/MEDLINE y PubMed central. También se buscaron en páginas de editores. Se comprobó que los autores y títulos eran los mismos en todas las bases de datos. También se comprueba que los DOI coinciden. Se analizan de manera descriptiva 8 trabajos primarios y 4 revisiones. No se siguió un protocolo sistemático. Tampoco hay metaanálisis. Los estudios clínicos (predominantemente de tipo retrospectivo y de tamaño pequeño/mediano) muestran que las guías de corte y placas pre-diseñadas permiten una reconstrucción precisa. Los implantes personalizados de titanio tienen buenos resultados estéticos y funcionales aunque en un porcentaje relevante se produce exposición de la placa. Los implantes de PEEK (impreso 3D) reducen el tiempo quirúrgico aunque en algunos pacientes se ha tenido que retirar por infección. Los andamios biocerámicos y poliméricos están mayormente en fase preclínica. En definitiva, los sistemas de impresión 3D permiten aumentar la precisión y personalización. Sin

[1]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0009-3862-7427, 0996961407
[2]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0008-5110-7381, 0988313393
[3]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0005-2177-0009, 0983981079
[4]Profesional Independiente, Quito -Pichincha-Ecuador, https://orcid.org/0009-0002-0727-1607, 0980225489

https://politecnicadelaciencia.com/
ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

embargo, la evidencia es heterogénea y de bajo nivel. Es necesario realizar estudios comparativos prospectivos con seguimiento prolongado.

Palabras clave: reconstrucción mandibular; impresión tridimensional; biomateriales; implantes personalizados; planificación quirúrgica virtual; resultados clínicos

ABSTRACT: The reconstruction of mandibular defects in patients with tumors, trauma, or infections is a challenge. Although the free fibula flap remains the standard in the absence of relevant comorbidities, it has its drawbacks (donor-site morbidity and difficulties in adapting it to complex shapes). For this reason, the use of complementary techniques such as virtual planning and additive manufacturing has become more widespread. Biomaterials are also important. The aim of this work is to provide a narrative review of the literature published between 2021 and 2026 on the use of biomaterials and 3D printing in mandibular reconstructions. Selective searches were carried out in PubMed/MEDLINE and PubMed Central. Publisher websites were also searched. It was verified that the authors and titles were the same across all databases. It was also confirmed that the DOIs matched. Eight primary studies and four reviews were analyzed descriptively. No systematic protocol was followed. Nor was there a meta-analysis. Clinical studies (predominantly retrospective and small/medium-sized) show that cutting guides and pre-designed plates allow accurate reconstruction. Customized titanium implants have good aesthetic and functional outcomes, although plate exposure occurs in a significant percentage. PEEK implants (3D printed) reduce surgical time, although in some patients they have had to be removed due to infection. Bioceramic and polymeric scaffolds are mostly in the preclinical phase. In short, 3D printing systems make it possible to increase precision and personalization. However, the evidence is heterogeneous and of low quality. Prospective comparative studies with long-term follow-up are needed.

Keywords: mandibular reconstruction; three-dimensional printing; biomaterials; patient-specific implants; virtual surgical planning; clinical outcomes

INTRODUCCIÓN

La mandíbula es el único hueso móvil del complejo craneofacial. Además de su función respiratoria y masticatoria, tiene una función en la articulación del habla y en la estética facial (1,2). La alteración de su continuidad (por tumores, traumatismos, infecciones o malformaciones congénitas) causa problemas funcionales y estéticos y repercusiones psicológicas (1,2). Las causas más frecuentes de reconstrucción son traumatismos y resecciones oncológicas (2).

Las posibilidades de reconstrucción son placas de reconstrucción, injerto óseo no vascularizado y colgajo libre vascularizado (2). El uso de placas de titanio es fácil de aplicar; sin embargo, hay inconvenientes (exposición de placa, retracción de tejidos blandos e inflamación crónica) (2). En un trabajo de revisión sistemática que analizaba diferentes opciones de reconstrucción en cáncer

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

de cabeza y cuello (basado en 93 artículos), se concluía que en pacientes sin comorbilidades significativas el colgajo óseo microvascular es la mejor opción (3). También existen metaanálisis que han analizado las complicaciones entre reconstrucción con placa-colgajo de tejido blando y reconstrucción ósea (4), así como la supervivencia de los diferentes colgajos óseos vascularizados (5). El colgajo libre de peroné (que es el de uso mayoritario) tiene inconvenientes (morbilidad en el sitio donante y poca flexibilidad para adaptarse a contornos mandibulares complejos) (1).

Desde la deformidad "Andy Gump" nos hemos ido hacia un concepto de "jaw-in-a-day" (6). Los avances en la planificación virtual de estas intervenciones (VSP, por sus siglas en inglés) permiten a partir de imágenes tomográficas computarizadas realizar simulaciones de resección y colocación de los segmentos óseos. De este modo se obtienen modelos anatómicos y también guías de osteotomía y placas preflexionadas (7) (8). En un trabajo de tipo serie retrospectivo realizado en nuestro centro terciario (la mayor serie que evalúa la exactitud de la combinación entre VSP, guías en 3D impresas y placa preflexionada) se demuestra que es un método confiable y preciso (nivel de evidencia 4) (7). También se han evaluado el rendimiento clínico de guías quirúrgicas producidas mediante manufactura aditiva en cirugía mandibular (9).

Por otro lado, los sistemas de manufactura aditiva (impresión 3D) permiten extender este paradigma. Además de modelos y guías, también se pueden producir implantes personalizados en distintos tipos de materiales (titanio Ti-6Al-4V ELI y polímeros, como la polieteretercetona (PEEK)), además de andamios (biocerámicos o poliméricos) (2,10). Desde un punto de vista biomecánico, el titanio tiene un módulo elástico bastante mayor que el hueso cortical (aproximadamente 110 frente a 18 GPa), lo que mejora el apantallamiento de tensiones. Por el contrario, el PEEK tiene un módulo elástico similar al hueso (3-4 GPa) (1). En una revisión estructurada de 77 trabajos publicados entre 2020 y 2025 se concluye que la técnica más utilizada para implantes de titanio y plantillas quirúrgicas es la fusión de lecho de polvo. En cuanto a implantes de PEEK en reconstrucciones mandibulares hay todavía poca información (2). Por otra parte, en una revisión de alcance (32 artículos) los materiales más empleados en implantes mandibulares mediante manufactura aditiva son la policaprolactona (31%) y las aleaciones de titanio (22%) (10). Asimismo, se ha realizado una revisión cuantitativa de estudios in vivo sobre regeneración de defectos críticos en mandíbula mediante andamios compuestos impresos en 3D (11). También existen revisiones narrativas más recientes que abordan aspectos concretos (por ejemplo, en patología de ameloblastoma), en las que se aborda también la planificación virtual e implantes personalizados e incluso uso de inteligencia artificial (12).

Sin embargo, la literatura está dispersa. Se encuentran numerosos trabajos con reporte de casos individuales. También hay trabajos que tratan de manera individual sobre algún tipo de material o técnica específica. Los trabajos de comparación en entornos clínicos son escasos (2). Es necesario hacer una síntesis global de la evidencia clínica sobre implantes de titanio personalizados y PEEK. Además, hay que comparar con el estado de la cuestión preclínico en

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

andamios biocerámicos y poliméricos. De esta forma el clínico podrá conocer qué innovaciones están respaldadas por resultados en pacientes y cuáles no.

Con este fin, se realizó una revisión de la literatura para sintetizar la evidencia disponible (2021-2026) sobre la utilización de biomateriales y técnicas de impresión 3D en reconstrucción mandibular. Se describe el tipo de tecnología y materiales utilizados, resultados obtenidos y complicaciones encontradas. Además se señalan las lagunas de conocimiento que deben ser abordadas en el futuro

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño. Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada de la literatura científica. Se realizó una síntesis descriptiva de la evidencia sobre reconstrucción mandibular con biomateriales e impresión 3D. En este caso no se trata de una revisión sistemática (no hay registro de protocolo previo), tampoco se ha hecho un recuento de todos los registros identificados. Por ello no se presenta un diagrama de flujo PRISMA. Por tanto, no se muestran datos de identificación, cribado y elegibilidad de registros.

Pregunta guía. ¿Cuáles son las tecnologías de impresión 3D y los biomateriales utilizados en reconstrucciones mandibulares entre 2021 y 2026? ¿Cuáles son los resultados clínicos, complicaciones y limitaciones reportadas*?*

Fuentes y estrategia de búsqueda. En noviembre de 2026 se hicieron búsquedas específicas con un motor de búsqueda web. Estas llevaban a PubMed/MEDLINE (PubMed), PubMed Central y páginas de los editores (Frontiers, MDPI, Wiley, Elsevier, Springer, etc.). Los términos de búsqueda están en inglés. Se usaron operadores booleanos. Se buscó (mandibular reconstruction OR mandibular defect) AND (3D print OR additive manufacturing OR patient-specific implant OR virtual surgical planning) AND (titanium OR PEEK OR scaffold OR biomaterial) AND (outcome OR complication). También se buscaron aspectos particulares (implantes de PEEK, placas específicas de paciente, andamios de ingeniería tisular, precisión de la planificación virtual).

Criterios de inclusión. a) Periodo: 2021-2026. b) Tipo de publicación: artículo revisado por pares (idioma inglés). c) Contenido: reconstrucción mandibular con modelos, guías, placas, implantes o andamios obtenidos por manufactura aditiva o con biomateriales. d) Resultados: debe haber algún desenlace clínico (supervivencia o persistencia del implante, complicaciones, exactitud, duración quirúrgica, función o satisfacción) o en el caso de estudios preclínicos traslacionales algún desenlace de formación ósea. e) Estudios primarios y revisiones sistemáticas (estructuradas).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Criterios de exclusión. Resúmenes de congresos, cartas y editoriales. Descripción de un único caso. Estudios sin relación con mandíbula o sin objetivo reconstructivo. Estudios puramente in vitro. Publicaciones previas al año 2021 (no fueron utilizadas como evidencia).

Verificación de las fuentes. Se ha cruzado información de autores, título y revista y año de publicación y DOI con el registro de PubMed o PubMed Central o la página web del editor. No se ha incluido ninguna fuente que no pueda ser verificada. Los números de referencia corresponden al orden de aparición en el texto (estilo Vancouver).

Extracción y síntesis de datos. Para cada estudio se extrajeron los siguientes datos: tipo de estudio, tamaño de muestra, intervención/material utilizado, grupo de comparación, periodo de seguimiento y desenlaces estudiados (supervivencia del implante, exposición de la placa, infección, extracción, tiempo quirúrgico, precisión, función y satisfacción). Debido a la heterogeneidad de tipos de estudio, materiales y desenlaces evaluados en los diferentes estudios, la síntesis de datos ha sido descriptiva. No se han realizado metaanálisis. Los datos numéricos están expresados según los autores originales.

Valoración de la calidad. No se ha utilizado ninguna herramienta formal de valoración de riesgo de sesgo. Se ha registrado el tipo de estudio. Los resultados deben ser interpretados con prudencia teniendo en cuenta la diferencia entre asociación y causalidad. La mayoría de los estudios clínicos son de tipo retrospectivo y con bajo tamaño muestral.

Corpus analizado. El corpus principal está compuesto por 12 publicaciones (ocho estudios primarios (1,7,13-18) y cuatro revisiones (2,3,10,11)). El resto de las referencias han sido utilizadas como contexto bibliográfico.

Consideraciones éticas. No ha sido necesario obtener el consentimiento informado ni el visto bueno de un comité de ética al tratarse de un análisis de datos publicados.

RESULTADOS

Descripción del corpus. El corpus central está compuesto por 12 publicaciones (entre 2021 y 2025) (2,3,10,11). De ellas, 8 son estudios primarios (7 clínicos –un estudio de elementos finitos- y un caso clínico), y uno preclínico traslacional (primate). Los otros 4 son revisiones de la literatura. Los estudios clínicos son retrospectivos o series de casos. Los tamaños de muestra oscilan desde 6 pacientes (17) hasta 221 pacientes (con placas específicas de paciente) (14). Ninguno se presenta como ensayo clínico aleatorizado. En la tabla 1 se recogen las características y principales hallazgos de los estudios primarios.

https://politecnicadelaciencia.com/

ISSN: 3091-2008

Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Tabla 1. Características y principales hallazgos de los estudios primarios del corpus (2021–2025).

Estudio	Diseño y muestra	Intervención o material	Hallazgos principales
Annino et al., 2022 (7)	Serie retrospectiva, centro terciario; reconstrucciones óseas 2015–2020	VSP, guías de osteotomía impresas en 3D y placa preflexionada	Evaluó la exactitud y los factores que la influyen; respaldada como herramienta fiable y precisa (nivel de evidencia 4)
Knitschke et al., 2022 (13)	Retrospectivo monocéntrico; n = 89	Placas manuales frente a implantes específicos de paciente (titanio, fusión láser) con colgajo de peroné	Análisis de unión ósea y complicaciones de la placa; la exposición y el tipo de placa figuran en el análisis multivariante
Yang et al., 2024 (14)	Revisión retrospectiva 2010–2022; n = 221	Placas específicas de paciente CAD/CAM con colgajo de peroné	Retiro de placa en 11 % (n = 25), 17,4 meses en promedio; exposición externa 10,8 %; sin fracturas de placa
Xue et al., 2024 (15)	Elementos finitos y caso clínico	Placas de titanio impresas en 3D frente a placas comerciales (defecto lateral)	Apantallamiento de tensiones no evidente; resultado quirúrgico satisfactorio en el caso presentado
Haroun et al., 2023 (16)	Serie; n = 36 (2015–2017)	Prótesis de titanio poroso 3D (CAD-CAM) en pacientes no candidatos a peroné	Altas tasas de exposición y de retiro del implante, sobre todo con afectación de la sínfisis
Li et al., 2022 (17)	Serie de casos monocéntrica; n = 6	Implante de PEEK impreso en 3D	5 de 6 sin complicaciones y satisfechos; 1 retiro por exposición a los 10 meses
Feng et al., 2025 (1)	Retrospectivo comparativo; n = 16 (8 y 8)	PEEK impreso en 3D frente a colgajo de peroné	Tiempo operatorio 322,5 frente a 545 min (p = 0,007); 2 infecciones con retiro en PEEK; sin implantes dentales en PEEK
Cao et al., 2021 (18)	Preclínico traslacional en primate	Andamios impresos de PLGA/TCP y TCP, con o sin BMP; hueso prefabricado	Formación ósea regular con TCP-BMP; regeneración y vascularización valoradas por imagen e histología

VSP: planificación quirúrgica virtual; CAD/CAM: diseño y manufactura asistidos por computadora; PEEK: polieteretercetona; PLGA: ácido poli(láctico-co-glicólico); TCP: fosfato tricálcico; BMP: proteína morfogenética ósea. Fuente: elaboración propia a partir de las referencias citadas.

Planificación virtual, modelos anatómicos y guías de corte. El sistema de planificación virtual asociado a guías de osteotomía (impreso 3D) y placa preflexionada es el que mayor grado de integración en la práctica ha sido reportado. En la serie retrospectiva de Annino et al. (reconstrucciones óseas entre 2015-2020 en un centro terciario), se analiza la exactitud de este método (superposición de modelos 3D en tomografías postoperatorias). Se identifican aspectos que influyen en su exactitud. Es considerado como un método confiable y preciso (nivel de evidencia 4). (7) En la revisión estructurada de Turek et al., se menciona que los modelos y guías producidos con manufactura aditiva han mejorado el rendimiento de los injertos autógenos

(peroné o cresta ilíaca) asociados a placa de titanio. Los modelos impresos permiten preflexionar la placa previamente a la cirugía. Este tipo de tecnología permite reducir el tiempo de procedimiento. Además, mejora el ajuste. Los resultados estéticos son satisfactorios. Para guías y plantillas las tecnologías más apropiadas son extrusión de material y fotopolimerización en cuba debido a sus limitaciones mecánicas (2). En otros estudios de este periodo se describen guías impresas en ácido poliláctico (análisis de exactitud en reconstrucción con colgajo de peroné) (19). También hay un estudio comparativo entre navegación digital y tecnología de modelos 3D (20). Así también se compara el uso convencional versus impresión 3D en reconstrucción mandibular (21). Entre las limitaciones están el costo de estos métodos. La disponibilidad de equipos y personal capacitado. El tiempo de elaboración (que puede retrasar procedimientos urgentes). Errores en procesamiento de datos o en la conversión al formato STL (2).

Implantes y placas de titanio personalizados. Los implantes de titanio producidos por fusión de lecho de polvo son la opción en la que más publicaciones se han encontrado (2). En la revisión de Turek et al. se encontraron implantes de titanio producidos por fusión selectiva por láser o también llamado sinterización directa de metal. Estos implantes presentaban una tasa de integración superior a 90%. Además, tenían pocas complicaciones a corto y mediano plazo y los pacientes estaban muy satisfechos. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los estudios no fue posible hacer un metaanálisis (2). En la serie de Yang et al. se utilizaron placas personalizadas por computador para reconstrucciones con colgajo de peroné. En el 11% de los casos (n=25) fue necesario retirar la placa. El tiempo medio de retiro fue de 17,4 meses. Las causas fueron exposición (76%) y destornillado de los tornillos (24%). En el 10,8% de los pacientes hubo exposición de la placa. No hubo fractura de placa. Las variables que se asociaron a mayor complicación de placa fueron radioterapia postoperatoria (OR=2,27; IC95% 1,07-4,82) e infección del sitio quirúrgico (OR=9,22; IC95% 4,11-21,88) (14). En un estudio retrospectivo monocéntrico en el que se compararon placas manualmente moldeadas frente a implantes de titanio personalizados mediante fusión láser en reconstrucciones con peroné (89 pacientes). Se hizo un análisis multivariante en el que la exposición de placa y el tipo de placa fueron variables relevantes para la unión ósea. Se plantea la importancia del estímulo mecánico funcional para la osificación (13).

Los implantes de titanio sin colgajo vascularizado tienen un perfil diferente. Haroun et al. publicaron su experiencia con 36 pacientes intervenidos entre 2015 y 2017. Se utilizaron prótesis de titanio poroso personalizadas. Las indicaciones fueron contraindicación médica de colgajo de peroné (n=13), fracaso de reconstrucción previa (n=7) y rechazo por parte del paciente (n=16). El tipo de lesión fue tumoral primaria (n=9) y osteorradionecrosis (n=19). También hubo casos de reconstrucción secundaria (n=8). Los autores destacan que este enfoque se ha asociado con elevadas tasas de exposición y retiro de implante sobre todo en caso de afectación de la sínfisis (16). Desde un punto de vista biomecánico, Xue et al. han analizado placas de titanio impresas en 3D con diferentes diseños frente a placas comerciales en un defecto lateral utilizando el método de los elementos finitos. No observaron un efecto claro de apantallamiento de tensiones. También mostraron un caso clínico en el que el resultado quirúrgico fue satisfactorio (15).

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Implantes de polieteretercetona (PEEK). Los estudios de evidencia clínica con PEEK impresos en 3D son menos. Li et al. describen sus experiencias con 6 pacientes que habían sufrido defectos mandibulares segmentarios y habían sido reconstruidos con implantes de PEEK personalizados. En 5 de ellos no hubo complicaciones, y estaban satisfechos con el aspecto y funcionamiento. En 1 de ellos el implante tuvo que ser retirado por exposición tras 10 meses. En este estudio es importante destacar la estricta selección de casos e importancia de los tejidos blandos (17). Feng et al. hacen un estudio retrospectivo de 8 pacientes tratados con PEEK frente a otros 8 con colgajo libre de peroné (periodo de estudio 2019-2023). Analizan variables como tiempo quirúrgico (menor en PEEK 322,5 ± 158,6 vs 545 ± 119,1 min. p=0,007), pérdida de sangre, drenaje postquirúrgico y disminución de índice de masa corporal (no hay diferencias significativas). Del lado del PEEK en 6 pacientes se consiguió una reconstrucción precisa de la mandíbula y buen funcionamiento oclusal. En 2 pacientes se produjo una infección secundaria y hubo que retirar el implante y realizar un rescate con colgajo de peroné. En otro caso hubo que hacer un desbridamiento por hemorragia. Por otro lado en el grupo de peroné en 1 paciente hubo que retirar la placa por infección. En 2 pacientes se colocaron implantes dentales en seguimiento (en ninguno del grupo PEEK). Los grupos no eran equivalentes en edad (56,3 ± 12,6 años en PEEK frente a 40,8 ± 21,2 en peroné) (1). Coincide con Turek et al. en que son escasos los trabajos de investigación sobre PEEK en reconstrucción mandibular (2).

Andamios y biomateriales regenerativos. El análisis de alcance de Winarso et al. aborda 32 artículos después de 2 941 registros en Scopus. Los materiales más utilizados son policaprolactona (31%), aleaciones de titanio (22%) y fosfatos de calcio (13%). Aunque la policaprolactona no puede soportar las cargas aplicadas en estado puro, se plantea su asociación a biocerámicas. En el caso del titanio se destaca su disparejo módulo elástico respecto al hueso lo que lleva a un apantallamiento de tensiones (10). Por otro lado, Dalfino et al. realizan una revisión de la última década de investigación en defectos mandibulares de tamaño crítico utilizando andamios poliméricos o compuestos (manufactura aditiva). Se ha motivado por los problemas que presenta el colgajo de peroné como referencia clínica (11). En un estudio preclínico (primate) Cao et al. han desarrollado andamios impresos de PLGA/fosfato tricálcico y fosfato tricálcico con y sin proteína morfogenética ósea recombinante. Han observado una correcta formación ósea con los andamios de fosfato tricálcico + proteína morfogenética ósea. También han valorado (por imágenes y PET/TC 18F-FDG) los efectos sobre regeneración y vascularización. Es un enfoque prometedor para trasladar a clínica (18). Turek et al. destacan que la mayoría de los trabajos relacionados con andamios mandibulares están basados en modelos animales. Por otro lado, no han encontrado aplicación directa a clínica de andamios cerámicos (inyectando aglutinante) en los últimos 5 años (2).

Resumen de complicaciones y nivel de evidencia. Las principales complicaciones que han llevado a retirar el implante en los estudios clínicos son la exposición de la placa y la infección (1,14,16,17). Los porcentajes de complicaciones varían según el tipo de población. Así, en poblaciones con placas específicas y colgajo de peroné se ha encontrado un 10,8% de exposición externa (14). Además, en

ausencia de colgajo vascularizado se describe un alto porcentaje de complicaciones (16). Otros factores asociados han sido la radioterapia postquirúrgica, complicaciones de tipo infeccioso (infección del sitio quirúrgico) y compromiso de la sínfisis (14,16). La mayoría de los estudios tienen un enfoque retrospectivo. Los tamaños muestrales son pequeños o medianos. Los comparadores y desenlaces no están siempre bien reportados. Por ello no es posible hacer una síntesis cuantitativa.

DISCUSIÓN

Se pone de manifiesto que la impresión 3D se utiliza principalmente en la planificación y creación de guías y placas (y también implantes) apoyándose en sus ventajas de precisión y personalización. Sin embargo, los estudios disponibles son diversos y en su mayoría de tipo retrospectivo y con tamaño reducido. Además, coincide con la revisión estructurada de Turek et al. en que la manufactura aditiva ofrece ventajas en reconstrucciones personalizadas y permite reducir el tiempo del procedimiento. También comparte la importancia de una correcta elección de tecnología y material, especialmente cuando se utilizan en entornos de soporte de carga (2).

El colgajo óseo microvascular sigue siendo el estándar de referencia en pacientes sin comorbilidades significativas (3). Por ello, las innovaciones objeto de análisis en este trabajo pueden considerarse como un complemento (mejora en la ejecución del colgajo mediante uso de guías y placas) o bien como alternativas en pacientes seleccionados. En el caso del titanio personalizado existen buenos resultados en integración y satisfacción (2); sin embargo, existe evidencia de exposición de la placa en cohortes amplias (14) y altas tasas de exposición y retiro de implantes porosos en pacientes sin colgajo vascularizado (16). Esto no es solamente un problema de implante puesto que hay diferencias entre las poblaciones (incluyendo pacientes con contraindicación médica, fracaso de reconstrucciones anteriores, osteorradionecrosis y afectación de la sínfisis) (16). Además, la radioterapia postoperatoria e infección del sitio quirúrgico están asociadas a un mayor número de complicaciones de la placa (14). No obstante, estas son asociaciones observacionales que no implican causalidad.

La ventaja teórica de este tipo de implante es el parecido entre su módulo elástico y el hueso (1). Existe un único estudio de comparación donde se objetiva la reducción de tiempo quirúrgico y la ausencia de morbilidad en el sitio donante (1). Sin embargo, los trabajos tienen un tamaño pequeño, seguimientos cortos y los grupos de comparación no eran equivalentes en edad. La principal causa de fracaso es infección y requieren de rescate con colgajo de peroné (1). En estos estudios los implantes de PEEK no están diseñados para recibir implantes dentales (lo que compromete la función masticatoria a largo plazo) siendo entonces más apropiado utilizar colgajo de peroné en aquellos casos de pacientes jóvenes con intención de rehabilitación dental (1). En un metaanálisis se analiza la supervivencia de implantes dentales tras trasplante vascularizado de peroné (22). Deberá tenerse en cuenta el pronóstico oncológico y el estado de los tejidos blandos y el plan de rehabilitación oral.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Los andamios biocerámicos y poliméricos son los más prometedores en cuanto a abordaje regenerativo. Sin embargo, están en fase experimental, con evidencia básicamente animal (2, 10, 11, 18). Además, tienen problemas de resistencia mecánica y de vascularización en cuanto a su traslación. En la literatura también se sugieren funcionalizaciones antibacterianas y bioactivas (sobre todo en el PEEK) para disminuir riesgos de infección y mejorar osteointegración (1). Existen además dificultades de tipo regulatorio y de costos. También hay limitaciones en cuanto a disponibilidad de equipos y personal capacitado. Además, sería necesario contar con protocolos estandarizados (2).

Existen algunas limitaciones en este trabajo. En primer lugar, esta es una revisión narrativa. No se ha seguido un protocolo previo. Por ello, tampoco hay un diagrama PRISMA. Además, la búsqueda ha sido dirigida pero no exhaustiva. Puede haber estudios relevantes que no se hayan incluido. También hemos limitado los trabajos a los que están escritos en inglés y en los años 2021-2026. No se ha utilizado una herramienta formal de riesgo de sesgo. Existe también un riesgo de sesgo de publicación (tienden a publicarse más los resultados positivos). Además, puede haber superposición de las poblaciones de algunos estudios. Desde el punto de vista de la investigación, sería importante realizar estudios prospectivos y comparativos (preferentemente multicéntricos), con desenlaces estandarizados (unión ósea, exposición e infección, función masticatoria y fonética, calidad de vida y costos). También es importante el seguimiento largo. Desde el punto de vista de la práctica, nuestros hallazgos apoyan la necesidad de personalizar el tipo de reconstrucción por parte de un equipo multidisciplinario.

CONCLUSIONES

Por otro lado, el uso de planificación virtual (con guías de osteotomía y/o placas preflexionadas o personalizados impresos en 3D) es la aplicación más madura en reconstrucción mandibular; asociando precisión en la reconstrucción y reducción de tiempo quirúrgico. Es particularmente útil para complementar al colgajo libre de peroné (que sigue siendo referencia en pacientes sin comorbilidades significativas). Los beneficios de esta técnica están respaldados por evidencia (en su mayoría estudios retrospectivos de bajo nivel), que requiere ser corroborada con estudios comparativos. En cualquier caso, el uso de planificación virtual es particularmente útil para complementar al colgajo libre de peroné.

Por otro lado, existen alternativas de implantes personalizados (titanio y PEEK) en pacientes seleccionados (sobre todo aquellos donde está contraindicado o ha fallado el colgajo libre de peroné). Los principales problemas de retiro son exposición de la placa e infección. El tipo de material debe ser individualizado (teniendo en cuenta estado de los tejidos blandos, radioterapia, compromiso de la sínfisis y planes de rehabilitación dental). Hasta el momento no hay relaciones causales.

ISSN: 3091-2008
Edición Especial:
Vol. 4 Num. 10, PP 234-245
DOI:
https://doi.org/10.56519/eh8kac17

Por otro lado, también existe una línea de investigación de andamios biocerámicos y poliméricos (con factores bioactivos). Aunque están básicamente en fase preclínica, se requieren estudios prospectivos multicéntricos (con estandarización de desenlaces y seguimiento prolongado) y estudios de costo. Las decisiones terapéuticas deben estar basadas en la evaluación multidisciplinaria de cada caso y en la transparencia de las incertidumbres con el paciente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feng D, Zhang Y, Guo H, Zheng C, Zhang Y, Zhang W, et al. 3D-printed PEEK versus conventional free fibula flap for jaw reconstruction: a comparative clinical study. Front Oncol. 2025;15:1656914. doi:10.3389/fonc.2025.1656914
2. Turek P, Zaborniak M, Grzywacz-Danielewicz K, Bałuszyński M, Lewandowski B, Kluczyński J, et al. A review of the most commonly used additive manufacturing techniques for improving mandibular resection and reconstruction procedures. Appl Sci. 2025;15(17):9228. doi:10.3390/app15179228
3. Molteni G, Gazzini L, Sacchetto A, Nocini R, Comini LV, Arietti V, et al. Mandibular reconstruction in head and neck cancer: which is the gold standard? Eur Arch Otorhinolaryngol. 2023;280(9):3953-65. doi:10.1007/s00405-023-08050-5
4. Bauer E, Mazul A, Zenga J, Graboyes EM, Jackson R, Puram SV, et al. Complications after soft tissue with plate vs bony mandibular reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Otolaryngol Head Neck Surg. 2021;164(3):501-11. doi:10.1177/0194599820949223
5. Mashrah MA, Aldhohrah T, Abdelrehem A, Sakran KA, Ahmad H, Mahran H, et al. Survival of vascularized osseous flaps in mandibular reconstruction: a network meta-analysis. PLoS One. 2021;16:e0257457. doi:10.1371/journal.pone.0257457
6. Lilly GL, Petrisor D, Wax MK. Mandibular rehabilitation: from the Andy Gump deformity to jaw-in-a-day. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2021;6:708-20. doi:10.1002/lio2.595
7. Annino DJ Jr, Sethi RK, Hansen EE, Horne S, et al. Virtual planning and 3D-printed guides for mandibular reconstruction: factors impacting accuracy. Laryngoscope Investig Otolaryngol. 2022;7:1798-807. doi:10.1002/lio2.830
8. Probst FA, Liokatis P, Mast G, Ehrenfeld M. Virtual planning for mandible resection and reconstruction. Innov Surg Sci. 2023;8:137-48. doi:10.1515/iss-2021-0045
9. Oldhoff MGE, Mirzaali MJ, Tümer N, Zhou J, Zadpoor AA. Comparison in clinical performance of surgical guides for mandibular surgery and temporomandibular joint implants fabricated by additive manufacturing techniques. J Mech Behav Biomed Mater. 2021;119:104512. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104512
10. Winarso R, Ismail R, Anggoro PW, Jamari J, Bayuseno AP. A scoping review of the additive manufacturing of mandibular implants. Front Mech Eng. 2023;9:1079887. doi:10.3389/fmech.2023.1079887
11. Dalfino S, Savadori P, Piazzoni M, Connelly ST, Giannì AB, Del Fabbro M, et al. Regeneration of critical-sized mandibular defects using 3D-printed composite scaffolds: a quantitative

evaluation of new bone formation in in vivo studies. Adv Healthc Mater. 2023;12(21):2300128. doi:10.1002/adhm.202300128

12. Hasim BJ, Chuan HK, Halim S. Advancing mandibular reconstruction for ameloblastoma: a literature review on the role of virtual surgical planning and custom 3D implants. J Penelit Pendidik IPA. 2025;11(12):165-71. doi:10.29303/jppipa.v11i12.11069
13. Knitschke M, Sonnabend S, Roller FC, Pons-Kühnemann J, et al. Osseous union after mandible reconstruction with fibula free flap using manually bent plates vs. patient-specific implants: a retrospective analysis of 89 patients. Curr Oncol. 2022;29(5):3375-92. doi:10.3390/curroncol29050274
14. Yang S, Morton Z, Sautter M, Young G, Petrisor D, Chandra SR, et al. Long-term plate complications in patient-specific plates utilizing computer-aided design. Laryngoscope. 2024 Jul 19. doi:10.1002/lary.31640
15. Xue R, Lai Q, Xing H, Zhong C, Zhao Y, Zhu K, et al. Finite element analysis and clinical application of 3D-printed Ti alloy implant for the reconstruction of mandibular defects. BMC Oral Health. 2024;24:95. doi:10.1186/s12903-024-03857-y
16. Haroun F, Benmoussa N, Bidault F, Lassau N, Moya-Plana A, Leymarie N, et al. Outcomes of mandibular reconstruction using three-dimensional custom-made porous titanium prostheses. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2023;124(1):101281. doi:10.1016/j.jormas.2022.09.002
17. Li Y, Li Z, Tian L, Li D, Lu B, Shi C, et al. Clinical application of 3D-printed PEEK implants for repairing mandibular defects. J Craniomaxillofac Surg. 2022;50(8):621-6. doi:10.1016/j.jcms.2022.06.002
18. Cao SS, Li SY, Geng YM, Kapat K, Liu SB, Perera FH, et al. Prefabricated 3D-printed tissue-engineered bone for mandibular reconstruction: a preclinical translational study in primate. ACS Biomater Sci Eng. 2021;7:5727-38. doi:10.1021/acsbiomaterials.1c00509
19. Wu P, Hu L, Li H, Feng L, Liu Y, Zhang S, et al. Clinical application and accuracy analysis of 3D printing guide plate based on polylactic acid in mandible reconstruction with fibula flap. Ann Transl Med. 2021;9:460. doi:10.21037/atm-20-6781
20. Ni Y, Zhang X, Meng Z, Li Z, Li S, Xu ZF. Digital navigation and 3D model technology in mandibular reconstruction with fibular free flap: a comparative study. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2021;122:e59-64. doi:10.1016/j.jormas.2020.11.002
21. Truscott A, Zamani R, Akrami M. Comparing the use of conventional and three-dimensional printing (3DP) in mandibular reconstruction. Biomed Eng Online. 2022;21:18. doi:10.1186/s12938-022-00989-6
22. Liu YB, Wu D, Wang JY, Lun XH, Dai W. Meta-analysis of the survival rate and postoperative infection rate of primary and secondary implants after vascularized fibula transplantation for reconstruction of jaw defects. Int J Implant Dent. 2023;9:51. doi:10.1186/s40729-023-00514-x