

recimundo

Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento

DOI: 10.26820/recimundo/5.(3).sep.2021.346-358

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/1282>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 3213.13 Estomatología

PAGINAS: 346-358



Cirugía digitalmente guiada: avances y perspectivas sobre tecnología digital 3D en periodoncia e implantología

Digitally guided surgery: advances and perspectives on 3D digital technology in periodology and implantology

Cirurgia Digitalmente Guiada: Avanços e perspectivas da tecnologia digital 3D em Periodontia e Implantologia

César Darío Rodríguez Manjarrez¹; Xavier Guillermo Salazar Martínez²

RECIBIDO: 03/07/2021 **ACEPTADO:** 15/07/2021 **PUBLICADO:** 30/08/2021

1. Posgradista de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador; Odontólogo; Quito, Ecuador; drcesrodriguez@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8909-1441>
2. Especialista en Periodoncia y Medicina Oral; Doctor en Odontología; Docente de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador; xgsalazar@uce.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-5053-0101>

CORRESPONDENCIA

César Darío Rodríguez Manjarrez

drcesrodriguez@hotmail.com

Quito, Ecuador

RESUMEN

Antecedentes: Los procedimientos quirúrgicos regenerativos en periodoncia e implantes son realizados de manera analógica con el uso de imágenes en dos dimensiones. El uso de modelos y reconstrucciones 3D así como la impresión 3D, se encuentra en desarrollo para el mejoramiento de las técnicas regenerativas quirúrgicas. **Objetivo:** Identificar alternativas tecnológicas 3D que pueden ser útiles en la planificación y práctica de cirugía regenerativa en periodoncia e implantología, mediante una revisión de literatura. **Metodología:** Primero la búsqueda de la información se realizó en bases de datos (PubMed, Science Direct y Google Scholar), subsecuente la lectura y análisis de artículos de investigación, para pasar a un proceso de selección estricto. **Resultados:** Existe evidencia del uso de tecnología 3D para impresión de dispositivos que ayudan a mejorar la regeneración de tejidos periodontales, así como, la preservación de rebordes alveolares. Se sustenta en la aplicación de diferentes componentes altamente compatibles con células vivas, y se predice su futuro uso en cirugía regenerativa en las áreas de periodoncia e implantología.

Palabras clave: Diseño 3D, odontología 3D, impresión 3D, cirugía periodontal, cirugía implantológica.

ABSTRACT

Background: Regenerative surgical procedures in periodontics and implants are performed traditionally in non digital pathway using two dimensional images. The use of three dimensional (3D) models and reconstructions as well as 3D printing is in development in order to improve regenerative surgical techniques. **Objective:** To identify 3D technological alternatives that can be useful in planning and practice of regenerative surgery in periodontology and implantology, through a literature review. **Methodology:** First the information search was carried out in scientific databases (PubMed, Science Direct and Google Scholar), followed by reading and analysis of research articles, to go through a strict selection process. **Results:** There is evidence of the use of 3D technology for printing devices that help to improve the regeneration of periodontal tissues, as well as the preservation of alveolar ridges. It is based on the application of different components highly compatible with living cells and it is predictable their use in regenerative surgery in areas of dental surgery as periodontics and implantology.

Keywords: 3D design, 3D dentistry, 3D printing, periodontal surgery, implant surgery.

RESUMO

Introdução: Procedimentos cirúrgicos regenerativos em periodontia e implantes são realizados tradicionalmente de forma não digital por meio de imagens bidimensionais. O uso de modelos tridimensionais (3D) e reconstruções, bem como a impressão 3D está em desenvolvimento a fim de melhorar as técnicas cirúrgicas regenerativas. **Objetivo:** Identificar alternativas tecnológicas 3D que possam ser úteis no planejamento e prática da cirurgia regenerativa em periodontologia e implantologia, por meio de uma revisão da literatura. **Metodologia:** Primeiramente foi realizada a busca de informações em bases de dados científicas (PubMed, Science Direct e Google Scholar), seguida da leitura e análise dos artigos de pesquisa, para passar por um rigoroso processo de seleção. **Resultados:** Há evidências do uso da tecnologia 3D para impressão de dispositivos que auxiliam na melhora da regeneração dos tecidos periodontais, bem como na preservação das cristas alveolares. Baseia-se na aplicação de diferentes componentes altamente compatíveis com células vivas e é previsível a sua utilização em cirurgia regenerativa em áreas da cirurgia dentária como a periodontia e a implantologia.

Palavras-chave: Design 3D, odontologia 3D, impressão 3D, cirurgia periodontal, cirurgia de implante.

Introducción

Los procedimientos quirúrgicos dentales se planifican tradicionalmente con el uso de imágenes en dos dimensiones (2D) como lo son las radiografías panorámicas y periapicales, mismas que a pesar de su digitalización no brindan una visión completa de las estructuras anatómicas. El uso solamente de estas imágenes (2D) podrían afectar la planificación de procedimientos quirúrgicos complejos que derivaría en problemas durante la cirugía, fracasos en reposición de tejidos e injertos, desperdicio de material e insumos, consumo de tiempo intra operativo e inclusive fallo total en el resultado esperado. (1,2)

La imagen en tres dimensiones (3D) es una representación de un cuerpo formado a partir de varias tomas o cortes, es el resultado un cálculo paramétrico que se realiza en un procesador. Posee información sobre la profundidad de un objeto su forma y textura por lo que se convierte más en un modelo 3D o reconstrucción 3D a partir de imágenes. (3–5)

A través de los años el uso de estas reconstrucciones en 3D gracias a la tecnología de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT por sus siglas en inglés) y escáneres, ha tomado fuerza en el estudio más profundo sobre técnicas quirúrgicas y planificación. Junto con la aplicación de herramientas digitales como el diseño asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés) y la manufactura asistida por computadora (CAM por sus siglas en inglés). (6–9)

Uno de estos aplicativos digitales (CAD/CAM) es la manufactura aditiva o impresión 3D, misma que usa materiales fácilmente manejables y que se ha vuelto cada vez más accesible. La impresión en 3D ha permitido el paso del modelo digital o reconstrucción 3D a la obtención de un cuerpo físico tangible y manipulable. Como ejemplo el uso de biomodelos o modelos diagnósticos

para estudio de procedimientos complejos, uso de dispositivos previos a una cirugía y entrenamiento de cirujanos. (7,10–12)

El objetivo de esta revisión es identificar los avances en impresión 3D que puedan ser usados como elementos de diagnóstico, planificación y modelado previo a procedimientos quirúrgicos así como la aplicación de dispositivos intra quirúrgicos para mejorar el desarrollo de cirugías, acortar el tiempo de trabajo y obtener resultados más predecibles y precisos.

Mediante una revisión de literatura se centra en la búsqueda de información científica publicada en artículos de revistas de alto impacto, donde se obtienen datos y evidencia sobre la aplicación de estas tecnologías en desarrollo que beneficiarán a los profesionales especialistas en las áreas de cirugía periodontal e implantológica de la región.

Metodología

La realización de esta revisión de literatura fue aceptada por el Instituto de Investigación y Posgrados de la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador. Fue conducida mediante los lineamientos SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles, por sus siglas en inglés)(13), para la evaluación de la calidad y relevancia del contenido y redacción (Tabla 1).

Tabla 1. SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles, por sus siglas en inglés)

Justificación de la importancia del artículo para el lector	<ul style="list-style-type: none"> 0. La importancia no está justificada 1. La importancia se alude, pero no está específicamente explicada 2. Importancia específicamente justificada
Establecimiento de objetivos concretos o formulación de preguntas	<ul style="list-style-type: none"> 0. No existen objetivos o preguntas formuladas 1. Objetivos formulados de manera general pero no concretos o en términos de preguntas claras 2. Uno o más objetivos o preguntas concretas formulados
Descripción de la búsqueda de la literatura	<ul style="list-style-type: none"> 0. La estrategia de búsqueda no es presentada 1. La estrategia de búsqueda es presentada ligeramente 2. La estrategia es descrita a detalle, incluyendo términos de búsqueda y criterios de inclusión
Referencias	<ul style="list-style-type: none"> 0. Declaraciones de importancia no están justificadas con referencias 1. Las referencias de declaraciones de importancia son inconsistentes 2. Declaraciones de importancia están sustentadas con referencias
Razonamiento científico	<ul style="list-style-type: none"> 0. El punto del artículo no está basado en argumentos razonables 1. Evidencia apropiada es introducida de manera selectiva 2. Evidencia apropiada es presentada de manera general
Presentación apropiada de datos (riesgo, intervalos de confianza)	<ul style="list-style-type: none"> 0. Los datos son presentados inadecuadamente 1. Los datos son con frecuencia no presentados de una manera adecuada 2. Los datos relevantes son presentados de manera adecuada

Estrategia de búsqueda

La búsqueda en internet de la información para el presente se realizó utilizando buscadores de bases de datos científicas entre las que se seleccionó: PubMed, Google Scholar y Science Direct. La estrategia de búsqueda con las palabras clave se muestra en la tabla 2, para las diferentes bases de datos. La fecha final de búsqueda fue el

15 de julio de 2021 en todas las bases, se filtraron estudios cuya fecha de publicación no figure mayor a 10 años de antigüedad. La búsqueda de artículos se condicionó a los idiomas español e inglés.

Tabla 2. Estrategia de búsqueda.

Base de datos	Estrategia de búsqueda
PubMed	((3D printing, 3D design[MeSH Terms]) AND (cad cam[MeSH Terms]) AND (periodontal surgery[MeSH Terms]) OR (periodontic surgery[MeSH Terms]) AND (implant surgery[MeSH Terms]) AND (digital dentistry[MeSH Terms])) AND ((y_10[Filter]) AND (fft[Filter]) AND (english[Filter] OR spanish[Filter]))
Science Direct	((3d digital dentistry) OR (3d design)) AND (periodontal surgery) OR (periodontic surgery) AND (implant surgery) AND (guided surgery) AND (3D printing) AND (cad cam)
Google Scholar	allintitle: 3D printing periodontics and implant surgery guided guided OR implant OR surgery "implant guided surgery "

Selección de artículos

Posterior a la búsqueda de artículos se realizó el proceso de selección, donde inicialmente se analizó que los títulos y resúmenes tengan relevancia y concordancia con los objetivos y temática de la presente revisión, así mismo que los artículos posean información completa, y que no se repitan. Los estudios fueron seleccionados por los autores tomando en cuenta detalles de aplicabilidad a la revisión, como los autores, año de publicación, metodología de evaluación, tipos de estudios.

Aplicando criterios de inclusión y exclusión que se definieron como:

Criterios de inclusión

- Estudios publicados con menos de 10 años de antigüedad.
- Estudios experimentales (ensayos clínicos), observacionales (estudios transversales), estudios in vitro, in vivo y en animales.

- Artículos en revistas indexadas (para verificar la indexación en las revistas se utilizó evaluadores de bases de datos Latindex y SCImago)

Criterios de exclusión

- Tesis y tesinas.
- Artículos que no estén en revistas indexadas.
- Opiniones personales, comentarios de expertos o cartas al editor.

Resultados

Luego de la búsqueda en las diferentes bases de datos se obtuvieron un total de 247 artículos, de los que 105 fueron encontrados en PUBMED, 34 en Science Direct y 108 en Google Scholar. De estos fueron excluidos 202 por no poseer relevancia directa con el tema, no tener la información completa o tener texto incompleto o repetirse. A estos 45 artículos se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión obteniendo un total de 12 artículos de investigación para la revisión.

El artículo más antiguo de la revisión fue del año 2014 y el más reciente fue del 2021. La tendencia a encontrar artículos recientes publicados revela el interés creciente en esta área específica de la cirugía periodontal e implantes. Existieron 6 publicaciones provenientes de Korea, 3 de Taiwan, 2 de Estados Unidos, de China y Singapur 1, así como de Holanda con 1 publicación. En cuanto al tipo de estudio se encontró 1 estudio experimental siendo ensayo clínico aleatorizado en humanos, 8 estudios experimentales en modelos animales, 2 estudios in vitro, y 2 estudios con experimentos in vitro y modelo animal.

Los artículos encontrados pertenecen a revistas indexadas según el evaluador web SCImago donde se ratifico su indexación. Además las revistas poseen clasificación Q1 y Q2 sobre índice de citas y relevancia académica.

Impresión 3D para regeneración de tejidos periodontales

La tecnología de diseño e impresión 3D ha mejorado significativamente en los últimos años, permitiendo el desarrollo de sistemas de andamios impresos (scaffold) para promover la organización celular y diferenciación de los tejidos en regeneración.

Lee et al. probó el diseño de andamio impreso en forma de red cúbica basado en material orgánico usando una mezcla de Policaprolactona más Hidroxiapatita en una distribución de 3 fases, con diferentes tamaños de micro canales y espacios entre ellos para los diferentes tipos de tejidos: cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. (14)

Adicional incorporó micro esferas a base de ácido poli glicólico (PLGA por sus siglas en inglés), donde se sintetizaron proteínas como: factor de crecimiento de tejido conectivo (CTGF por sus siglas en inglés) para estimular la diferenciación en tejido óseo

apartir de fibroblastos; proteínas morfogenéticas óseas tipo 2 (BMP2 por sus siglas en inglés) como agente osteoconductor. La observación de marcadores celulares a 4 semanas in vitro obtuvo una alta expresión de marcadores de diferenciación celular en scaffolds con los agregados proteínicos ($p < 0.01$) al compararlos con scaffolds sin agregados. Así mismo en la experimentación en modelo animal encontraron indicios de diferenciación celular similares al obtenido in vitro. Por lo que refieren la ventaja de utilizar impresión 3D para organizar un scaffold útil con diferentes tamaños dependiendo del tejido a regenerar. (14)

Otro grupo de estudio abordó la regeneración de tejidos periodontales de acuerdo a la jerarquía y complejidad tisular. En un modelo animal insertaron andamios de policaprolactona e hidroxiapatita con un diseño específico en su entramado micro estructural, para optimizar el alineamiento celular, modelando espacios específicos para células óseas y de tejidos similares a los periodontales; comparado con un andamio puro sin especificaciones estructurales. (15)

Los resultados arrojaron una mayor densidad de material mineralizado en el volumen óseo ($p < 0.0001$) a 3 meses en andamios micro estructurado, una más eficiente alineación celular a 3 y 6 meses ($p < 0.001$ and $p < 0.0001$) versus andamio puro. Así mismo el crecimiento en grosor de fibras colágenas en una micro estructura específica resultó ser mayor ($p < 0.0001$) que en sitios sin estructura especial. Resaltando la utilidad del diseño de andamios en su estructura y tamaño para crear ambientes óptimos de crecimiento celular, de tejidos mineralizados y similares a los periodontales. (15)

Sin embargo para que la impresión 3D llegue a ser un método confiable y biológicamente aceptable se evalúa su uso en combinación y cultivo de células humanas, autores probaron el comportamiento de an-

damios impresos en 3D añadiendo células cultivadas de tejido periodontal humano para observar su potencial de crecimiento celular y diferenciación. Realizando pruebas de diferente índole, observó que el andamio impreso permitió la viabilidad celular, al evidenciar mayor cantidad de células vivas. La adhesión celular también se comprobó en mayor proporción gracias a la incorporación de alginato de sodio, gel e hidroxiapatita. Finalmente el nivel de crecimiento celular fue significativo ($p > 0.05$) en andamios impresos donde se incorporaron los elementos antes mencionados y las células cultivadas. (16)

Así mismo otro grupo de estudio utilizó la impresión 3D como mecanismo para usar materiales derivados de matriz de dentina desmineralizada para promover la diferenciación de células odontogénicas así como su compatibilidad con las mismas. Realizando pruebas de viabilidad y crecimiento celular, lograron demostrar que se puede imprimir en 3D mezclando con polímeros tipo poliprolactona y matriz dentinal desmineralizada, misma que permite una viabilidad celular de más del 95% al cultivar con células progenitoras de pulpa dental. Mencionan la capacidad a futuro de la tecnología para impresión de andamios con capacidades regenerativas con células humanas, que permitiría la personalización estructural y de tamaño para cada escenario clínico, hito que no es fácilmente lograble con los materiales disponibles al momento. (17)

La necesidad de obtener cultivos celulares que se asemejen a los tejidos periodontales, se han propuesto varios modelos experimentales a lo largo de los años, Lee et al. Propone utilizar lo que denomina "implantes híbridos" creados a partir de impresión 3D. En un inicio obtuvieron células a partir de restos de ligamento periodontal de terceros molares extraídos, y las cultivaron en medios apropiados de crecimiento. (18)

Como paso a la hibridación, dispositivos implantarios fueron impresos en titanio de grado médico, los dividieron en grupos y sobre dos de ellos se imprimió en 3D con otro sistema creando una capa impresa de células de tejido periodontal humano cultivado; en los otros grupos se realizó solamente un baño a la superficie de los implantes. En su modelo experimental en animales implantaron los dispositivos en defectos óseos creados para observar la diferenciación celular. (18)

Las muestras fueron obtenidas a las 6 semanas post cirugía, donde se evidenció la diferencia significativa ($p > 0.05$) en el potencial de crecimiento de tejido fibroso conectivo en los grupos donde fue impresa la capa de células periodontales cultivadas, mientras que en los otros dos grupos no existió diferenciación de tejido fibroso sino ocurrió la oseo integración. Con lo que concluyen que la impresión 3D aplicada a la bioingeniería de tejidos es posible para obtener diferenciaciones celulares de importancia en la terapia de regeneración tisular. (18)

Impresión 3D para regeneración de tejido óseo

La impresión 3D con Policaprolactona se ha probado como andamio en diferentes estudios para comprobar su efectividad como estructura de regeneración, tal es el caso, Goh et al. realizó un estudio clínico aleatorizado usando pacientes con alveolos frescos posterior a extracciones dentales para colocación de implantes retardados a 6 meses, rellenando con andamio impreso a base de Policaprolactona en 6 pacientes, y el grupo control (7 pacientes) sin andamio. Después de 6 meses se obtuvo una muestra con trefina del sitio post extracción para ser analizado mediante micro tomografía e histología. (19)

El estudio afirma la menor pérdida ósea a nivel alveolar es decir un mejor mantenimiento del nivel óseo, donde la mayor sig-

nificancia tuvo lugar a nivel de la pared mesio vestibular ($p=0.008$), comparado con el grupo control. (19)

Para comparar con métodos ya conocidos autores realizaron experimentación utilizando en una de sus fases un modelo animal para probar la eficacia clínica de un andamio a base de policaprolactona, ácido poliláctico y fosfato β -tricálcico impreso con tecnología 3D en comparación con las conocidas membranas de titanio para regeneración ósea guiada alrededor de implantes. Fue conducido en 24 especímenes a los que colocaron andamio, membrana y grupo control ($n=8$) en cantidades iguales. (20)

Después de 8 semanas post cirugía fueron obtenidos bloques de hueso e implantes para observación. Resultando el crecimiento óseo con andamio impreso en un nivel mayor y considerable al ser comparado con el grupo control ($p<0.05$), buena aceptación de tejidos y mantenimiento de estructura en andamios que no se reabsorbieron completamente. Cuando comparadas con membranas de titanio, no existió una diferencia significativa con andamio impreso ($p>0.05$), lo cual indica que el uso de andamio impreso en 3D se puede equiparar al titanio para regeneración ósea guiada e ingeniería de tejidos. (20)

Así mismo Park et al. Describe su estudio en modelo animal, para demostrar el uso de impresión 3D a base de policaprolactona en defectos óseos en forma de silla de montar creados después de la extracción de órganos dentales. Añadiendo a este experimento polvo de fosfato beta tricálcico (β -TCP) para el estímulo de crecimiento óseo. Modelaron un bloque específico para cada sitio gracias a la exploración por tomografía computarizada de los 4 especímenes, después de la extracción de dientes, usando impresión 3D por dispensador a temperatura y bañando luego el material con el conductor tricálcico (β -TCP), para ser implantados 2 semanas post extracciones. (21)

Se conformó tres grupos, donde el primero se usarían bloques con espesor de entramado de 400×400 micras (μm), el segundo con espesores de $400 \times 1200 \mu m$, y el tercero control con policaprolactona triturada solamente. Se realizaron pruebas tomográficas e histológicas donde se encontró el mayor nivel de formación de hueso en el grupo con bloques de $400 \times 1200 \mu m$, y el menor nivel en el grupo con PCL triturado. A pesar de que el bloque de $400 \times 1200 \mu m$ tuvo un mejor nivel de formación, no obtuvo una diferencia significativa ($p=0.178$) contra el bloque de $400 \times 400 \mu m$. (21)

Histológicamente los grupos con bloques de PCL mostraron un mantenimiento vertical bueno en altura ósea de los defectos ($p=0.037$), comparado a los grupos con PCL triturado donde la altura no se mantuvo y hubo reabsorción ósea. Evidenciando una capacidad adecuada del material impreso para mantener paredes óseas y evitar la reabsorción que se presenta fisiológicamente en sitios post extracción. (21)

La combinación de elementos que han sido probados para mejorar las características biológicas en regeneración de tejidos es amplia, en este estudio Chiu et al. Comparó andamios impresos en 3D por dispensador a temperatura, el primero de silicato de calcio (CaS) y el segundo agregando a la fórmula estroncio (SrCaS) por mostrar mejores cualidades mecánicas. Pruebas mecánicas, biológicas, de crecimiento celular, radiografías y tomografías fueron efectuadas. También se llevo a cabo un experimento in vivo en modelo animal donde insertaron bloques impresos de las dos formulaciones para evidenciar el crecimiento óseo. (22)

Las muestras fueron obtenidas a 4 y 8 semanas después de la implantación donde se demostró mayor crecimiento de hueso ($p > 0.05$) con estroncio (SrCaS) en comparación con el compuesto base (CaS). Observaron la plausibilidad biológica de la impresión 3D para la formación de estruc-

turas para regeneración, así como, la modificación con sustancias como el estroncio que inhibe la reabsorción ósea, y mejora la diferenciación celular de las células mesenquimales para la proliferación ósea. (22)

En cuanto a la regeneración ósea el aumento de reborde es uno de los objetivos que más se dificulta a la hora de crear una altura óptima para la colocación de implantes o mantenimiento de un terreno protésico adecuado. En este experimento el equipo de Chang et al. Probó la creación de andamios a base de hidroxiapatita y ácido poliláctico-glicólico impresos en 3D por dispensador, como potencial para el aumento de reborde. (23)

Utilizando animales injertaron un implante de titanio en tres diferentes grupos, donde el primero llevaría el andamio impreso alrededor del tornillo, el segundo hueso particulado desmineralizado alrededor del tornillo y el tercero sin colocar material alrededor del tornillo. La evaluación a las 4 y 8 semanas fue la formación de hueso y mantenimiento del volumen mayor en los grupos con andamio y hueso particulado ($p < 0.001$ para ambos) que el sitio sin material. Los resultados demostraron que el andamio impreso en 3D tuvo la capacidad de brindar un soporte estructural adecuado para la formación de nuevo hueso, permitiendo la osteogénesis de nueva materia ósea en el entramado del andamio así como alrededor de la superficie del tornillo de titanio. (23)

Para las capacidades biológicas, el grupo de estudio experimentó con andamios cerámicos impresos en 3D para rellenar y mantener la estructura ósea en alveolos post extracción. Con una formulación de hidroxiapatita y fosfato tricálcico usando modelado digital e impresión 3D por procesamiento digital por luz (DLP), eliminando la mayor cantidad de polímeros tóxicos. Usando un modelo animal para el experimento donde 48 sitios fueron evaluados, el primero con scaffold impreso, el segundo con partí-

culas de hidroxiapatita y fosfato tricálcico, y el tercero control sin colocar material; todos los sitios fueron cubiertos con membrana de colágeno de alta duración. (24)

Las observaciones tomográfica e histomorfométricas fueron realizadas a 4 y 8 semanas, donde se encontró que a las primeras 4 semanas no se encontraron diferencias significativas en volumen óseo en los grupos de scaffold y particulado ($p > 0.05$). A las 8 semanas por otro lado se evidenció diferencia significativa entre los grupos de scaffold y particulado en el volumen total de hueso formado ($p < 0.05$). Concluyendo que en orden de mayor hueso formado fue: scaffold, particulado y sitio donde no se colocó material. El scaffold biocerámico mencionan los autores provee una estabilidad adecuada para la formación de hueso y brinda ventajas operatorias en su uso. (24)

Como lo mencionado anteriormente el método de impresión 3D digital por luz es una de las más usadas actualmente, para la aplicación biológica del mismo el equipo de Lim et al. probó la creación de andamios cerámicos a partir de hidroxiapatita y fosfato tricálcico en impresora DLP, con diferentes arquitecturas de porosidad para observar la cantidad de hueso que puede regenerarse. En un modelo animal introdujeron quirúrgicamente scaffolds de 0.8, 1.0, 1.2, y 1.4 mm de porosidad. Las evaluaciones tomográficas e histomorfométricas fueron a 4 y 8 semanas, en las relaciones entre el tamaño de porosidad y crecimiento óseo a las 4 semanas, los poros de 0.8 y 1.0 mm. mostraron menor formación ósea comparado a los modelos de 1.2 y 1.4 mm. ($p < 0.05$). (25)

Sin embargo a las 8 semanas no existieron diferencias significativas en la formación ósea entre poros de 0.8, 1.0, 1.2, y 1.4 mm. ($p > 0.05$). Los autores concluyen que la medida de los poros en la arquitectura del andamio puede influenciar en la formación de nuevo hueso en la etapa inicial de regeneración, lo que sería útil en su utilización

para diferentes escenarios clínicos a largo plazo, sin embargo sugieren más estudios al respecto para determinar una influencia directa. (25)

De acuerdo a la escala SANRA utilizada para valorar revisiones de literatura, el presente obtiene un total de 10 puntos lo que indicaría que es una revisión con valor académico y de calidad. Sin embargo a mencionar de los autores esta escala no pretende asignar un valor de calidad específico y es comprensible la variación entre lectores. Según la experiencia de los autores una puntuación por debajo de 4, calificaría como una revisión de calidad muy pobre. (13)

Discusión

La tecnología de digitalización e impresión 3D ha dado grandes pasos en su desarrollo en los últimos años, el interés en conocer las aplicaciones diagnósticas y de planificación así como la construcción de sistemas impresos para promover un mejor resultado clínicos ha aumentado en los diferentes grupos de estudio. En la presente revisión de la literatura se encontró evidencia del trabajo realizado en este campo, al analizar la información se obtuvo que los indicios más llamativos se encuentran enfocados hacia la impresión de andamios (scaffolds) para promover la regeneración ósea y de tejidos periodontales.

De una búsqueda en bases de datos como Pubmed, Science Direct y Google Scholar se encontraron 12 artículos de texto completo aptos para ser analizados, de los que se ha detallado los tipos de estudio como in vitro, in vivo en modelos animales y 1 experimento en humanos.

Roseti et al. Mencionan requisitos biológicos y estructurales para que un scaffold pueda ser aplicable para utilización en ingeniería de tejidos, la posibilidad de la modificación estructural es crucial para la aplicación, los

resultados de la revisión han demostrado que existen varios mecanismos digitales para la obtención de imágenes a través de tomografía computarizada y escáneres para tener la capacidad fabricar un scaffold a medida de cada necesidad, más aún, se evidencia la posibilidad de combinar diferentes grosores y tamaños de canales para promover la diferenciación de células y tejidos de acuerdo al objetivo clínico final. (14,15,26)

Así mismo los ensayos realizados en animales que se han encontrado en esta revisión demuestran la compatibilidad biológica de los diferentes materiales que pueden ser usado para impresión de andamios, elementos como la policaprolactona, hidroxapatita y fosfatos de calcio, muestra un excelente comportamiento al estar en contacto con tejidos y células vivas, sin presentar mayoritariamente reacciones de histocompatibilidad o de rechazo en los modelos experimentales. (14,20,24–26)

La regeneración de tejidos periodontales siempre ha tenido alto interés de estudio, hace más de dos décadas se utilizaban fragmentos de fibras de ligamento periodontal en estudios clínicos para la mejora la regeneración periodontal y la creación de nuevo cemento radicular. El paradigma ha sido si es posible imprimir o adicionar células de cultivos de origen periodontal para la creación de nuevos tejidos, en esta revisión se evidencia la utilización de varios autores de cultivos celulares de tejido periodontal que se ha dispuesto en biomateriales, hidrogeles y demás para promover el crecimiento. Ha demostrado ser un método útil para diferenciar las células conectivas, de tejido dentinal pulpar y óseo. (16,17,27)

Los estudios utilizan diferentes materiales para la impresión 3D como la policaprolactona, polímero que facilita el modelado e impresión 3D. La policaprolactona se puede utilizar en estado puro o mezclado con componentes con los fosfatos tricálcicos

para mejores sus características. Autores mencionan su uso favorable al no perder de manera temprana sus capacidades estructurales así como permitir la filtración de células en el entramado lo que permite la formación de tejidos. (14,15,17,19–21,28)

Grupos de estudio han combinado materiales para la formación de tejidos similares al ligamento periodontal, es así que, el uso de andamios impresos combinando policaprolactona para la generación ósea y la combinación con ácidos poliglicólicos para el tejido blando, ha dado lugar a la obtención de fibras orientadas entre ambos materiales que han asemejado a un tejido similar al cemento radicular. El manejo de diferentes tamaños en el entramado y el diseño de los andamios permite la diferenciación de células en el complejo compuesto periodontal. Mencionan como una ventaja la capacidad de modular estas estructuras, ya que los objetivos de generación de tejido están íntimamente relacionados con el sitio donde se colocaría uno y otro andamio.

De la misma manera el cultivo de células para potencializar las capacidades regenerativas es amplio, estudios han usado factor de crecimiento de tejido conectivo (CTGF), proteínas morfogenéticas óseas tipo 2 (BMP2), matriz dentinal desmineralizada entre otros los que han promovido la generación de tejidos similares a los de origen. El cultivo de células es un proceso complejo donde intervienen varios métodos y aparatología, sin embargo muestra una capacidad biológica plausible en el tiempo para los objetivos de regeneración tanto en defectos periodontales como en pérdidas óseas que requieran tratamiento oportuno. (14,17,18,27)

Conclusiones

El desarrollo de tecnología 3D se desarrolla de manera secuencial en la odontología moderna, las investigaciones apuntan a la proliferación de métodos y técnicas que

permitan utilizar el modelado e impresión 3D para mejorar los resultados clínicos en periodoncia e implantología. Las imágenes que se obtienen a través de métodos radiográficos y por escáner poseen relevancia clínica al momento de la planificación de procedimientos quirúrgicos.

La impresión 3D avanza al campo de la regeneración de tejidos periodontales y de aumento de reborde alveolar, dado que se han propuesto varios materiales que pueden brindar un ambiente propicio para la diferenciación de grupos celulares.

Las micro estructuras que son usadas en procedimientos regenerativos son modeladas específicamente con tamaños adecuados para el tejido que se pretende formar, es así que la diversificación de tamaños de canales y de formas de entramado es fundamental para permitir la generación de tejidos de diferente composición celular.

Los compuestos como la policaprolactona y el ácido poliglicólico son los biomateriales más usados para la construcción de scaffolds a partir de impresión 3D, brindando una excelente resistencia mecánica y buena compatibilidad para permitir la adherencia de otros componentes químicos o de células, su estudio y perfeccionamiento es esperado para la aplicación en experimentos humanos.

Bibliografía

1. Omami G, Al Yafi F. Should Cone Beam Computed Tomography Be Routinely Obtained in Implant Planning? *Dent Clin North Am.* 2019;63(3):363–79.
2. Rodriguez y Baena R, Beltrami R, Tagliabo A, Rizzo S, Lupi SM. Differences between panoramic and Cone Beam-CT in the surgical evaluation of lower third molars. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(2):e259–65.
3. Konrad J, Wang M, Ishwar P. 2D-to-3D image conversion by learning depth from examples. *IEEE Comput Soc Conf Comput Vis Pattern Recognit Work.* 2012;16–22.

4. Bernard L, Vercruyssen M, Duyck J, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. A randomized controlled clinical trial comparing guided with non-guided implant placement: A 3-year follow-up of implant-centered outcomes. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;121(6):904–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.09.004>
5. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2019;63(2):175–97. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.11.002>
6. Zhou W, Liu Z. CLINICAL FACTORS AFFECTING THE ACCURACY OF GUIDED IMPLANT SURGERY — A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS. *J Evid Based Dent Pract* [Internet]. 2018;18(1):28–40. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2017.07.007>
7. Katkar RA, Taft RM, Grant GT. 3D Volume Rendering and 3D Printing (Additive Manufacturing). *Dent Clin North Am* [Internet]. 2018;62(3):393–402. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.003>
8. Al Yafi F, Camenisch B, Al-Sabbagh M. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? *Dent Clin North Am* [Internet]. 2019;63(3):381–97. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2019.02.006>
9. Borges GJ, Ruiz LFN, Alencar AHG De, Porto OCL, Estrela C. Cone-beam computed tomography as a diagnostic method for determination of gingival thickness and distance between gingival margin and bone crest. *Sci World J*. 2015;2015.
10. Greenberg AM. Digital Technologies for Dental Implant Treatment Planning and Guided Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* [Internet]. 2015;27(2):319–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.coms.2015.01.010>
11. Zeller S, Guichet D, Kontogiorgos E, Nagy WW. Accuracy of three digital workflows for implant abutment and crown fabrication using a digital measuring technique. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;121(2):276–84. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.04.026>
12. Guichet DL. Digital Workflows in the Management of the Esthetically Discriminating Patient. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2019;63(2):331–44. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.11.011>
13. Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S. SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Res Integr Peer Rev*. 2019;4(1):2–8.
14. Lee CH, Hajibandeh J, Suzuki T, Fan A, Shang P, Mao JJ. Three-dimensional printed multiphase scaffolds for regeneration of periodontium complex. *Tissue Eng - Part A*. 2014;20(7–8):1342–51.
15. Pilipchuk SP, Monje A, Jiao Y, Hao J, Kruger L, Flanagan CL, et al. Integration of 3D Printed and Micropatterned Polycaprolactone Scaffolds for Guidance of Oriented Collagenous Tissue Formation In Vivo. *Adv Healthc Mater*. 2016;5(6):676–87.
16. Tian Y, Liu M, Liu Y, Shi C, Wang Y, Liu T, et al. The performance of 3D bioscaffolding based on a human periodontal ligament stem cell printing technique. *J Biomed Mater Res - Part A*. 2021;109(7):1209–19.
17. Han J, Jeong W, Kim MK, Nam SH, Park EK, Kang HW. Demineralized dentin matrix particle-based bio-ink for patient-specific shaped 3d dental tissue regeneration. *Polymers (Basel)*. 2021;13(8).
18. Lee U-L, Yun S, Cao H-L, Ahn G, Shim J-H, Woo S-H, et al. Ligament Regeneration. *Cells*. 2021;10(1337):1–12.
19. Goh BT, Teh LY, Tan DBP, Zhang Z, Teoh SH. Novel 3D polycaprolactone scaffold for ridge preservation - a pilot randomised controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*. 2015;26(3):271–7.
20. Shim JH, Won JY, Sung SJ, Lim DH, Yun WS, Jeon YC, et al. Comparative efficacies of a 3D-printed PCL/PLGA/ β -TCP membrane and a titanium membrane for guided bone regeneration in beagle dogs. *Polymers (Basel)*. 2015;7(10):2061–77.
21. Park SA, Lee HJ, Kim KS, Lee SJ, Lee JT, Kim SY, et al. In vivo evaluation of 3D-printed polycaprolactone scaffold implantation combined with β -TCP powder for alveolar bone augmentation in a beagle defect model. *Materials (Basel)*. 2018;11(2).
22. Chiu YC, Shie MY, Lin YH, Lee AKX, Chen YW. Effect of strontium substitution on the physicochemical properties and bone regeneration potential of 3D printed calcium silicate scaffolds. *Int J Mol Sci*. 2019;20(11).
23. Chang PC, Luo HT, Lin ZJ, Tai WC, Chang CH, Chang YC, et al. Preclinical evaluation of a 3D-printed hydroxyapatite/poly(lactic-co-glycolic acid) scaffold for ridge augmentation. *J Formos Med Assoc* [Internet]. 2021;120(4):1100–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.10.022>
24. Kim JW, Yang BE, Hong SJ, Choi HG, Byeon SJ, Lim HK, et al. Bone regeneration capability of 3D printed ceramic scaffolds. *Int J Mol Sci*.

2020;21(14):1–13.

25. Lim HK, Hong SJ, Byeon SJ, Chung SM, On SW, Yang BE, et al. 3D-printed ceramic bone scaffolds with variable pore architectures. *Int J Mol Sci*. 2020;21(18):1–12.
26. Roseti L, Parisi V, Petretta M, Cavallo C, Desando G, Bartolotti I, et al. Scaffolds for Bone Tissue Engineering: State of the art and new perspectives. *Mater Sci Eng C [Internet]*. 2017;78:1246–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2017.05.017>
27. Nesic D, Durual S, Marger L, Mekki M, Sailer I, Scherrer SS. Could 3D printing be the future for oral soft tissue regeneration? *Bioprinting*. 2020;20.
28. Rider P, Kačarević ŽP, Alkildani S, Retnasingh S, Schnettler R, Barbeck M. Additive manufacturing for guided bone regeneration: A perspective for alveolar ridge augmentation. Vol. 19, *International Journal of Molecular Sciences*. 2018. 1–35 p.

CITAR ESTE ARTICULO:

Rodríguez Manjarrez, C. D., & Salazar Martínez, X. G. (2021). Cirugía digitalmente guiada: avances y perspectivas sobre tecnología digital 3D en periodoncia e implantología. *RECIMUNDO*, 5(3), 346-358. [https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(3\).sep.2021.346-358](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(3).sep.2021.346-358)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.