

**REVISION BIBLIOGRAFICA: CONFECCIÓN DE UNA GUÍA PARA
MICROCIRUGIA ENDODONTICA**

POR: VICTOR IGNACIO AGUILERA ACEVEDO

**Tesina presentada a la Facultad de las Ciencias de la Salud de la Universidad
Del Desarrollo para optar por el Título de Especialista en Endodoncia.**

PROFESOR GUÍA

Dr. JORGE EDUARDO GONZÁLEZ BUSTOS

Junio, 2022

CONCEPCIÓN

© Se autoriza la reproducción de fragmentos de esta obra para fines académicos o de investigación, siempre que se incluya la referencia bibliográfica.

A Dios por ser mi guía, a mis padres y hermana por su apoyo y amor incondicional.

TABLA DE CONTENIDOS.

	Página
DEDICATORIA.....	.iii
TABLA DE CONTENIDOS.....	.iv
INDICE DE TABLAS.....	.v
INDICA DE FIGURAS.....	.vi
RESUMEN.....	.vii
INTRODUCCIÓN.....	.1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	.5
1.1 Antecedentes.....	.5
1.2 Problema.....	.8
1.2.1 Pregunta de investigación.....	.8
1.2.2 Objetivo general.....	.8
1.2.3 Objetivo específico.....	.9
1.3 Justificación del problema.....	.9
CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	.10
2.1 Diseño.....	.10
2.2 Estrategia de búsqueda.....	.11
CAPITULO III. MARCO TEORICO.....	.12
3.1 Confección de una guía para microcirugía endodóntica.....	.12
3.2 Limitaciones de la técnica.....	.28
3.3 Resultados.....	.30
CAPITULO IV. DISCUSION.....	.34
CAPITULO V. CONCLUSIONES.....	.38
BIBLIOGRAFIA.....	.40
ANEXOS.....	.44

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1. Estrategia de búsqueda, en las diferentes bases de datos electrónicos.....	11
Tabla N°2. Análisis metodológico con respecto a estudios relacionados.....	30

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3-1. Guía para microcirugía endodóntica sobre el modelo virtual.....	14
Figura 3-2. Escaneo óptico de modelo de yeso.....	17
Figura 3-3. Escaneo óptico de una impresión.....	17
Figura 3-4. Uso de escáner óptico, captura de tejidos blandos y coronas.....	18
Figura 3-5. Unión de CBCT y datos STL de arco mandibular.....	20
Figura 3-6. Marcadores fiduciales e impresión para la toma de CBCT.....	21
Figura 3-7. Representación en 3D de dientes y huesos con impresión asentada, marcadores fiduciales y CBCT de la impresión.....	21
Figura 3-8. Inversión de impresión con marcadores fiduciales en la cubeta de impresión.....	22
Figura 3-9. Representación 3D de la impresión.....	22
Figura 3-10. Reconstrucción CBCT y 3D a partir de una impresión óptica.....	23
Figura 3-11. Unión de datos CBCT con los archivos STL.....	24
Figura 3-12. Cálculo de volumen de la osteotomía.....	26
Figura 3-13. Prueba de guía quirúrgica sobre modelo de yeso.....	28
Figura 3-14. Prueba de guía quirúrgica sobre el diente.....	28

RESUMEN

Introducción: La microcirugía endodóntica es un procedimiento predecible para tratar la periodontitis apical, este procedimiento está indicado cuando el acceso ortógrado a la porción apical del sistema de conductos radiculares no es efectivo o técnicamente posible. Sería un beneficio significativo para el objetivo de minimizar las manipulaciones quirúrgicas no deseadas planificar previamente la localización y la angulación exacta en un acceso periapical, estos objetivos pueden alcanzarse utilizando imágenes tridimensionales y una guía quirúrgica asistida.

Objetivo: El propósito de esta revisión es exponer estudios que determinen la forma de confección de una guía para microcirugía endodóntica.

Materiales y métodos: Se realizó una búsqueda de literatura y estudios a través de motores de búsqueda PubMed, Science Direct, revista científica Journal of Endodontics y de tesis de postgrado de endodoncia en biblioteca de Universidad del Desarrollo, con un total de 21 artículos seleccionados.

Resultados: el uso de guía quirúrgica impresa diseñada por CBCT es un método preciso para acceder a la porción apical de la raíz durante la endodoncia quirúrgica.

Conclusión: con el uso de guías quirúrgicas impresas en 3D se logra llevar a cabo el concepto de “odontología mínimamente invasiva”, ya que permite al clínico tener un acceso con mayor precisión y consistencia al ápice de la raíz, en una ubicación anteriormente planificada, evitando o minimizando los riesgos de daño iatrogénico. Sin embargo, el tiempo, el costo, la experiencia requerida para usar el software y la necesidad de guías quirúrgicas que se puedan imprimir en 3D hacen que no esté al alcance de todos.

Palabras Claves: endodontics, surgery, microsurgery, guided, preparation guided, surgical endodontics y 3D design.

INTRODUCCIÓN

La microcirugía endodóntica es un procedimiento predecible para tratar la periodontitis apical persistente y recurrente. El procedimiento está indicado cuando el acceso ortógrado a la porción apical del sistema de conductos radiculares no es efectivo o técnicamente posible. Los motivos pueden variar desde la extracción innecesaria de una restauración coronal sana o un daño irreparable, como una fractura, durante el desmontaje de un poste extenso con una prótesis fija unitaria. El objetivo de la microcirugía endodóntica es localizar el ápice de la raíz enferma, resección de los 3 mm apicales, preparar con ultrasonido el extremo radicular 3 mm y rellenar con un material que sea biocompatible y tenga excelentes capacidades de sellado. En los últimos años, los avances tecnológicos han intentado hacer que este proceso sea más fácil y predecible, especialmente en áreas de difícil acceso para la cirugía de rutina. Algunos avances que han afectado positivamente a la técnica son las imágenes preoperatorias de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para identificar puntos de referencia anatómicos y el uso de biocerámicos más nuevos y fácilmente manipulables que se utilizan como materiales de obturación del extremo de la raíz. La tecnología moderna avanzada brinda una nueva oportunidad para acceder quirúrgicamente a áreas inaccesibles con un resultado más predecible. (Popowicz, 2019).

La cirugía periapical se beneficiaría enormemente de una mejor planificación y un acceso preciso, estos objetivos pueden alcanzarse utilizando imágenes tridimensionales y una guía quirúrgica asistida. La tomografía computarizada (TC) es un método ampliamente utilizado para otros procedimientos de planificación dental, más recientemente, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) ha hecho que esta modalidad de imagen sea útil para procedimientos dentales, además, las aplicaciones de software para planificar osteotomías de implantes dentales virtuales se han combinado con tecnología de diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) para fresar o imprimir guías quirúrgicas precisas, esto ha sido confirmado in vitro e in vivo. (Pinsky 2006).

Sería un beneficio quirúrgico significativo para el objetivo de minimizar las manipulaciones quirúrgicas no deseadas planificar previamente la localización y la angulación exacta en un acceso periapical. Una guía correcta podría ampliar el número de dientes que podrían considerarse candidatos quirúrgicos, porque cuanto más exacta se pueda hacer la apertura de acceso para la cirugía apical, menor será la probabilidad de tener complicaciones quirúrgicas y más fácil será mantener un menor tamaño del sitio quirúrgico. (Pinsky 2006).

Los archivos CBCT, Digital Imaging and Communications in Medicine, (DICOM) convertidos en archivos de estereolitografía (STL) se han utilizado en la confección de guías quirúrgicas impresas tridimensionales (3DSG) para la colocación de implantes. Un número limitado de artículos documenta las aplicaciones de la

impresión tridimensional (3D) en endodoncia para usar como modelos de planificación pre quirúrgica, guías de acceso endodóntica, retracción quirúrgica de partes blandas y localización del sitio de acceso de osteotomía. La precisión y la utilidad inherentes a los diseños 3DSG preoperatorio aún no se han desarrollado e implementado completamente en microcirugía endodóntica. (Giacomino, 2018).

Recientemente, se ha informado sobre el concepto de “endodoncia guiada”, en el que se utilizan guías diseñadas por computadora para la preparación de la cavidad de acceso y cirugía endodóntica, con el fin de lograr resultados predecibles y seguros. Los estudios preclínicos han informado una alta precisión del procedimiento de acceso en la cirugía sin verse influenciado por la experiencia del operador, además, el uso de una guía para microcirugía endodóntica puede reducir el tiempo de sillón. (Moreno-Rabié, 2019).

El moderno procedimiento microquirúrgico endodóntico ha ido evolucionando al ritmo de los avances de la tecnología. La introducción de innovaciones como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la tecnología de impresión tridimensional (3D) y una guía quirúrgica 3D diseñada con software asistido por computadora ha permitido un novedoso enfoque a la microcirugía endodóntica. (Popowicz,2019). Este novedoso concepto podría ayudar a los clínicos durante los tratamientos a evitar la eliminación innecesaria de tejido, evitar complicaciones y, por lo tanto, mejorar el pronóstico del tratamiento. (Moreno-Rabié, 2019).

Dado que el software 3D para la planificación de implantes pre quirúrgicos se ha utilizado con éxito, su precisión se puede adaptar igualmente a la resección del extremo de la raíz, lo que brinda un control significativamente mejorado sobre la localización y la profundidad de acceso. En el campo de la endodoncia, se intentó el uso de guías quirúrgicas que reprodujeran la morfología del conducto radicular para el tratamiento de casos complejos, que no eran tratables con el procedimiento convencional a mano alzada. (Kim, 2019).

Las aplicaciones recientes de impresión 3D en la literatura de endodoncia apuntan a un posible cambio de paradigma en la forma en que se logran los desafiantes tratamientos de endodoncia quirúrgicos y no quirúrgicos. (Anderson, 2018).

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Esta revisión sistemática con análisis narrativo tiene como finalidad conocer el procedimiento para realizar la confección de una guía en microcirugía endodóntica, ya que, la microcirugía endodóntica convencional en algunos casos es difícil de abordar por la localización del ápice. Este estudio, ayudará al clínico a manejar otra opción para abordar casos complejos en microcirugía endodóntica.

La localización intraoral directa del ápice de la raíz basada en la información tridimensional es extremadamente difícil y es inevitable una cantidad significativa de extracción de hueso cuando se emplea un procedimiento quirúrgico a mano alzada. Además, generalmente se requiere un colgajo gingival y una fenestración del hueso alveolar, lo que conduce a un tiempo prolongado de cirugía, lo que aumenta la posibilidad de traumatismo y riesgo de infección. (Kim, 2019).

Uno de los principales problemas en la endodoncia quirúrgica es preparar una cavidad ósea mínimamente invasiva para permitir suficiente espacio para realizar una apicectomía correcta, retrógrada y con una eliminación mecánica de la lesión, la endodoncia quirúrgica es una opción de retratamiento complejo que requiere habilidad y experiencia. Los resultados óptimos solo se pueden lograr si el

diagnóstico es preciso, se seleccionan los casos apropiados y si el procedimiento se realiza con un alto estándar. Sin embargo, la tecnología computarizada podría ser útil tanto para los profesionales calificados como para los menos experimentados para planificar y ejecutar los pasos del procedimiento. Los sistemas de navegación dinámica se introdujeron inicialmente para realizar la implantología asistida por computadora, la ventaja clínica es dar una forma fácil de usar y precisa para planificar la colocación deseada del implante en un paciente virtual y luego ejecutar la planificación en el paciente real. Estos sistemas podrían ser teóricamente utilizados en otros servicios dentales, incluida la endodoncia. (Gambarini, 2019).

Un estudio realizado con dientes humanos extraídos indicó que la “técnica de endodoncia guiada” permitió una preparación precisa de la cavidad de acceso y mostró una influencia insignificante del operador, reduciendo la “sensibilidad técnica” dependiente del operador. También se informó que la guía quirúrgica se empleó con éxito en las resecciones del extremo de la raíz, lo que mostró una mayor precisión y redujo la incomodidad del paciente y el tiempo de cirugía en un 30%. (Kim, 2019).

La tecnología avanzada en la reconstrucción de modelos tridimensionales basada en tomografía computarizada, como la tomografía computarizada de haz cónico, ha abierto una nueva vía en la aplicación de diagnósticos precisos y se ha utilizado cada vez más en el campo de la odontología. (Kim, 2019). El CBCT es una fuente de datos correcta para aplicaciones de impresión 3D y tiene los beneficios adicionales de reducir la exposición a la radiación, el costo y el tiempo de escaneo.

Como resultado, hoy en día CBCT es ampliamente utilizado en todas las especialidades dentales. (Anderson, 2018)

Cuando se agotan los recursos del tratamiento de endodoncia convencional, la cirugía endodóntica se convierte en una alternativa de tratamiento de la periodontitis apical para eliminar las áreas infectadas inalcanzables y sellar el canal de la raíz. Los flujos de trabajo digitales se han utilizado con más frecuencia en muchas aplicaciones dentales en los últimos años; en la endodoncia, la planificación virtual 3D es un aspecto nuevo importante para el tratamiento de casos complejos. (Tavares, 2020)

Históricamente, las guías quirúrgicas impresas en 3D (3DSG) se han utilizado en endodoncia con una utilidad limitada, recientemente, la microcirugía endodóntica dirigida fue introducida la cual muestra el sitio preciso de la osteotomía, la profundidad y el diámetro de la angulación, en escenarios anatómicamente desafiantes. Con el uso de guía para microcirugía endodóntica, la fresa de acceso es destinada a la resección de hueso y de los extremos de las raíces según las especificaciones exactas de la guía predeterminada en el software de diseño. (Hawkins, 2020).

En consecuencia, el uso de guía quirúrgica se ha convertido en un estándar de oro emergente porque permite el tratamiento específico del paciente, que aún se está desarrollando mediante el avance y del diseño asistido por computadora y la fabricación asistida por computadora (CAD/CAM); tecnología y dispositivos auxiliares que incluyen escáner intraoral, software CAD e impresora 3D. (Kim, 2019).

1.2 Problema

1.2.1 Pregunta de investigación.

- ¿Cuáles son los métodos actuales para la confección de una guía para microcirugía endodóntica?

Objetivos

1.2.2 Objetivo general

- Determinar la forma de confección de una guía para microcirugía endodóntica.

1.2.3 Objetivos específicos.

- Analizar la efectividad del uso de una guía en microcirugía endodóntica.
- Comparar la precisión del acceso apical con guía quirúrgica versus el método convencional.

1.3 Justificación del problema

Esta investigación se basa en recaudar información sobre el uso de una guía en microcirugía endodóntica, lo cual nos permitirá estar informados y actualizados sobre el tema para incorporarlos en la práctica clínica diaria.

CAPITULO II.

MATERIALES Y METODOS

2.1 Diseño

Con la finalidad de encontrar publicaciones sobre la confección de una guía para microcirugía apical, se realiza una búsqueda de literatura y estudios a través de motores de búsqueda PubMed, Science Direct, revista científica Journal of Endodontics y de tesis de postgrado de endodoncia en biblioteca de Universidad del Desarrollo.

2.2 Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda de términos libres con las palabras claves endodontics, surgery, microsurgery, guided, preparation guided, surgical endodontics y 3D design, utilizando el termino booleano AND entre los años 2015 y 2022.

2.2.1 Criterios de Inclusión

- Estudios de microcirugía endodóntica guiada
- Estudios con temas relacionados a la confección de guía en microcirugía endodóntica guiada.
- Publicaciones entre los años 2015 - 2022

2.2.2 Criterios de Exclusión

- Investigaciones anteriores al año 2015
- Investigaciones sin relación con la confección de guía en cirugía apical microcirugía endodóntica guiada.

Tabla N°1. Estrategia de búsqueda, en las diferentes bases de datos electrónicas.

Buscador	Estrategia de búsqueda	N°
PubMed	Guided AND endodontic AND microsurgery OR surgery	33
	Preparation guided AND surgical endodontic	30
Journal of endodontics	Design guided microsurgical endodontics	76
	Guided endodontic microsurgery	179
	3D design guided endodontic microsurgery	45
Science Direct	Design guided microsurgical endodontics	151
	3D design guided endodontic microsurgery	63
Total de artículos seleccionados:		21

CAPITULO III.

MARCO TEORICO

3.1) Confección de una guía para microcirugía endodóntica

El mayor desafío durante la microcirugía endodóntica es ubicar el extremo de la raíz sin dañar las estructuras circundantes. Esto es especialmente importante en escenarios en los que las lesiones aún no han perforado la placa cortical, en situaciones anatómicamente complejas y ubicaciones que se aproximan a las estructuras vitales. El uso de escáner CBCT, no solo para planificar visualmente la cirugía, sino también para fabricar guías quirúrgicas tienen el potencial de aumentar la exactitud, la precisión y de reducir el tiempo intraoperatorio y las complicaciones postoperatorias. (Ackerman, 2019).

Los dentistas continúan encontrando dificultades en casos de molares posteriores en los que las estructuras anatómicas se aproximan al extremo de la raíz, lo que puede conllevar a la extracción de dientes, sin embargo, si el procedimiento es realizado con guía no sería necesario. Al igual que en otras especialidades, las guías impresas en 3D pueden mitigar el riesgo al evitar la invasión de estructuras neurovasculares adyacentes a los dientes y enfocarse en los sitios de acceso de la osteotomía. (Anderson, 2018).

Tras el diagnóstico, el procedimiento de planificación suele consistir en: primero, se solicita un CBCT de alta resolución del paciente, luego, se realiza una impresión intraoral digital de los dientes del paciente, ya sea directamente, con el uso de un escáner intraoral, o indirectamente escaneando la cubeta de impresión o el modelo de yeso con un escáner óptico de sobremesa. (Moreno, 2019). Todas las aplicaciones CAD/CAM involucran tres pasos: adquisición de datos digitales utilizando un escáner intraoral y/o una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), procesamiento y diseño de datos dentro de una aplicación de software y fabricación mediante fresado o impresión. (Anderson, 2018).

Las imágenes de CBCT muestran hueso, raíces y los espacios neurovasculares dentro de un campo de visión (FOV) que define el alcance de la cobertura posible para la guía quirúrgica. Se debe considerar cuánto de la dentición del paciente debe estar cubierta para producir estabilidad intraoperatoria de la guía. Las guías de arco completo proporcionan fuerzas de asiento bilateral a medida que el paciente muerde una gasa insertada entre los dientes y la guía, (ayuda a garantizar que las guías estén completamente asentadas y pueden requerir un FOV cercano a 80 x 80 mm). Si un paciente tiene restauraciones extensas que inducen dispersión, puede ser necesario expandir el FOV del CBCT al arco completo para tener puntos de claridad anatómica para el emparejamiento durante la unión dentro del software de diseño. (Ray, 2020).

Con respecto a los formatos de archivo y ajuste de umbral, los archivos CBCT están en formato DICOM y los datos se expresan en vóxels cúbicos, mientras que el software de diseño utiliza el formato de archivo STL, los archivos consisten en una serie de puntos de datos que forman polígonos individuales, creando la superficie de un objeto en una disposición llamada nube de puntos. La disposición de la nube de puntos STL permite que el software construya múltiples objetos uno encima del otro, de modo que se pueda diseñar una guía en el modelo virtual (Figura 1). Generado por CBCT los archivos DICOM deben convertirse a STL dentro del software de diseño, durante la conversión DICOM, un archivo STL surge con un umbral definido por software que define que vóxels cúbicos se incluyen o excluyen de la nueva representación de la nube de puntos, este umbral debe ajustarse subjetivamente o bien realizado de manera precisa por el diseñador. Si el ajuste del umbral no se aproxima mucho a la realidad física, el modelo virtual y la guía impresa pueden verse comprometidos. (Ray, 2020).

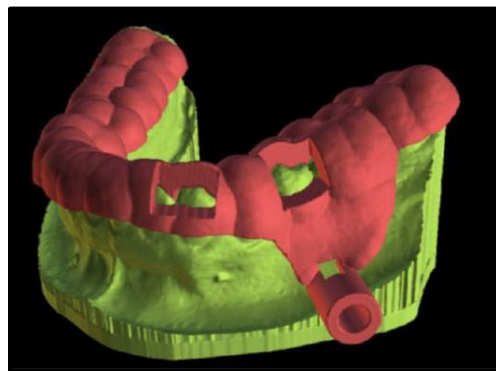


Figura 1, Guía para microcirugía endodóntica sobre el modelo virtual listo para exportar a una impresora 3D. (Ray, 2020).

Los archivos DICOM creados a partir del CBCT se dividen en un editor de archivos DICOM y se crean 3 archivos STL diferentes: sección del hueso y anatomía radicular de los dientes, sección individual de las raíces y sección de la anatomía interna del material de impresión en combinación con los marcadores para el proceso de unión en el software. Los archivos STL se fusionan utilizando un software de edición en 3D, después de la unión, los archivos STL se introducen en otro software de edición 3D para crear la guía en base a la información de la ubicación del ápice y técnica quirúrgica. (García-Sánchez, 2019). Las lesiones periapicales de los dientes y la ubicación de gutapercha extruida se identifican y se marcan dentro del software de planificación. (Strbac, 2016).

En el proceso de "traducir " los detalles de la superficie de un formato de archivo a otro, la precisión depende en parte de las características de la imagen CBCT, los vóxeles más grandes producen menos detalles de superficie exactos; es ventajoso complementar las representaciones anatómicas de CBCT con un escaneo intraoral o un escaneo óptico de escritorio de un modelo de yeso, porque los escáner ópticos capturan toda la anatomía de la superficie del diente independientemente del marco del vóxel, en muy pocos pacientes que se realizan un tratamiento endodóntico y que presentan restauraciones, está ausente la dispersión CBCT, y existe una adecuada impresión en 3D. (Ray, 2020).

El intervalo de corte CBCT y el tamaño de vóxel resultante determinan la resolución y, por lo tanto, la calidad del modelo virtual, por ejemplo, un intervalo de corte de

0,64 mm tiene una resolución espacial deficiente en comparación con un intervalo de corte de 0,3 mm o 0,08 mm. (Ray, 2020).

Con respecto a las impresiones, las realizadas con alginato se debe hacer el vaciado o escanear ópticamente poco después de la toma de impresión, el polivinil siloxano tiene una precisión y estabilidad dimensional deseables a lo largo del tiempo, pero requiere un manejo cuidadoso del paciente. Las propiedades hidrofóbicas de polivinil siloxano requieren aislamiento con rollos de algodón, retractores y aire comprimido para mantener un ambiente seco. Independiente del material utilizado, se requiere una estricta adherencia a los principios de impresión si la anatomía intraoral se va a reproducir mediante un escaneo óptico de la impresión o del modelo de yeso. (Ray, 2020).

La mayoría de los pacientes endodónticos tienen restauraciones intracoronaes o postes metálicos que generan un plano de dispersión que oscurece las superficies de la corona, una guía solo se puede diseñar con una construcción en 3D sin dispersión, por lo tanto, son necesario métodos para representar la anatomía coronal y de los tejidos blandos, se pueden dividir en 2 categorías:

1) Técnicas de escaneo óptico de alta precisión que usa un escáner intraoral, o un escáner de escritorio de un modelo de yeso (Figura 2), o un escáner de escritorio de una impresión. (Figura 3).

2) Escáner CBCT menos precisos de una impresión o yeso. (Ray, 2020).

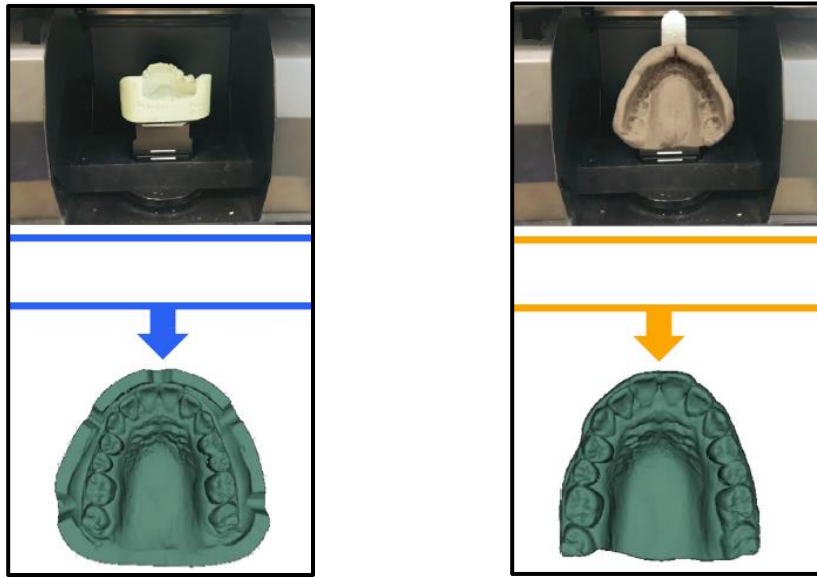


Figura 2, escaneo óptico de modelo de yeso; **Figura 3**, escaneo óptico de una impresión, previa transformación en un software. (Ray, 2020).

Los escáneres intraorales se pueden utilizar para capturar impresiones ópticas directas necesarias para generar un modelo virtual. Al igual que otros escáneres tridimensionales (3D), los escáneres intraoral proyectan una fuente de luz sobre el objeto a escanear, en este caso los dientes a tratar con microcirugía endodóntica. Debido a su mayor resolución de escaneo, los escáneres intraorales reemplazaron la antigua técnica de doble escaneo con solo CBCT, que se basaba en escaneos radiológicos del paciente y de los modelos de yeso de los pacientes. El uso de escáner intraoral permite la detección de todos los detalles de las superficies oclusales con mayor precisión. (Gaudin,2019)

Con los escáner ópticos se logra la ventaja de precisión, cuando se utilizan escaneos ópticos para registrar superficies de dientes y tejidos blandos en lugar de métodos basados en CBCT, con los escáner ópticos, no es necesario el ajuste del umbral, los efectos del umbral no existen porque los escaneos intraorales producen directamente un archivo STL que representa la anatomía superficial de un paciente (Figura 4), con un escáner de escritorio de sobremesa de una impresión o un modelo de yeso producen indirectamente un archivo STL de la anatomía de superficie de un paciente. Por lo tanto, un escaneo óptico produce un modelo virtual STL que no requiere ajuste de umbral durante el proceso de unión, dando lugar a una representación de contornos anatómicos verdaderos sin efectos de umbral. (Ray, 2020).



Figura 4, Captura de imagen de tejidos blandos y coronas usando un escáner óptico que crea directamente un archivo STL. (Ray, 2020).

Para crear una construcción en 3D con una superficie de un modelo virtual, los archivos que reproducen tejidos duros y blandos se alinean en las dimensiones izquierda - derecha y anterior - posterior dentro del software de diseño. El primer archivo, es un CBCT DICOM que digitaliza huesos, dientes y espacios neurovasculares, (este archivo es probable que tenga artefactos dispersos). El segundo archivo digitaliza coronas y tejidos blandos y podría ser una exploración óptica directa STL de la cavidad oral, una exploración óptica indirecta STL de un modelo de yeso o impresión, o un escaneo DICOM CBCT de una impresión o un yeso, (el segundo archivo no tiene dispersión). El diseñador combina puntos idénticos de claridad anatómica, desde los sitios anteriores y posteriores y los sitios izquierdo y derecho en el arco, y luego el software usa estos emparejamientos para " unir " o " alinear " los archivos (figura 5), produciendo una construcción en 3D, los sitios de emparejamiento no deben tener artefactos. Las puntas de las cúspides y las crestas triangulares de los dientes sin restaurar son buenos puntos de referencia de emparejamiento, la alineación izquierda-derecha se logra desde puntos izquierda-derecha de claridad anatómica, la alineación anteroposterior se logra desde los puntos anteroposterior de claridad anatómica. Las restauraciones extensas que generan dispersión del CBCT pueden ocultar los puntos requeridos de claridad anatómica, lo que impide un número adecuado de sitios de emparejamiento. Si es así, la alineación debe lograrse utilizando sitios artificiales de emparejamiento llamados marcadores fiduciales. (Ray, 2020).

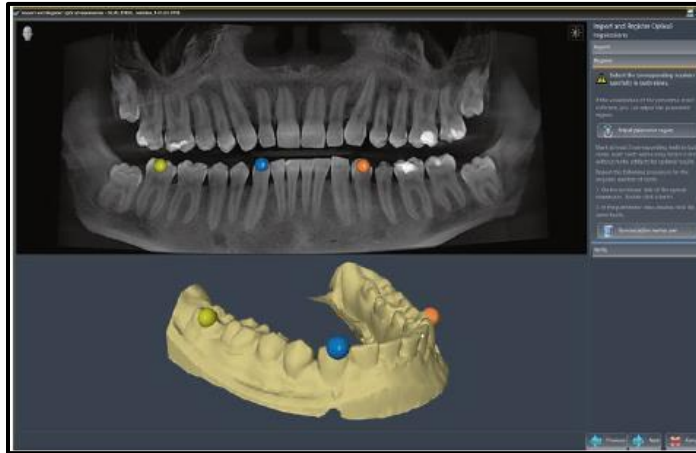


Figura 5, CBCT del arco mandibular y los datos STL de superficie de un registro intraoral de arco mandibular se pueden combinar mediante la identificación de tres puntos de referencia (amarillo, azul y naranja). (Gaudin,2019)

Los marcadores fiduciales son pequeños objetos radiopacos (Figura 6), colocados estratégicamente en una cubeta de impresión para usar durante el examen CBCT inicial del paciente. Para realizar la técnica de escanear la cubeta de impresión; en una cubeta de impresión se vierten los marcadores fiduciales (gutapercha) lo que luego se usa durante la toma de escáner CBCT del paciente, se retira de la cavidad oral y se realiza un vaciado en yeso piedra, al cual también se le toma un escáner CBCT. (Ray, 2020).

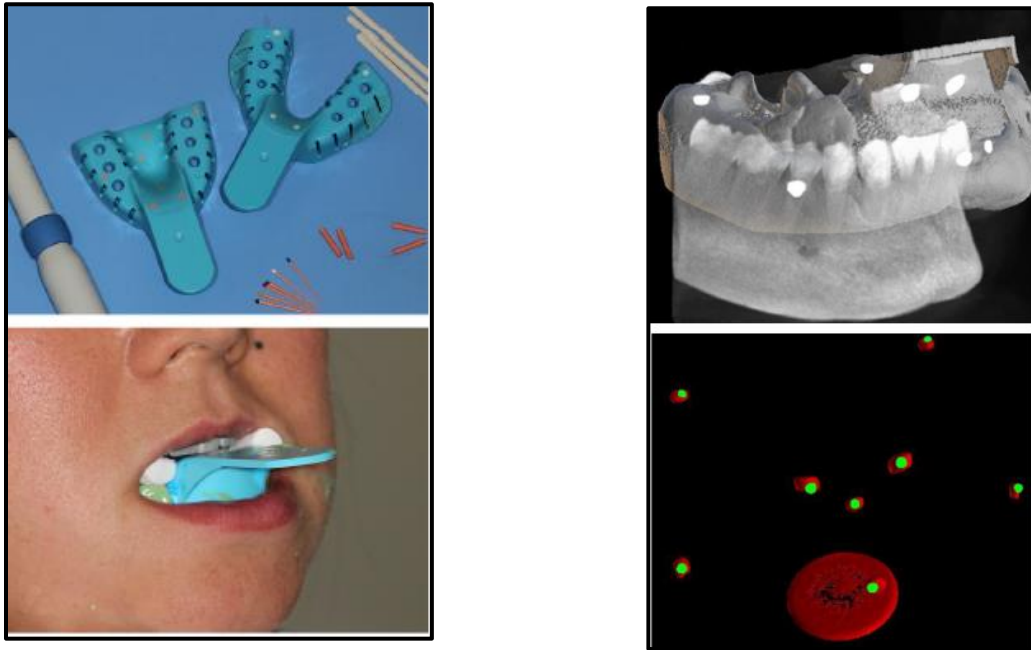


Figura 6, imagen izquierda superior, marcadores fiduciales, cubeta con 4 a 6 perforaciones llenas de gutapercha; imagen izquierda inferior, impresión asentada con tórula de algodón que separa los dientes opuestos de la cubeta, para la toma de imágenes CBCT del paciente y **Figura 7**, imagen derecha superior, representación en 3D de dientes y huesos con impresión asentada y marcadores fiduciales; imagen inferior derecha, CBCT de la impresión, el umbral se ajusta para eliminar casi toda la impresión, mostrando solo los marcadores fiduciales que están listos para unirse con la imagen CBCT del paciente. (Ray 2020).

La inversión de impresión (figura 8), representa digitalmente los tejidos blandos y las superficies de los dientes escaneando una impresión con imágenes CBCT, ofreciendo al endodoncista una alternativa atractiva a las técnicas de escaneo óptico porque no requiere un modelo de yeso ni un escáner intraoral o de escritorio. Los archivos resultantes están libres de dispersión y, cuando se invierte dentro del software de diseño, se recrea la anatomía de la superficie del diente que estaba oculta debido a la dispersión en la imagen CBCT original (figura 9). (Ray, 2020).

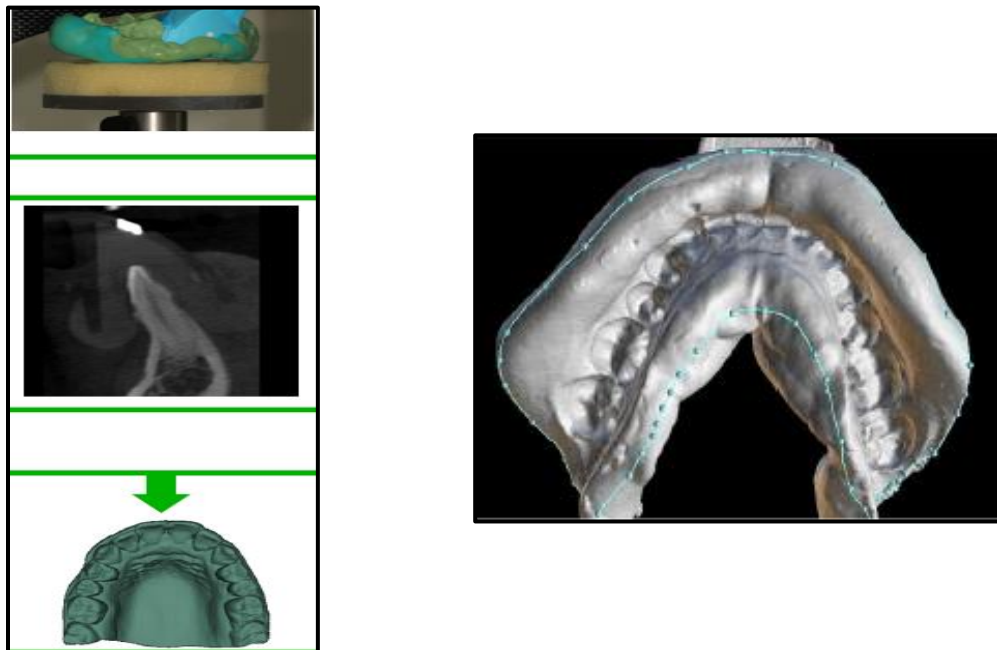


Figura 8, inversión de impresión con marcadores fiduciales en la cubeta de impresión, el escáner CBCT se toma con una impresión asentada sobre la dentición y un segundo escaneo solo de la impresión y **Figura 9**, representación 3D de la impresión. (Ray, 2020).

La exploración de un escáner intraoral se compara con los datos radiográficos 3D mediante la alineación de las estructuras dentales correspondientes (figura 10), se diseña la guía quirúrgica en el software utilizando un diseñador de guías digitales. La guía diseñada se exporta como archivo STL (se envía la posición exacta de las raíces), y se envía a una impresora 3D para su impresión. (Strbac, 2016). Para diseñar la plantilla, la impresión digital y los archivos CBCT DICOM se fusionan en un software de planificación como coDiagnostix, OnDemand3D, Mimics, Blue Sky Plan y SICAT Endo (único software diseñado específicamente para endodoncia). (Gaudin,2019)



Figura 10, La precisión y la adaptación de la reconstrucción CBCT 3D y la reconstrucción 3D a partir de una impresión óptica se pueden visualizar ajustando las capas de transparencia. Las líneas amarillas muestran datos de la impresión óptica. (Gaudin,2019).

Para endodoncia, son deseables los materiales de guías transparentes, la guía también debe ser lo suficientemente dura para resistir la distorsión, pero al mismo tiempo, debe permitir que el posicionamiento en el diente se realice con facilidad. Además, los métodos de esterilización deben ser compatibles con los materiales utilizados. (Gaudin,2019).

En la planificación virtual de la microcirugía endodóntica, se pueden utilizar “puntos de acceso” (figura 11) para apuntar a los ápices de la raíz. La profundidad de la guía se ajusta hasta que el “punto de acceso” alcance el vértice del ápice de la raíz. Es necesario ajustar la angulación del “punto de acceso” para evitar interferencias con los labios y la mejilla bucal. La profundidad de penetración y la angulación de la fresa se controlan por un tope. El tamaño apropiado de la osteotomía, el grado de ángulo del bisel y el nivel de resección apical de los extremos de la raíz se planifican previamente de forma virtual. (Gaudin,2019)

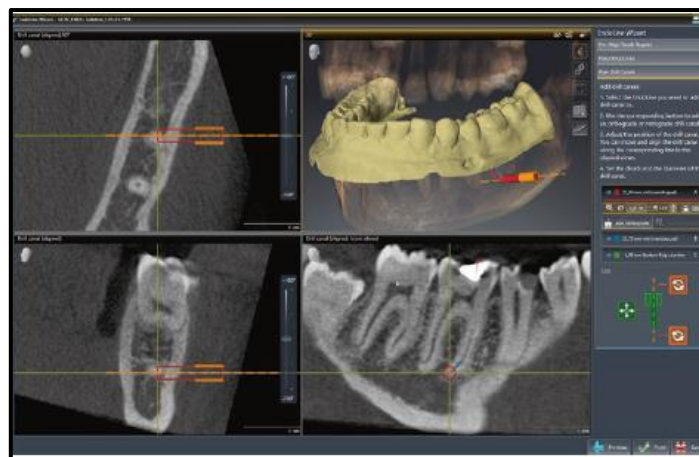


Figura 11, los datos CBCT y los archivos STL se unen y se coloca una fresa virtual para apuntar a la raíz a tratar, se puede visualizar el grosor de la placa bucal, la distancia al ápice y la posición de los diferentes canales para ayudar a decidir si la

fresa debe estar inclinada debido a la posible interferencia con las mejillas. (Gaudin,2019).

Al planificar el acceso quirúrgico en la microcirugía endodóntica, el uso de CBCT es útil para proporcionar información precisa sobre el tamaño y la ubicación de la lesión endodóntica, además, las exploraciones CBCT determinan con precisión la relación de las estructuras anatómicas adyacentes (seno maxilar y canal dental inferior) en los dientes con lesiones endodónticas. (Gaudin,2019). Los programas de software abierto proporcionan una gama completa de herramientas para la personalización del diseño de la guía, el acceso en la guía se diseña específicamente según lo solicita el endodoncista y se agregan ayudas para la angulación de la fresa. (García-Sánchez, 2019). Durante la fase CAD, se utiliza una representación en 3D del sitio quirúrgico para diseñar una guía personalizada que reproduce el punto de acceso planificado para la osteotomía (figura 12). (Anderson, 2018). Este punto de acceso es realizado para el diámetro de la fresa y especifica la profundidad de entrada, la angulación y el sitio de resección de la raíz. Los puntos de acceso tenían una profundidad mínima de 7 mm para garantizar la estabilidad de la fresa según lo determinado durante pruebas in vitro. (Giacomino, 2018).



Figura 12, Herramienta utilizada para calcular el volumen de la osteotomía. (Sleeth,2020)

Las aplicaciones dentales de impresión 3D adoptan una o más de las siguientes clasificaciones técnicas comunes: aparato de estereolitografía (SLA), modelado por deposición fundida (FDM), impresión MultiJet (MJP), impresión PolyJet, impresión ColorJet (CJP), procesamiento de luz digital (DLP) y la sinterización selectiva por láser (SLS), también conocida como fusión selectiva por láser (SLM). Los sistemas SLA dirigen la ruta de exposición de un láser UV sobre la superficie de una resina fotosensible durante un proceso secuencial de curado, las capas se unen para formar una masa sólida, comenzando desde la parte inferior del objeto y luego construyéndose hacia arriba. La estereolitografía fue la primera y es la tecnología más utilizada en odontología. Su inventor también desarrolló el formato de archivo CAD/CAM STL o estereolitografía. Además de utilizarse para describir los sistemas SLA, el término estereolitografía se ha utilizado para describir la impresión 3D en general. (Anderson, 2018).

Una innovación clave en el auge de la impresión 3D en la odontología se produjo con la llegada de los "sistemas de código abierto" que permiten utilizar una variedad de fuentes de adquisición con varias tecnologías de diseño y fabricación en una computadora personal. La capacidad de usar archivos DICOM con una variedad de sistemas CAD/CAM es una gran ventaja del código abierto. En estos sistemas abiertos, los datos se convierten a un archivo STL antes que CAD y CAM, los archivos STL se pueden usar en la fabricación local o para imprimir en laboratorios distantes. (Anderson, 2018).

Las guías impresas en 3D se pueden utilizar para el tratamiento de raíces simples o múltiples con ubicación anterior o posterior. A diferencia de las guías radiográficas, las guías quirúrgicas impresas en 3D permiten la incorporación de tejidos blandos en la planificación, el diseño y el manejo de tejidos blandos se pueden personalizar para el paciente, dependiendo de la ubicación quirúrgica requerida, las guías quirúrgicas individualmente diseñadas pueden ser soportadas por mucosa, dientes, huesos o con una técnica combinada. (Strbac, 2016). Luego se produce un archivo de estereolitografía y se exporta a una impresora 3D, se imprime un 3DSG y se verifica un ajuste perfecto en el modelo de yeso (figura 13). (Giacomino, 2018). Luego la guía quirúrgica se debe esterilizar y posteriormente probar su ajuste en boca del paciente. (figura 14).



Figura 13, prueba de guía quirúrgica sobre modelo de yeso, **Figura 14**, prueba de guía quirúrgica sobre el diente. (Jang, 2021).

3.2 Limitaciones de la técnica.

Sin embargo, a pesar de las ventajas, existen algunas limitaciones en esta técnica, muchos de los dientes que requieren intervención quirúrgica pueden tener restauraciones de cobertura total (restauraciones metálicas), lo que podría producir artefactos en el estudio CBCT y disminuir la precisión de la superposición de imágenes CBCT con las imágenes intraorales 3D. (Ackerman, 2019). Los clínicos pueden renunciar a realizar guías quirúrgicas en estos casos o considerar puntos de referencia artificiales para superar esta limitación. (Ahn, 2018).

Otro punto a considerar es que, si se realiza un examen CBCT con los dientes maxilares y mandibulares en contacto, los artefactos de volumen parcial oscurecerán junto al detalle fino oclusal necesario para una guía bien ajustada, por lo tanto, se deben colocar rollos de algodón entre los dientes durante el examen. (Ray, 2020).

Durante el desarrollo de flujo digital en microcirugía endodóntica las siguientes fuentes potenciales de error se pueden producir: anatomía intraoral no apreciada durante el examen clínico, artefactos en CBCT, error de la impresión, un modelo de yeso mal vaciado, variación de umbral, escaneo óptico mal ejecutado, mala alineación de las imágenes durante la unión, inconsistencia en la impresión, inadecuado espesor de resina y error humano durante el diseño, cada fuente de error puede ser superada. (Ray, 2020).

Teniendo en cuenta que una guía impresa tiene un grosor inherente y solo puede proporcionar una trayectoria recta hacia el objetivo, el uso de esta técnica puede plantear dificultades para el uso de la pieza de mano. Además, el uso de una guía tiene el desafío de obtener una óptima irrigación durante el procedimiento de osteotomía. (Ackerman, 2019).

La planificación en 3D para la producción de guías quirúrgicas es ciertamente costosa y requiere mucho tiempo en comparación con los procedimientos convencionales. Debido a que este enfoque quirúrgico endodóntico guiado para la osteotomía y la resección de la raíz utiliza un programa de software modificado de cirugía de implante guiada, se puede esperar un tiempo de planificación y costos de producción similares en comparación con el tratamiento con implante guiado. Sin embargo, la preservación del hueso cortical y las estructuras dentales, podría acreditarse como posibles beneficios y puede justificar costos y tiempo de planificación adicionales. (Strbac, 2016).

3.3 Resultados

Tabla N°2. Análisis metodológico con respecto a estudios relacionados.

Autor	Método	Tipo de Estadística	Outcome	Muestra	Resultados
Ackerman, 2019	Estudio in vitro	Descriptiva	Evaluar la precisión de las guías quirúrgicas diseñadas por CBCT para su uso durante la cirugía endodóntica.	Se utilizaron 48 raíces en un modelo de cadáver.	El uso de guía quirúrgica impresa diseñada por CBCT es un método preciso para acceder a la porción apical de la raíz durante la endodoncia quirúrgica en comparación con el método aproximado de CBCT "a mano alzada".
Ahn, 2018	Reporte de caso	Descriptiva	Aplicación de una guía quirúrgica para ubicar la osteotomía y facilitar la localización del ápice en un molar mandibular.	Un molar mandibular.	El uso de guía quirúrgica impresa en 3D puede, en teoría, disminuir las complicaciones postoperatorias y mejorar la cicatrización.
Anderson, 2018	Revisión sistemática.	Descriptiva	Revisar todas las aplicaciones actuales de la impresión 3D en endodoncia y especular sobre las direcciones futuras para la investigación y el uso clínico dentro de la especialidad	Investigaciones relacionadas con la aplicación de impresión 3D en endodoncia.	En el futuro, el uso generalizado de la tecnología de impresión 3D en endodoncia será posible a medida que se realicen más investigaciones y desarrollos.
Fan, 2019	Estudio in vitro	Descriptiva	Introducir un método novedoso utilizando imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y guías prefabricadas para guiar el acceso apical durante la microcirugía endodóntica y comparar su precisión con la del método no guiado.	Cuarenta y dos raíces de mandíbulas de cadáver humano.	El acceso experimental con guías se desvió 0.66 mm 0.54mm desde el punto objetivo. En contraste, el acceso en el grupo de control se desvió 1.92 mm 1,05 mm.
Gambarini, 2019	Reporte de caso.	Descriptiva	Mostrar el uso de un sistema de navegación dinámica en la preparación del acceso y la resección del extremo de la raíz en el tratamiento quirúrgico endodóntico.	Incisivo lateral superior.	El sistema permitió la localización precisa de la raíz y la apicectomía precisa con una cavidad mínimamente invasiva, evitando errores iatrogénicos.

Garcia-Sanchez, 2019	Reporte de caso.	Descriptiva	Ilustrar la precisión de una guía impresa en 3D planificada digitalmente para un procedimiento de apicectomía.	Un canino inferior izquierdo y un incisivo lateral inferior izquierdo.	La guía quirúrgica se imprimió en 3D y se utilizó con precisión durante la apicectomía quirúrgica.
Gaudin, 2019	Revisión sistemática.	Descriptiva	Descripción de cómo podemos aprovechar las ventajas de las tecnologías digitales en endodoncia.	Investigaciones relacionadas con tecnología digital en endodoncia.	El uso de guías 3D puede convertirse en la técnica de referencia para abordar las dificultades en el acceso endodóntico ortógrado y microquirúrgico.
Giacomino, 2018	Reporte de caso	Descriptiva	Introducir una guía quirúrgica dirigida, impresa en 3 dimensiones (3DSG) y fresas para lograr osteotomía de un solo paso y resección del extremo de la raíz.	Un segundo molar maxilar, un primer molar maxilar y un segundo premolar mandibular.	En los 3 casos, el uso de guía dirigida produjo un sitio de osteotomía con angulación, diámetro y profundidad predecibles.
Hawkins, 2020	Estudio in vitro	Descriptiva	Comparar el tiempo quirúrgico, el ángulo de bisel y los perfiles volumétricos del sitio de la osteotomía y la resección realizadas mediante microcirugía endodóntica dirigida y microcirugía endodóntica tradicional.	Se crearon lesiones periapicales artificiales que abarcaban doce ápices radiculares.	La guía quirúrgica proporcionó una osteotomía más eficiente con un volumen de resección del extremo de la raíz y un ángulo de bisel más apropiados.
Jang, 2021	Revisión sistemática.	Descriptiva	Describir el estado actual de técnicas y conceptos de microcirugía endodóntica para molares mandibulares.	Investigaciones relacionadas con microcirugía endodóntica en molares mandibulares.	Los clínicos deben estar familiarizados con la información actualizada sobre conceptos actuales para lograr resultados exitosos, y esta revisión puede ser una guía útil para la preservación de los molares mandibulares mediante microcirugía.
Keskin, 2021	Revisión sistemática.	Descriptiva	Proporcionar una descripción general de las aplicaciones de las tecnologías de odontología digital en endodoncia.	Investigaciones relacionadas con aplicaciones digitales en endodoncia.	Las mejoras de las técnicas digitales y su introducción en los procedimientos de endodoncia reducirían los tiempos de tratamiento, así como la fatiga del clínico. La fabricación de guías y modelos antes de la operación también disminuiría las complicaciones iatrogénicas.
Kim, 2019	Reporte de caso	Descriptiva	Utilizar una guía para microcirugía endodóntica la cual puede localizar con precisión la posición del ápice.	Un diente anterior.	El uso de guía en podría ser un método útil en el canal calcificado que no se puede tratar con la terapia de conducto convencional y no puede rastrear la posición del ápice debido a la ausencia de fístula.

Moreno-Rabié, 2019	Revisión sistemática	Descriptiva	Describir las aplicaciones clínicas de la endodoncia guiada.	Un total de 22 artículos.	Tratamiento mínimamente invasivo, altamente predecible y un menor riesgo de daño iatrogénico.
Lai, 2019	Reporte de caso	Descriptiva	Introducir el diseño asistido por computadora (CAD/CAM) con el uso de guía quirúrgica para guiar la resección radicular en un molar mandibular con hiper cementosis.	Primer molar inferior derecho	El uso de tecnología CAD/CAM y guía quirúrgica permitió localizar con precisión la raíz, evitando estructuras anatómicas importantes, haciendo un bisel y una longitud de resección del extremo radicular correctos.
Pinsky, 2007	Estudio in vitro	Descriptiva	Introducir una guía quirúrgica periapical y comparar la precisión del acceso apical usando guía versus un método convencional.	Una mandíbula con dentadura completa.	Se puede lograr una mayor precisión utilizando una guía quirúrgica durante la cirugía endodóntica.
Popowicz, 2019	Reporte de caso	Descriptiva	Describir la cirugía de endodoncia con el uso de software de planificación de implantes utilizando una guía quirúrgica impresa en 3D.	Dos segundos premolares maxilares Izquierdo.	A los 12 meses se realizó un CBCT de control y en ambos casos mostró una curación completa del sitio quirúrgico.
Ray, 2020	Reporte de caso	Descriptiva	Describir el trabajo digital de una guía para microcirugía endodóntica.	Flujo de trabajo digital de una guía para microcirugía endodóntica.	Si las estructuras anatómicas se reproducen correctamente en un formato digital, da como resultado que los archivos pueden producir una construcción en 3D que contenga un modelo virtual que sirva como base de diseño para una guía de microcirugía endodóntica.
Sleeth, 2020	Estudio in vitro	Descriptiva	Comparar la microcirugía endodóntica guiada con la cirugía manual en términos de acceso de osteotomía, volumen de osteotomía, bisel apical, longitud de resección apical y profundidad de la osteotomía.	Treinta y seis dientes posteriores mandibulares humanos.	La implementación de la guía en la microcirugía endodóntica tiene el potencial de reducir significativamente el área de acceso de la osteotomía y el volumen de la osteotomía en comparación con la cirugía manual, lo que posteriormente puede resultar en una mejor cicatrización.
Strbac, 2017	Reporte de caso	Descriptiva	Introducir una nueva técnica quirúrgica de endodoncia mediante el uso de una guía impresa tridimensional para la osteotomía y la resección de la raíz.	Un molar y un premolar maxilar.	A los 12 meses de seguimiento, se realizó un escáner CBCT y se verifica la curación completa de las lesiones periapicales.
Tavares, 2020	Reporte de caso	Descriptiva	Presentar una guía 3D, un método novedoso para realizar cirugía guiada endodóntica ultraconservadora y describir su	Segundo premolar superior derecho	La aplicación de esta técnica se puede extender a otras estructuras anatómicas, escenarios complejos y múltiples casos de cirugía endodóntica. La técnica permite conservar dientes

			aplicación en un caso con un escenario anatómico complejo y contacto íntimo con el seno maxilar.		indicados para cirugía endodóntica cuando la anatomía es compleja.
Ye, 2018	Reporte de caso	Descriptiva	Un enfoque de tratamiento para eliminar hueso cortical y el extremo de la raíz durante la cirugía periapical con la ayuda de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), el diseño asistido por computadora (CAD) y la tecnología de impresión tridimensional (3D).	Incisivo lateral superior izquierdo.	La guía diseñada digitalmente funcionó en todos los aspectos para facilitar la cirugía periapical como se esperaba. Los extremos de las raíces fueron localizados con precisión. Se simplificó el procedimiento quirúrgico y se mejoró la eficacia del tratamiento. Esta técnica minimizó el daño y redujo la lesión iatrogénica.

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN

Las limitaciones y desventajas del método quirúrgico clásico se han hecho evidentes debido al rápido avance de la tecnología. En primer lugar, buscar el ápice de la raíz desde la corona al extremo de la raíz inevitablemente aumenta el daño y el riesgo para los tejidos óseos no patológicos, en segundo lugar, la radiografía convencional muestra solo imágenes bidimensionales, que no representan el área de la lesión con precisión y claridad, en tercer lugar, no es fácil para los cirujanos endodónticos sin experiencia encontrar el equilibrio entre limitar el daño a los tejidos óseos y obtener suficiente acceso visual y operativo para la resección del extremo de la raíz. (Ye,2018).

La microcirugía guiada se está convirtiendo rápidamente en una ayuda tanto en endodoncia quirúrgica como no quirúrgica, la ventaja es ser mínimamente invasivo, lo que permite un acceso específico, la planificación preoperatoria elimina las conjeturas intraoperatorias, la precisión y la confiabilidad de la tecnología guiada por computadora son mayores que el acceso a mano alzada. (Popowicz, 2019). La simplificación de los pasos quirúrgicos a través de la guía de microcirugía endodóntica puede aumentar la prevalencia clínica de la cirugía apical en general. Los beneficios de localizar con precisión el ápice durante las cirugías de endodoncia son numerosas, puede minimizar la exploración quirúrgica innecesaria y disminuir la posibilidad de daño iatrogénico a las raíces adyacentes y estructuras anatómicas

cercanas, como el nervio mentoniano y el seno maxilar, también conservaría más hueso cortical y disminuiría el tiempo quirúrgico. El diámetro de la ventana de acceso influye en el pronóstico de los dientes tratados quirúrgicamente, por lo tanto, minimizar el tamaño de la osteotomía mediante acceso guiado puede potencialmente mejorar el proceso de cicatrización. (Fan,2019).

Aunque se reduce el tiempo empleado durante la fase quirúrgica, la preparación preoperatoria requiere conocimientos técnicos, equipos y software para unir archivos, diseñar e imprimir guías, estos procedimientos son costosos y consumen mucho tiempo en comparación con el enfoque tradicional. (Gaudin, 2019). A pesar de que la fabricación en 3D de guías quirúrgicas es un proceso lento, la duración del procedimiento quirúrgico en sí puede disminuirse. (Ahn, 2018). Por lo tanto, en el futuro, la endodoncia guiada puede ser más utilizada en la práctica clínica, al menos en el tratamiento de casos quirúrgicos complejos. (Moreno-Rabié, 2019).

La tecnología 3D tiene el potencial de sustituir la formación especializada y/o la experiencia clínica necesaria para tratar casos difíciles, lo que permitiría a muchos dentistas lograr resultados predecibles sin necesidad de grandes habilidades quirúrgicas. Los costos de la planificación 3D y la producción de la guía se consideran altos, sin embargo, se reducirán en el futuro dado el rápido desarrollo de la tecnología digital en odontología. Es posible que se establezca un flujo de trabajo y que este enfoque de tratamiento se aplique en la práctica diaria de forma rutinaria, beneficiando a más pacientes. Hasta la fecha, solo ha habido algunos

informes de casos que utilizan en la práctica clínica microcirugía endodóntica y todos los estudios informan éxito clínico. (Sleeth, 2020)

La precisión del escáner intraoral tiene un valor añadido cuando se utiliza durante la planificación endodóntica guiada, ya que reduce el número de pasos, sin embargo, los casos clínicos demostraron que no es imprescindible para lograr resultados positivos, también se puede utilizar una impresión convencional con alginato y un escaneo óptico posterior al modelo de yeso para lograr un tratamiento exitoso. De hecho, se ha informado que la técnica de impresión digital es clínicamente tan buena o incluso mejor que el escaneo óptico de un modelo de yeso en comparación con el escaneo directo de dientes naturales. (Moreno-Rabié, 2019).

Para evaluar la precisión de la cirugía guiada solo se encontraron dos estudios (Pinsky, 2007) y (Ackermann, 2019) comparó el uso de una guía con un procedimiento a mano alzada sobre la localización del ápice radicular. Los resultados fueron significativamente diferentes a los del grupo de control en ambos estudios, el uso de la guía CAD/CAM arrojó una distancia media desde el ápice de 0,79 mm, en contraste con las osteotomías a mano alzada con una distancia media de 2,27 mm reportada por (Pinsky, 2007), en cuanto a (Ackerman, 2019), todos los procedimientos realizados con la guía tuvieron un resultado exitoso, lo que significa que el final de todos los accesos estaba dentro de los 4 mm apicales de las piezas. (Moreno-Rabié, 2019)

Con respecto al tiempo de planificación invertido en la confección de la guía ha sido discutido en varios estudios, se informó que el tiempo promedio de planificación,

incluida la impresión intraoral digital, la planificación virtual y el diseño de la plantilla, toma en promedio 9,4 minutos. Un segundo estudio preclínico realizado evaluó la duración media del tratamiento, que se informó que era de 11,3 minutos cuando se usaba la guía y de 21,8 minutos en caso contrario. El tiempo de planificación puede variar con software diferentes, pero no debería llevar mucho tiempo, considerando una curva de aprendizaje normal. (Moreno-Rabié, 2019)

CAPITULO V.

CONCLUSIONES

El uso de guías quirúrgicas impresas en 3D podría convertirse en una técnica prometedora que ofrece un resultado altamente predecible para abordar las dificultades en el acceso en microcirugía endodóntica, sin embargo, aún estamos en una fase inicial de la endodoncia digital.

Con esta técnica se logra llevar a cabo el concepto de “odontología mínimamente invasiva”, ya que permite al clínico tener un acceso con mayor precisión y consistencia al ápice de la raíz, en una ubicación anteriormente planificada, evitando o minimizando los riesgos de daño iatrogénico. Sin embargo, el tiempo, el costo, la experiencia requerida para usar el software y la necesidad de guías quirúrgicas que se puedan imprimir en 3D hacen que no esté al alcance de todos.

Otras de las ventajas del uso de la guía son producir un sitio de osteotomía con profundidad, diámetro y angulación predecibles, se puede reducir el tiempo en el sillón, mayor exactitud y seguridad del resultado del tratamiento, menor dolor y molestias postquirúrgicas.

La guía para microcirugía endodóntica puede ser un avance importante para permitir una cirugía con precisión en áreas anatómicamente complicadas, en piezas que de otro modo se hubiese indicado exodoncia.

Actualmente las investigaciones en endodoncia sobre impresión en 3D se limitan a estudios preclínicos e informes de casos, en el futuro se espera el uso generalizado

de esta tecnología en la especialidad de endodoncia lo cual será posible a través se realicen más investigaciones, lo que permitirá manejar protocolos de estandarización en diferentes condiciones clínicas. A medida que avanza el conocimiento y la tecnología, los programas de postgrado en endodoncia deberían implementar la confección de guías como parte de su plan de estudios.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerman, S., Aguilera, F. C., Buie, J. M., Glickman, G. N., Umorin, M., Wang, Q., & Jalali, P. (2019). Accuracy of 3-dimensional–printed Endodontic Surgical Guide: A Human Cadaver Study. *Journal of Endodontics*, 45(5), 615–618. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.005>
- Ahn, S. Y., Kim, N. H., Kim, S., Karabucak, B., & Kim, E. (2018). Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing–guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *Journal of Endodontics*, 44(4), 665–670. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.009>
- Anderson, J., Wealleans, J., & Ray, J. (2018). Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*, 51(9), 1005–1018. <https://doi.org/10.1111/iej.12917>
- Fan, Y., Glickman, G. N., Umorin, M., Nair, M. K., & Jalali, P. (2019). A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. *Journal of Endodontics*, 45(5), 606–610. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.015>
- Gambarini, G., Galli, M., Stefanelli, L. V., di Nardo, D., Morese, A., Seracchiani, M., de Angelis, F., di Carlo, S., & Testarelli, L. (2019). Endodontic Microsurgery Using Dynamic Navigation System: A Case Report. *Journal of Endodontics*, 45(11), 1397–1402.e6. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.010>

- Garcia-Sanchez, A., Mainkar, A., Ordonez, E., Sanchez, S., & Weinstein, G. (2019). 3D-printed guide for endodontic surgery. *Clinical Dentistry Reviewed*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s41894-019-0048-6>
- Gaudin, A., Pérez, F., & Galicia, J. (2019). Digital Technology in Endodontics. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15974-0_11
- Giacomino, C. M., Ray, J. J., & Wealleans, J. A. (2018). Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional–printed Guides and Trepine Burs—A Report of 3 Cases. *Journal of Endodontics*, 44(4), 671–677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
- Hawkins, T. K., Wealleans, J. A., Pratt, A. M., & Ray, J. J. (2020). Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *International Endodontic Journal*, 53(5), 715–722. <https://doi.org/10.1111/iej.13243>
- Jang, S. M., Kim, E., & Min, K. S. (2021). An Update on Endodontic Microsurgery of Mandibular Molars: A Focused Review. *Medicina*, 57(3), 270. <https://doi.org/10.3390/medicina57030270>
- Keskín, C., & Keles, A. (2021). Digital Applications in Endodontics. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 38(SI-2), 168–174. <https://doi.org/10.52142/omujecm.38.si.dent.15>
- Kim, J. E., Shim, J. S., & Shin, Y. (2019). A new minimally invasive guided endodontic microsurgery by cone beam computed tomography and 3-

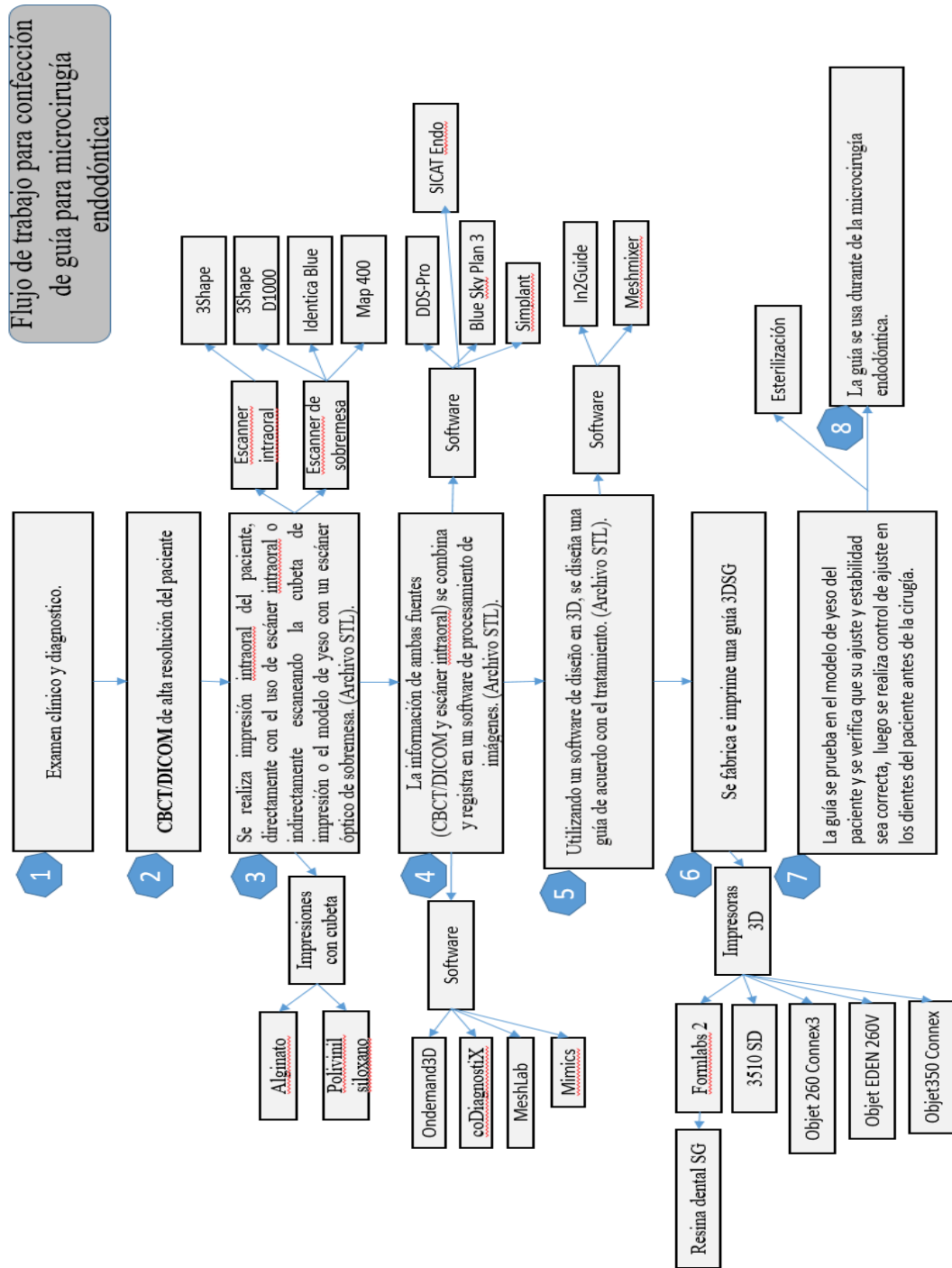
dimensional printing technology. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 44(3).
<https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e29>

- Moreno-Rabié, C., Torres, A., Lambrechts, P., & Jacobs, R. (2019). Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, 53(2), 214–231. <https://doi.org/10.1111/iej.13216>
- Lai, P. T., Yang, S. F., Lin, Y. M., & Ho, Y. C. (2019). Computer-aided design-guided endodontic microsurgery for a mandibular molar with hypercementosis. *Journal of the Formosan Medical Association*, 118(10), 1471–1472. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2019.06.007>
- Pinsky, H., Champleboux, G., & Sarment, D. (2007). Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results. *Journal of Endodontics*, 33(2), 148–151. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.005>
- Popowicz, W., Palatyńska-Ulatowska, A., & Kohli, M. R. (2019). Targeted Endodontic Microsurgery: Computed Tomography-based Guided Stent Approach with Platelet-rich Fibrin Graft: A Report of 2 Cases. *Journal of Endodontics*, 45(12), 1535–1542. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.08.012>
- Ray, J. J., Giacomino, C. M., Wealleans, J. A., & Sheridan, R. R. (2020). Targeted Endodontic Microsurgery: Digital Workflow Options. *Journal of Endodontics*, 46(6), 863–871. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.02.006>
- Sleeth, Bradley Lawrence, "In Vitro Assessment of Dynamic Guidance in Endodontic Microsurgical Osteotomy & Root-End Resection" (2020). MUSC

Theses and Dissertations. 521. <https://medica-musc.researchcommons.org/theses/521>

- Strbac, G. D., Schnappauf, A., Giannis, K., Moritz, A., & Ulm, C. (2017). Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *Journal of Endodontics*, 43(3), 496–501. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.001>
- Tavares, W. L. F., Fonseca, F. O., Maia, L. M., de Carvalho Machado, V., França Alves Silva, N. R., Junior, G. M., & Ribeiro Sobrinho, A. P. (2020). 3D Apicoectomy Guidance: Optimizing Access for Apicoectomies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 78(3), 357.e1-357.e8. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2019.10.009>
- Ye, S., Zhao, S., Wang, W., Jiang, Q., & Yang, X. (2018). A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: a case report. *BMC Oral Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0546-y>

ANEXO 1.



Anexo 1, Flujo de trabajo para confección de una guía para microcirugía endodóntica.

