



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Estomatología

TESINA

Modificación de guías quirúrgicas 3D en microcirugía endodóntica guiada para mejorar visibilidad del campo operatorio.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN ENDODONCIA

PRESENTA

C.D. JORGE ANTONIO DURÁN FERNÁNDEZ
220450001

DIRECTOR:
D.C. MIGUEL ANGEL CASILLAS SANTANA
100526485

CODIRECTOR:
D.C. ALBERTO VINICIO JEREZANO DOMÍNGUEZ
NSS524063

ASESOR DISCIPLINARIO:
C.D.E.E. PABLO ALBERTO GONZÁLEZ OVIEDO

ASESOR METODOLÓGICO:
M.S.P. ROSENDO GERARDO CARRASCO GUTIÉRREZ
100008655

ASESOR EXTERNO
D.C. DIANA IBARRA MEDEL

LECTOR
M.C.O. BRISEIDA GUADALUPE ROJAS HUERTA

FECHA DE EXAMEN:
30 DE JUNIO, 2022.

Puebla. Junio, 2022.

Dictamen de aprobación



Oficio No. FESIEP/095/2022

C. Jorge Antonio Durán Fernández
Matrícula: 220450001
Alumno de la Maestría en Estomatología
Con opción Terminal en Endodoncia
De la Facultad de Estomatología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P R E S E N T E.

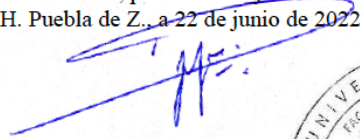
*El que suscribe, **MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez**, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio me permito informar a usted que esta Secretaría **aprueba la impresión de la Tesina titulada “Modificación de guías quirúrgicas 3D en microcirugía endodóntica guiada para mejorar visibilidad del campo operatorio”**, misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener el grado de **Maestro en Estomatología con Opción Terminal en Endodoncia**.*

Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., a 22 de junio de 2022.


MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Estomatología



Facultad
de Estomatología

31 Poniente 1304, Col. Volcanes,
Puebla, Pue. C. P. 72410
01 (222) 229 55 00 Ext. 6400

Formato de impresión de tesina

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESINA RECEPCIONAL

Para obtener el Grado de: Maestro en Estomatología con opción terminal en Endodoncia.
Registro CIFE: 2022044. **Fecha:** 21 de junio de 2022.

Título de la Tesina: Modificación de guías quirúrgicas 3D en microcirugía endodóntica guiada para mejorar visibilidad del campo operatorio.

Nombre del alumno: Jorge Antonio Durán Fernández. **Matrícula:** 220450001.

Domicilio: Av. Venustiano Carranza #50. Col. Fco. I. Madero. CP 91070. Xalapa, Veracruz.

Tel: 2281 40 05 66.

Fecha de ingreso a la Facultad: enero de 2020.

Firma: 

Director de tesis: Miguel Angel Casillas Santana. **Grado académico:** Doctor en Ciencias Odontológicas.

Adscripción: Facultad de Estomatología. **ID:** 100526485

TEL: 4448 46 76 45.

Firma: 

Director disciplinario: Pablo Alberto González Oviedo. **Grado académico:** Especialista en Endodoncia.

Adscripción: Facultad de Estomatología.

Tel: 2225 12 24 07.

Firma: 

Director metodológico: Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez. **Grado académico:** Maestría en Salud Pública.

Adscripción: Facultad de Estomatología **ID:** 100008655

Tel: 2225 05 30 84

Firma: 

Lector: Briseida Guadalupe Rojas Huerta

Grado académico: Maestría en Ciencias Odontológicas

Adscripción: Facultad de Estomatología

Tel: 2461 26 67 03

Firma: 

Nombre y firma de aprobación del responsable de la Maestría en Estomatología con Opción terminal en Endodoncia.

CDEE. Alejandro Martínez Guerrero

Firma: 

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología autoriza la impresión de la Tesis.

MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez 

Sello: 

Fecha: 21 de junio de 2022

Agradecimientos

El camino hasta aquí no ha sido fácil, han sido muchos sacrificios, pero nunca individuales, siempre hubo gente a mi lado.

Ante todo, quiero dar las gracias a mi comité que hizo posible esta tesina; el Dr. Miguel Angel Casillas Santana, el Dr. Pablo Alberto González Oviedo, el Dr. Alberto Vinicio Jerezano Domínguez, el Dr. Rosendo Gerardo Carrasco Gutiérrez y a la Dra. Diana Ibarra Medel. Gracias por el apoyo, paciencia y compromiso. Son personas muy profesionales y dignas de mi admiración.

Al Dr. Alejandro Martínez por confiar en mí y darme una oportunidad. A los Dres. Eduardo, Paco, Briseida, Pablo, Susy, Adriana, Alfonso, Rodolfo, Emilio y Brenda. Desde que los conocí los admiré mucho por su dedicación y enseñanza. Gracias por todos los consejos.

A mi familia, Yaya, Sandra, Eli y Pica que siempre estuvieron apoyando desde lejos, que siempre se preocuparon por mí y que nunca dejaron de confiar. Gracias por creer en mis sueños y sobre todo, gracias por apoyarlos. Espero que estén orgullosas.

A mis abuelos Yina y Jorge. Les agradezco infinitamente las enseñanzas que me dieron a lo largo de mi vida. Siempre estuvieron en mi mente a cada paso de este proceso y sé que estarían orgullosos y felices por mí.

A Diana. Gracias por tu amistad y compañía, por tus consejos, por escucharme, entenderme, quererme y apoyarme. Has sido mi maestra en muchas cosas y no sé cómo agradecerte. Gracias por todo.

Como olvidarme de ti, mi adorado Pepino. Aquí tienes un lugar muy importante porque estuviste presente en cada desvelo, en cada tarea. Siempre acompañándome y esta vez no fue la excepción. Gracias por elegirme y permitirme compartir el camino contigo.

Índice

Resumen.....	7
Introducción.....	8
Capítulo I. Marco Contextual.....	9
Capítulo II. Marco Conceptual.....	10
2.1 Objetivos del tratamiento/retratamiento de conductos.....	10
2.2 Causas de fracaso endodóntico.....	10
2.3 Cirugía endodóntica.....	11
2.4 Cirugía convencional.....	11
2.5 Microcirugía endodóntica.....	12
2.6 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)	13
2.7 Diseño y manufactura asistido por computadora (CAD/CAM).....	14
2.8 Impresión 3D en odontología.....	14
2.9 Impresión 3D en endodoncia.....	15
2.10 Acceso endodóntico guiado.....	15
2.11 Guías quirúrgicas.....	16
2.12 Microcirugía endodóntica guiada.	16
Capítulo III. Marco Referencial.....	20
Capítulo IV. Metodología y Análisis.....	26
4.1 Búsqueda de literatura.....	26
4.2 Criterios de inclusión y exclusión.....	26
4.3 Proceso de búsqueda y selección de estudios.....	27
4.4 Proceso de recolección de datos.....	27
Capítulo V. Discusión.....	29
Capítulo VI. Conclusión.....	31
Bibliografía.....	32

Resumen

La cirugía endodóntica es una opción de tratamiento en casos de periodontitis apical persistente donde no hay resolución con el tratamiento endodóntico no quirúrgico. Ha mostrado una evolución mediante el uso de magnificación y micro instrumentos que han hecho que el procedimiento se vuelva menos invasivo; sin embargo se tienen algunas desventajas que se han buscado sobrepasar con el paso del tiempo. Con la tecnología CAD e impresión 3D, se han creado guías quirúrgicas que han hecho que el procedimiento sea aún más conservador y que se ejecute en menor tiempo.

Aún con estas guías a nuestra disposición, se ha buscado mejorarlas en cuanto a diseño, planificación y creación de elementos auxiliares durante el procedimiento quirúrgico para mejorar la visibilidad, tiempo de procedimiento, cicatrización, etc.

La estrategia de búsqueda para esta revisión se llevó a cabo buscando artículos en bases de datos tales como Science Direct, Scopus, PubMed y Google Scholar, así como una búsqueda manual en las referencias de artículos científicos como el Journal of Endodontics. Se consideraron para su inclusión los artículos en inglés que fueron publicados entre el año 2017 hasta el 2022.

El total de artículos incluidos en este estudio fueron 3. Todos demostrando algún tipo de modificación de guías quirúrgicas en endodoncia.

La información presentada en este trabajo ha demostrado que existen aditamentos creados digitalmente e impresos en 3D, dentro o fuera de la guía, que pueden mejorar el procedimiento quirúrgico, elevando el porcentaje de éxito mediante la reducción de tiempo del procedimiento; una mejor cicatrización debido a la mínima invasión que nos proporcionan y a la retracción de los tejidos blandos, y un flujo de trabajo digital, análogo o híbrido que ponga esta técnica a nuestro alcance.

Introducción

Las guías quirúrgicas en endodoncia son plantillas diseñadas digitalmente e impresas en 3D que nos permiten realizar tratamientos quirúrgicos menos invasivos y conservadores con la finalidad de lograr resultados favorables y predecibles, promoviendo una recuperación más cómoda y rápida para el paciente debido a que no hay eliminación excesiva de hueso al crear la ventana ósea ni manipulación excesiva de tejidos blandos.

La cirugía y microcirugía endodóntica convencional tienen la desventaja, entre otras, de un mal manejo de los tejidos blandos durante su retracción y una visibilidad del campo operatorio medianamente buena, lo cual puede representar alteraciones en la cicatrización y un tiempo operatorio prolongado.

Con el uso de las guías quirúrgicas convencionales no se sobrepasan estas desventajas, es por ello que mediante su modificación se pretende conjuntar elementos importantes durante la cirugía endodóntica y así aumentar la visibilidad del campo operatorio mediante el manejo adecuado de los tejidos blandos, además de disminuir el tiempo transoperatorio.

El empleo del CBCT en el diagnóstico y la planeación quirúrgica endodóntica ha sido investigado y publicado. A pesar de que el diseño y la impresión tridimensional de dichas guías está bien documentada, hay poca información de modificaciones y mejoras.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL

La cirugía endodóntica está indicada en pacientes en los que es posible que la lesión original de periodontitis apical no se haya curado después del tratamiento endodóntico primario, que la lesión haya persistido después del retratamiento, que la lesión original se haya curado pero que haya surgido posteriormente una nueva lesión, y que no hubiera lesión en el momento del tratamiento endodóntico, pero que se haya desarrollado con el tiempo (1).

Con el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas al campo de la odontología, más específicamente en la endodoncia, se ha mejorado el procedimiento quirúrgico. Los archivos CBCT Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) y los modelos digitalizados se han utilizado en la producción de guías quirúrgicas impresas en 3 dimensiones para la colocación de implantes (2,3) lo cual se ha orientado al campo de la endodoncia. Estas plantillas se fabrican tras la adquisición de datos, el procesamiento de imágenes y la impresión, a través de las cuales la combinación de la información obtenida del CBCT y de los escaneos digitales pueden integrarse en una plantilla física (3).

Aún así, siguen existiendo inconvenientes como la retracción de tejidos blandos, lo cual puede provocar alteraciones en la cicatrización de los mismos y provocar problemas transitorios, como parestesia (4). Este problema parece ser resuelto mediante la creación de artefactos retractores individuales (5), pero no ha habido reporte de la creación de ambos artefactos en uno mismo.

El propósito de esta revisión realizada en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es, por lo tanto, describir los reportes de literatura donde se aborden los cambios experimentales de las guías convencionales para mejorar el procedimiento quirúrgico y la retracción de los tejidos blandos para obtener una buena visibilidad del campo operatorio, un tiempo de trabajo adecuado y una mejor cicatrización de los tejidos involucrados en el procedimiento endodóntico quirúrgico.

CAPÍTULO II: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Objetivos del tratamiento/retratamiento de conductos

El objetivo principal en endodoncia es la prevención y tratamiento de enfermedades pulpares y de los tejidos perirradiculares (1), principalmente la periodontitis apical, la cual es un proceso inflamatorio en los tejidos periapicales (1,3).

La etiología de la periodontitis apical generalmente es la presencia de bacterias o sus productos dentro del sistema de conductos radiculares y de la dentina circundante, que podría traducirse también a los tejidos fuera del foramen apical u otros portales de entrada (6).

La lesión producida por esta infección generalmente se localiza en el ápice, pero pueden existir comunicaciones a varios niveles a lo largo de la superficie radicular, y estas lesiones desarrollarse en ubicaciones laterales y furcales. Para lograr la curación de estos tejidos, se debe eliminar la infección y prevenir la reinfección mediante el tratamiento de conductos (6).

2.2 Causas de fracaso endodóntico

Una vez que se ha iniciado el tratamiento de conductos, muchos factores pueden contribuir potencialmente al deterioro de los tejidos periapicales, resultando en la persistencia de los procesos patológicos. Estos factores incluyen complicaciones como perforaciones, separación de instrumentos y extrusión de materiales usados durante el tratamiento de la zona periapical (1). Adicionalmente, el desarrollo de quistes radiculares y cristales de colesterol pueden contribuir a la persistencia de las lesiones perirradiculares (6).

En algunas ocasiones, esta lesión puede persistir después del tratamiento de conductos, incluso después de un retratamiento, y es aquí donde debemos considerar un abordaje quirúrgico (4).

2.3 Cirugía endodóntica

La cirugía apical se realiza para eliminar los factores etiológicos de origen endodóntico que causan la patología perirradicular. Así, la lesión patológica se corrige mediante una lesión quirúrgica intencionada, con el propósito de mejorar la salud general del paciente y basada en la previsibilidad de la curación de la herida que se producirá (7).

La cirugía endodóntica implica la retracción de los tejidos mucoperiosticos con el fin de realizar un curetaje, apicectomía, retropreparación y retrobturación del extremo radicular, logrando así incrementar el porcentaje de éxito de la recuperación (6,7).

Este procedimiento está indicado en dientes con periodontitis apical, dientes con tratamientos endodónticos previos que fracasaron, dientes con fuertes posibilidades de fracaso por abordaje no quirúrgico y donde se necesite una biopsia (8). Los pacientes en los que el tratamiento de conductos primario fracasa, son quienes pueden beneficiarse de la apicectomía.

Hasta hace algunos años la cirugía endodóntica era poco aceptada y fue practicada por muy pocos en la clínica privada, ya que no fue considerada como un procedimiento importante en el campo de la endodoncia (4).

2.4 Cirugía convencional

El tratamiento endodóntico quirúrgico tradicional ha sido realizado mediante la resección del ápice con un bisel de 45 grados, y una retropreparación del conducto con fresas de alta velocidad y retrobturación apical (8). Sumi *et al.* calcularon que el éxito de la apicectomía quirúrgica clásica rondaba en un 50%, autores más pesimistas lo sitúan en un 37%. Aunque se considera que las posibilidades de dañar

estas estructuras son mínimas, la cirugía endodóntica tradicional no tiene una imagen positiva por su naturaleza invasiva (4).

Las limitaciones y desventajas del método quirúrgico clásico se han hecho evidentes debido al rápido avance de la tecnología (9). Recientemente, una nueva técnica se ha desarrollado para el tratamiento endodóntico quirúrgico en la que se utiliza un microscopio operatorio dental que permite una mayor precisión de procedimiento (8). Las limitaciones de los procedimientos quirúrgicos convencionales pueden ser rebasadas mediante la microcirugía endodóntica, la cual nos provee de una mejor iluminación y magnificación visual. Sus ventajas incluyen una identificación más fácil de la zona apical y estructuras anatómicas circundantes y osteotomías más pequeñas (4).

2.5 Microcirugía endodóntica

La microcirugía endodóntica logra resultados deseables mediante la mejora de la visualización, magnificación e iluminación; instrumentos microquirúrgicos; preparaciones del extremo apical con ultrasonido; y el uso de materiales biocompatibles (5,8). El microscopio de operación quirúrgica con magnificación e iluminación proporciona el acceso visual necesario para realizar técnicas microquirúrgicas con un mayor grado de confianza y precisión (10). Se ha informado un 88.9–100% de éxito de la microcirugía endodóntica y un 35% de éxito sobre técnicas anteriores (10,11).

Se ha considerado que la microcirugía endodóntica es un procedimiento complicado, ya que requiere mucha precisión y conocimiento de las estructuras anatómicas adyacentes al sitio de abordaje, como pueden ser vasos sanguíneos, nervios, forámenes, senos maxilares y el conducto alveolar inferior, lo cual podría mitigarse con el uso del CBCT (12)(13).

Uno de los procedimientos durante el tratamiento quirúrgico incluye el abordaje de los tejidos blandos y duros, esto cuando se realiza el colgajo y la osteotomía,

respectivamente (7). El manejo de los tejidos blandos usualmente no se consideraba importante en el pasado. El cirujano pensaba que la retracción era trabajo del asistente y le ponía muy poca atención a las consecuencias y complicaciones de una retracción deficiente (4). La retracción eficiente y atraumática de los tejidos blandos es esencial, ya que la curación más rápida de los tejidos blandos es el resultado de un menor traumatismo de los tejidos y un mejor cierre de las heridas durante los procedimientos microquirúrgicos, independientemente de si la cirugía apical se realiza en dientes anteriores o posteriores (5,14).

El daño involuntario de los tejidos blandos que se produce por una elevación y retracción inadecuada del tejido puede retrasar la cicatrización (7), también se sabe que uno de los factores clave durante la curación postoperatoria de tejidos blandos es debido al frecuente deslizamiento del retractor durante la cirugía. Esto puede desencadenar una parestesia transitoria cuando el acto quirúrgico se hace en la zona mandibular (4). De igual manera, se debe prestar atención a la retracción de tejidos blandos para no obstaculizar la visualización del operador, ya que muchos fracasos quirúrgicos endodónticos se han atribuido a la escasa visibilidad y capacidad de tratar las causas microscópicas de la enfermedad apical (14).

Para tratar de resolver este problema, se han desarrollado diversos retractores de diferentes formas y tamaños que permiten realizar una retracción estable y atraumática (5,11). Sin embargo, estos retractores no se han involucrado dentro del diseño de la guía quirúrgica 3D, y esto podría representar algunas desventajas.

2.6 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT, por sus siglas en inglés) es una herramienta prometedora para el armamento del endodoncista, especialmente durante los procedimientos quirúrgicos (15). El CBCT ofrece una imagen tridimensional que pudiera rebasar las limitaciones que tenemos con la radiografía

convencional, como su naturaleza bidimensional, ruido anatómico asociado y distorsión geométrica (4,13).

Considerando estas limitantes, el CBCT se ha indicado en el diagnóstico, evaluación de lesiones apicales enfocado hacia la planeación quirúrgica, diagnóstico de resorciones internas y externas, perforaciones y fracturas radiculares y para evaluar la reparación después del tratamiento quirúrgico (16).

La postura de la Sociedad Europea de Endodontología en 2014 indica que el CBCT se debe considerar en la planeación preoperatoria y en el manejo de la cirugía perirradicular (16,17).

2.7 Diseño y manufactura asistido por computadora (CAD/CAM)

La tecnología de CAD/CAM es uno de los aspectos que más rápido está evolucionando en la odontología restauradora moderna (16-18). El historial de la tecnología CAD/CAM y la odontología comenzó en 1985, cuando Mörmann y Brandestini presentaron el sistema Cerec (19). Todas las aplicaciones del CAD/CAM involucran tres pasos: la adquisición digital de datos usando un escaner intraoral y/o un CBCT, el procesamiento de datos y diseño dentro de una aplicación de software y la producción mediante la impresión 3D (18-20).

2.8 Impresión 3D en odontología

El término "impresión 3D" se utiliza generalmente para describir un enfoque de fabricación que construye objetos capa a capa, añadiendo múltiples capas para formar un objeto (21,22). Desde la introducción del CBCT, se ha acumulado la documentación de aplicaciones de impresión 3D en endodoncia, periodoncia, prostodoncia, ortodoncia y cirugía oral (23).

El uso de impresión 3D en odontología incluye la fabricación de implantes y sus guías quirúrgicas, la fabricación de modelos dentales y el ensamblaje de las cofias y marcos para implantes, restauraciones dentales y endopostes (17,20).

2.9 Impresión 3D en endodoncia

Un número limitado de artículos han documentado la aplicación de la impresión 3D en endodoncia para su empleo en planeación de modelos prequirúrgicos, accesos endodónticos guiados, retracción quirúrgica de tejidos blandos, localización del sitio de perforación de la osteotomía, autotransplantes y simulación de pretratamientos (2,3,11).

Existen múltiples beneficios para enseñanza de procedimientos endodónticos no quirúrgicos y quirúrgicos utilizando estas tecnologías (24), tal es el caso de la fabricación de un modelo de enseñanza modular en el que se puede sustituir cualquier diente del modelo por dientes reales o simulados, lo cual permite la determinación de longitud de trabajo radiográfica y electrónica, logrando que los estudiantes se sientan mejor preparados para la práctica clínica (25). Aún así, es necesario seguir investigando sobre las diversas aplicaciones de los modelos impresos y las guías impresas en 3D (24).

2.10 Acceso endodóntico guiado

La impresión 3D ha sido útil en procedimientos endodónticos no quirúrgicos, como es el caso de los accesos endodónticos guiados. El acceso endodóntico guiado es un método en el que se utiliza una guía para poder localizar y acceder de forma precisa a los conductos radiculares obliterados (26).

Cuando un conducto radicular se oblitera, los conductos suelen estar en una porción más apical en raíces estrechas de manera progresiva como resultado de aposiciones dentinarias, trauma, caries, edad, etc. (27,28). La obliteración de los

conductos está relacionada en un 50-75% con perforaciones durante la localización y negociación de los conductos (3,25-27).

Debido a estas problemáticas, se han desarrollado plantillas o guías para producir una verdadera vía de acceso y así eliminar el riesgo de perforaciones (3). Se ha demostrado en estudios clínicos, que el acceso endodóntico guiado es una herramienta precisa, rápida e independiente del operador para acceder a los conductos radiculares (29).

2.11 Guías quirúrgicas

Las plantillas impresas en 3D pueden mitigar el riesgo de invasión de estructuras y dientes adyacentes a través de la focalización de los sitios del procedimiento. Durante la fase CAD, una representación 3D del lugar de la cirugía se utiliza para diseñar una plantilla personalizada que reproduce el punto de acceso de la osteotomía planeada. Una vez que el diseño esté completo, el archivo de estereolitografía (STL) es transferido a una impresora 3D donde se fabrica una guía quirúrgica que reproduce la ruta de acceso planeada (9,11).

Las aplicaciones quirúrgicas de la impresión 3D para la microcirugía endodóntica se han demostrado cuando las guías derivadas del CBCT producen osteotomías localizadas con mayor precisión que una técnica tradicional de mano libre en un modelo *in vitro* (30).

2.12 Microcirugía endodóntica guiada

En la microcirugía endodóntica, el más grande desafío es localizar el ápice radicular sin dañar las estructuras adyacentes, aún más cuando la lesión apical no haya fenestrado el hueso cortical (31) o en casos de la zona posterior y su relación con la trayectoria de estructuras neurovasculares (28-32), en casos que se tenga que tratar un molar maxilar con abordaje palatino (33), o cuando el ápice radicular se

encuentra cerca del seno maxilar (34). Esto es especialmente importante cuando las trayectorias de las estructuras neurovasculares se visualizan muy cerca de la zona quirúrgica en un escáner CBCT (35).

La microcirugía endodóntica guiada combina una guía quirúrgica impresa en tres dimensiones de diseño preciso con una guía para la osteotomía y la resección del extremo radicular. El flujo de trabajo digital de la microcirugía endodóntica guiada se basa en dos premisas: 1. El hueso, las raíces y los espacios neurovasculares se reproducen con precisión mediante imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), y; 2. Las superficies oclusales intraorales visibles y los tejidos blandos se reproducen con precisión (12). Esta técnica requiere equipo y entrenamiento especial (2,9,13,33,36,37).

En el reporte hecho por Strbac *et al.*, realizan una guía quirúrgica con pines colocados de manera digital e individual para marcar los márgenes de una osteotomía rectangular que abarca los ápices radiculares de 2 órganos dentarios a tratar en distintos tiempos operatorios (fig. 1), cuya ventana ósea fue llevada a cabo con una sierra piezoeléctrica (b7; Piezomed instrument) (fig. 2)(34).

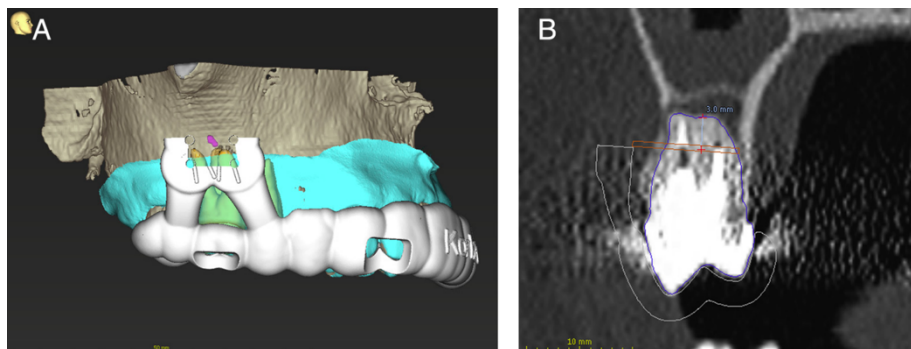


Fig. 1. (A) visualización del archivo DICOM con el escaneo intraoral superpuesto durante la planeación del tamaño de la osteotomía de los O.D. #3 con ayuda de la colocación de pines quirúrgicos posicionados digitalmente (los cuales tienen 1.5 mm de diámetro). (B) corte coronal del O.D. #4 visualizado en el software de planeación digital que nos presenta la resección apical de 3 mm pre-planeada y en ángulo del bisel dentro de las limitaciones de esta guía (Imágenes tomadas de Strbac GD.

Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. J Endod. 2017;43(3):496–501). (34).

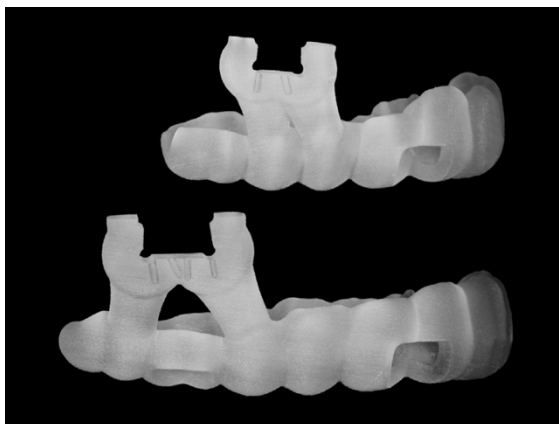


Fig. 2. Guías quirúrgicas diseñadas en el software coDiagnostiX para los O.D. #3 y #4 (Imágenes tomadas de Strbac GD. Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. J Endod. 2017;43(3):496–501) (34).

El diseño digital preoperatorio de estas guías nos permite personalizar el tamaño de la osteotomía y el nivel y angulación del ápice radicular (33-35), lo que nos ayudaría a eliminar ramificaciones apicales en un 98%, y así obtener mejores resultados (37).

Las guías quirúrgicas impresas en 3D permiten incluir los tejidos blandos en la planificación, ya que el diseño de los colgajos y el manejo de los tejidos blandos pueden adaptarse a cada paciente. Dependiendo de la localización requerida, las guías quirúrgicas diseñadas individualmente pueden apoyarse en la mucosa, los dientes, el hueso o con una técnica combinada (34). Si bien no hay un protocolo establecido para la elaboración de estas guías, ha habido muchas propuestas o flujos de trabajo sobre como planear y diseñar estas plantillas 3D (12).

Con el CBCT, el uso de las guías quirúrgicas se está convirtiendo en un gold standard debido a que nos permite realizar los tratamientos específicos para cada paciente, aunque todavía se está desarrollando mediante el avance y el

perfeccionamiento de la tecnología CAD/CAM y de los dispositivos auxiliares, incluyendo el escáner intraoral, el software CAD y la impresora 3D (36). Teniendo estos avances, se ha reportado que la eliminación de hueso con guía quirúrgica es más precisa que la técnica a mano libre (38) ya se ha reportado que el 22% de las veces se produjo un error superior a 3 mm con mano libre, mientras que no se produjo ningún error con la guía quirúrgica (30).

Aunque el resultado posoperatorio de los procedimientos quirúrgicos guiados es bueno, creemos que si se mejora su diseño, la tasa de éxito se elevaría, ya que para la cirugía endodóntica convencional es del 50% y para la microcirugía endodóntica se ha reportado un 89% a un año (34), además, el tiempo de procedimiento podría reducirse y la visibilidad para el operador sobre el campo quirúrgico aumentaría, así como la recuperación que podría ser más cómoda para el paciente.

CAPÍTULO III: MARCO REFERENCIAL

En el año 2018, surgió el primer reporte de caso de una microcirugía endodóntica guiada por Giacomino *et al.* en el que se utilizó una trefina para osteotomía y resección del ápice radicular en el mismo paso (2). En la figura 3 se describe el proceso quirúrgico y la planeación de la guía, la cual se diseña para un acceso palatino. Se destaca que la trefina se utilizó para hacer la osteotomía sin levantamiento de colgajo (2), en contraste con otros casos en los que, antes de colocar la guía, realizan el diseño y levantamiento del colgajo (13,31,35).

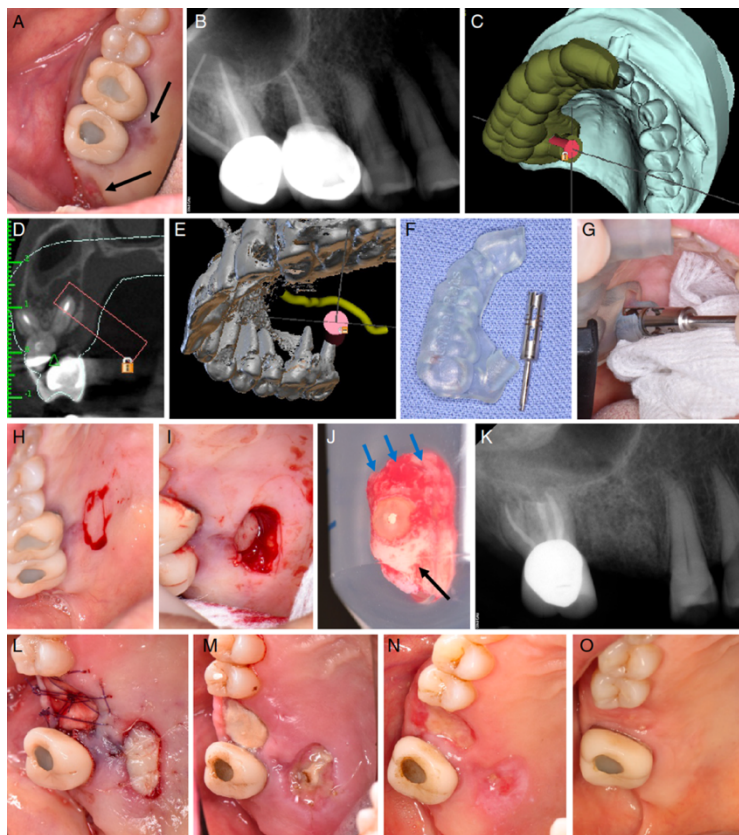


Figura 3. (A) Imagen preoperatoria que muestra dos tractos sinuosos. (B) Tractografía del tracto sinuoso distal a la raíz palatina del O.D. #2. (C) Guía quirúrgica impresa en 3D fabricada en modelo digital con puerto de trefina con liberación oclusal contralateral. (D) Vista coronal en CBCT de la vía de trefina planeada. (E) Vista 3D de la vía de trefina la cual se diseñó para evitar la gran arteria palatina y su foramen que corre anteriormente. (F) Guía con trefina personalizada.

(G) Guía 3D con la trefina insertada en el puerto para la producción de puntos de sangrado. (H) Puntos de sangrado y posterior incisión para la ventana de la mucosa. (I) Ventana de la mucosa después de la osteotomía con trefina con el hueso colocado. (J) Muestra de hueso cortical palatino (flecha negra), extremo radicular seccionado y tejido blando (flechas azules). (K) Radiografía postoperatoria inmediata. (L) Imagen del postoperatorio inmediato con la mucosa palatina reimplantada. (M) Una semana de postoperatorio. (N) Cuatro semanas de posoperatorio. (O) Tres meses de postoperatorio con tejido palatino y tractos sinuosos curados (Imágenes tomadas de Giacomino CM. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional–printed Guides and Trefine Burs—A Report of 3 Cases. J Endod. 2018;44(4):671–7.) (2).

En este caso se utilizó una ventana en mucosa sin colgajo y se cerró con una reposición de tejido para optimizar la cicatrización y la comodidad del paciente. La guía quirúrgica garantizó que la arteria palatina mayor, cuya trayectoria corría cerca de la zona quirúrgica, quedara protegida. El tejido palatino se sustituyó sobre el lecho quirúrgico para la comodidad del paciente durante la cicatrización prevista por segunda intención (2).

Por otro lado, en el estudio publicado por Fan *et al.* se presenta un método alternativo que incluye imágenes de CBCT de pretratamiento tomadas con rejillas prefabricadas. Aunque en el campo de la medicina se ha empleado esta técnica en procedimientos como biopsias y drenajes, hasta la fecha no ha habido estudios sobre el uso de rejillas prefabricadas en la cirugía endodóntica. El objetivo de este estudio es presentar y comparar la precisión de este método novedoso con la del método no guiado (figura 4)(39).

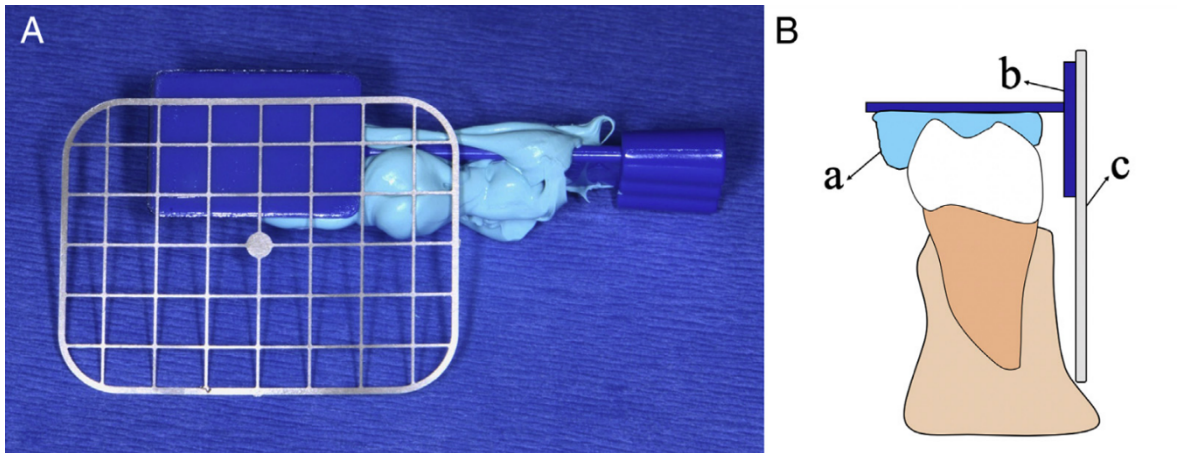


Figura 4. (A) La rejilla metálica se encuentra fija en un soporte de aleta de mordida que otorga un posicionamiento reproducible durante la toma del CBCT y durante el procedimiento clínico con ayuda del material de registro de mordida. (B) (a) material para registro de mordida; (b) soporte de aleta de mordida; y (c) rejilla metálica (Imagen tomada de Fan Y. A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. J Endod. 2019;45(5):606–10.) (39).

En este método, se debe mantener colocada la rejilla durante la toma del CBCT para poder localizar puntos de entrada de la fresa y el punto de referencia para reproducirlo durante el procedimiento quirúrgico (figura 5: donde p es el punto de entrada de la fresa, d la profundidad de entrada de la fresa y r es el punto de referencia de la rejilla).

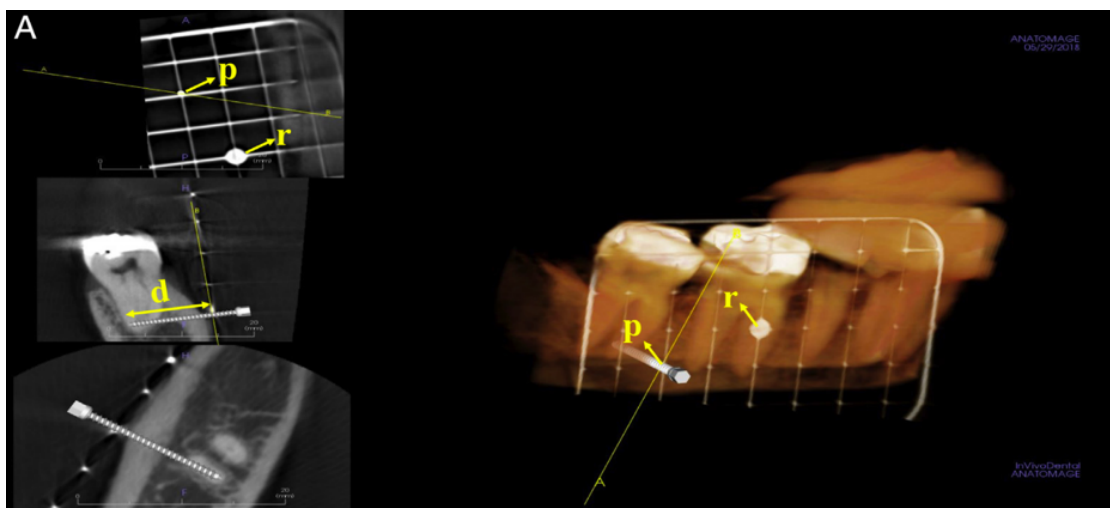


Figura 5. Planificación preoperatoria del acceso apical a la raíz mesial de un segundo molar mandibular en el grupo experimental (p, punto de entrada de la fresa; d, profundidad de entrada de la fresa; y r, punto de referencia) (Imagen tomada de Fan Y. A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. J Endod. 2019;45(5):606–10.) (39).

Se utilizaron raíces maxilares y mandibulares de 3 cadáveres adultos, de las cuales 21 se asignaron aleatoriamente al grupo experimental (rejilla) y sus homólogos contralaterales al grupo de control (método no guiado). Como resultados del experimento, solo 1 de 21 (5%) de los procedimientos con rejillas falló en comparación con 8 de 21 (38%) de los procedimientos sin rejillas (39).

Existen reportes de casos de tratamientos endodónticos quirúrgicos en los que se utilizan las guías quirúrgicas 3D (2)(9)(36) con alto porcentaje de éxito (40), pero no existe ningún reporte en los que se haya realizado una modificación o añadido aditamentos que permitan evaluar la retracción, visibilidad, tiempo de procedimiento y cicatrización.

Hay un reporte publicado por Patel *et al.* en 2017 donde demostraron el uso de un retractor de tejidos personalizado impreso en 3D para mejorar la visualización y el manejo de tejidos blandos durante la microcirugía endodóntica en un incisivo maxilar (5). Los datos del CBCT del paciente se convirtieron en un archivo STL para obtener un modelo 3D de la zona a tratar. Sobre este modelo se diseñó con cera el retractor, el cual se digitalizó y se imprimió nuevamente en 3D con un material autoclavable (nylon sinterizado). Durante la cirugía, el retractor de tejidos blandos cumplió su función principal, la cual era mejorar la visibilidad del operador (Figura 5A – 5F) (5).

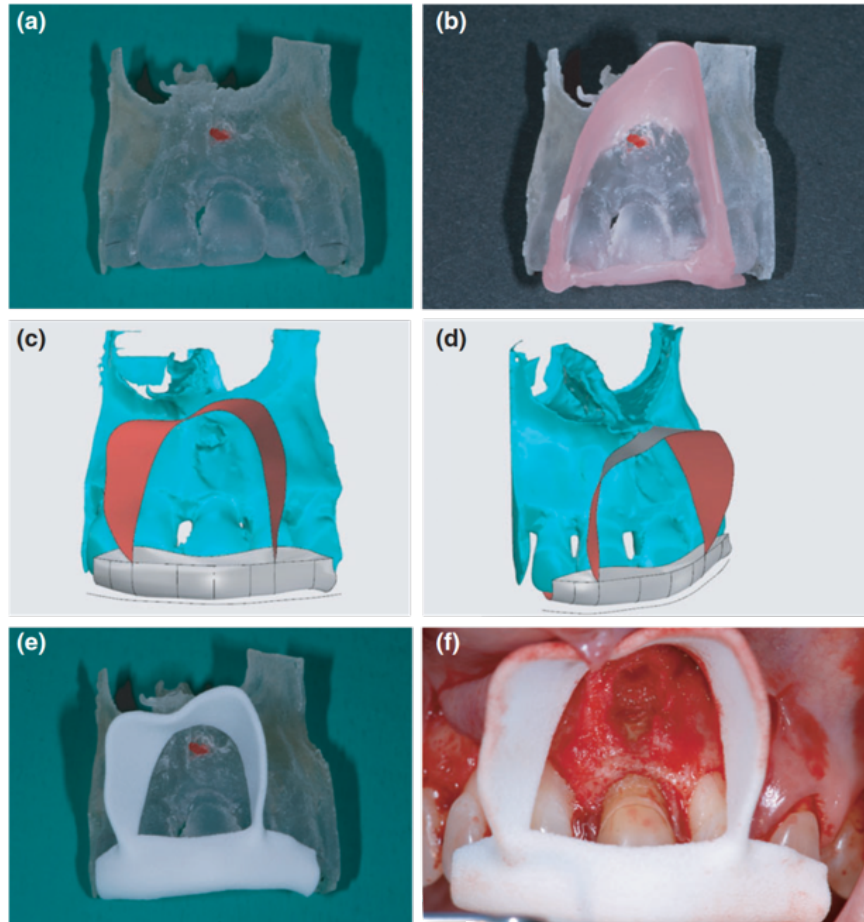


Figura 5. (a) Se fabricó un modelo de superficie de la zona de interés a partir de los datos DICOM del CBCT. La ubicación de la lesión se marcó en cera roja como punto de referencia para el diseño del retractor. (b) Se hizo una "maqueta" del retractor en cera dental sobre el modelo anatómico para transmitir el diseño previsto al técnico antes de la impresión 3D. (c, d) El diseño preliminar fue reinterpretado y modificado por un diseñador industrial en un estudio de impresión en 3D contra el modelo 3D utilizando el software CAD. (e) El retractor se probó en el modelo para comprobar el ajuste y el acceso. (f) El retractor personalizado mejoró el manejo de los tejidos blandos y el acceso durante la microcirugía periapical del paciente (Imagen tomada de Patel S. A novel method for soft tissue retraction during periapical surgery using 3D technology: a case report. *Int Endod J.* 2017;50(8):813–22.) (5).

El retractor descrito en este informe de caso se diseñó de forma que proporcionara una "ventana" clara para realizar una osteotomía y una cirugía de extremo radicular. Esto permitió al operador asegurarse de que el lugar de la osteotomía se mantuviera lo más pequeño posible, y en este caso, tanto el operador como el paciente se beneficiaron de una mejor visualización, manejo de los tejidos blandos y control de la humedad (5).

Cabe mencionar que esta no es una modificación a una guía quirúrgica, pero es el antecedente de los aditamentos creados en 3D para la búsqueda de mejorar el procedimiento endodóntico quirúrgico. Estamos seguros de que con estos avances tecnológicos a nuestro alcance, podemos crear aditamentos independientes de la guía convencional o incluso diseñar ambos elementos en un mismo artefacto impreso en 3D. Las posibilidades son ilimitadas.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

4.1 Búsqueda de literatura

Esta revisión de la literatura se realizó desde enero 2020 hasta mayo de 2022, con la finalidad de conjuntar la información disponible en distintas bases de datos sobre guías quirúrgicas en endodoncia y su modificación para mejorar la visibilidad del campo operatorio y el tiempo del procedimiento quirúrgico. Finalmente, los artículos incluidos fueron los que se publicaran en un periodo comprendido desde el año 2017 hasta el 2022.

La estrategia de búsqueda se desarrolló y se utilizó para buscar artículos indexados en las bases de datos electrónicas Science Direct, Scopus, PubMed y Google Scholar, así como una búsqueda manual en las referencias de los artículos utilizados para esta revisión y una búsqueda en el Journal of Endodontics.

Las palabras clave empleadas fueron: **3D printing, guided endodontic surgery, endodontic microsurgery, guided endodontics, CBCT, stereolithographic guide**, y se combinaron con los operadores booleanos “OR” y “AND” para reducir la búsqueda a los temas específicos de la presente investigación.

4.2 Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyó todo tipo de estudios publicados en inglés que describieran las guías quirúrgicas en endodoncia y sus modificaciones.

Se excluyeron los estudios que estuvieran publicados en un idioma distinto al inglés, artículos que no presentaban el texto completo, que no tuvieran información relevante para ser incluidos en el estudio y revisiones.

4.3 Proceso de búsqueda y selección de estudios

La estrategia de búsqueda se llevó a cabo con una combinación de términos y palabras clave relacionadas con la estrategia PICO. Se utilizó un software gestor de bibliografías y documentos (Mendeley Ltd. All rights reserved). Se eliminaron duplicados y se leyeron los títulos y resúmenes de los artículos para su selección. Los artículos relevantes fueron leídos en texto completo.

4.4 Proceso de recolección de datos

La búsqueda electrónica mostró un total de 85 artículos, además de 6 artículos referenciados mediante búsqueda manual. Se eliminaron los duplicados y se leyeron los títulos y resúmenes de 40. Se eliminaron 18 artículos por irrelevancia. 22 artículos fueron leídos a texto completo y de acuerdo con los criterios de elegibilidad, se eliminaron 19. Se incluyeron 3 artículos (2, 5 ,39).

El proceso de búsqueda y selección de artículos se presenta en la figura 5.

Identificación de nuevos estudios mediante las bases de datos

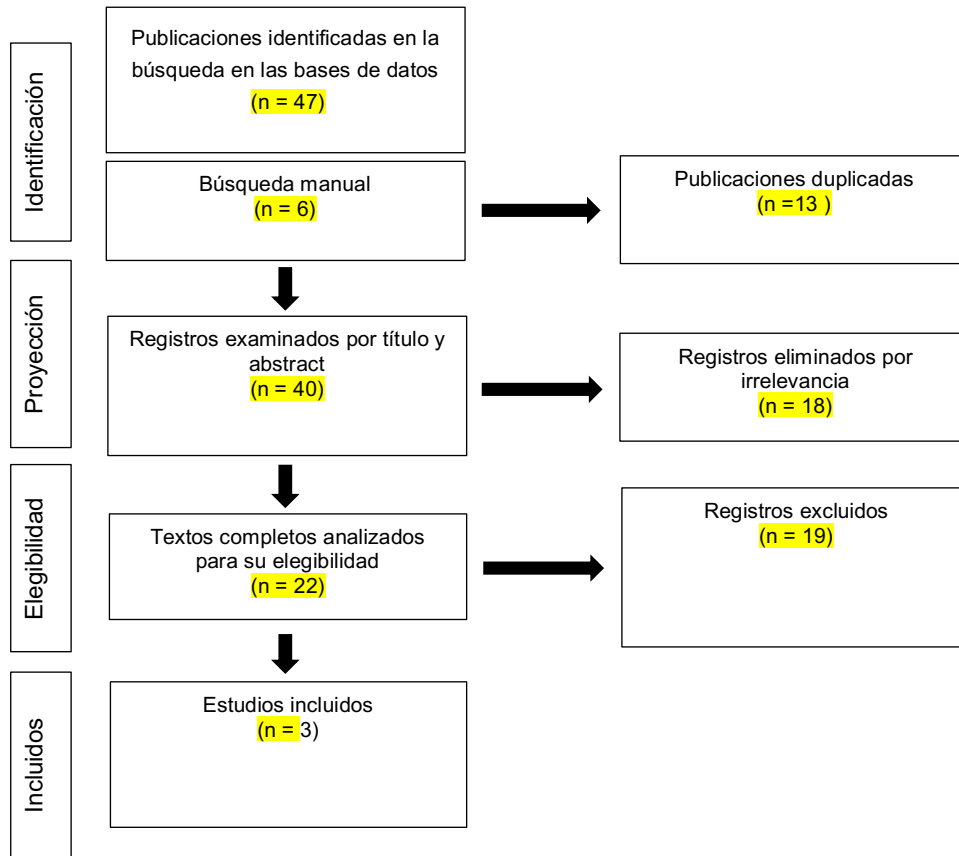


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de búsqueda y elección de literatura.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

El concepto de endodóncia guiada se ha definido como guías diseñadas por computadora que son usadas para realizar un acceso endodóntico o una cirugía apical, con el fin de alcanzar un resultado favorable y predecible (41). Asimismo, la modificación de las guías quirúrgicas es un tema complicado, ya que los estudios incluidos en este trabajo muestran que no existe un protocolo estandarizado en cuanto al flujo de trabajo digital o al mismo procedimiento clínico, por lo que no se puede estandarizar un prototipo de guía para hacer modificaciones sobre el mismo.

Mediante la búsqueda de la información en las distintas bases de datos, se ha evidenciado que las modificaciones a las guías quirúrgicas es un tópico poco investigado y divulgado, tal como lo menciona Moreno-Rabié (41). A pesar de ello, se han desarrollado y reportado guías quirúrgicas con modificaciones (2), guías quirúrgicas alternativas (39) o modificaciones complementarias a la guía (5) utilizando CBCT y la tecnología CAD con el objetivo de mejorar algunas variables del procedimiento, tales como visibilidad, mejora del tiempo de trabajo, manejo de tejidos, incluso la planeación pre-quirúrgica.

El reporte de caso de Giancomino *et al.* resulta en una eliminación de tejidos blandos y duros en un solo paso mediante el uso de trefina (2), lo cual difiere del caso descrito por Kim *et al.* en el que se utiliza una guía quirúrgica solo para marcar el sitio de eliminación ósea para después retirarla y hacer colgajo, eliminación de hueso con una frasa de bola #6 a alta velocidad y la resección del ápice fue de igual manera realizada con fresa de diamante a alta velocidad; Se reportó un tiempo de procedimiento de 30 minutos (36), lo cual podría mejorar con la técnica de un solo paso. También se reportó una recuperación adecuada, lo cual se relaciona con el concepto de mínima invasión de tejidos duros y blandos y que está de acuerdo con Wang *et al.* donde mencionan que los diámetros de osteotomía <5 mm dan lugar a una mejor cicatrización ósea en comparación con los que superan los 5 mm, que pueden dar lugar a la formación de tejido fibroso y a un retraso en la cicatrización (42), mismo diámetro de la trefina utilizada por Giancomino *et al.* (2).

Ahora bien, ¿qué evidencia existe de la creación de artefactos independientes que se realicen de manera digital y ayuden a mejorar el procedimiento clínico?, el artículo de Patel *et al.* expone un elemento novedoso y demuestra que se pueden elaborar aditamentos auxiliares para obtener aún más beneficios con la tecnología 3D en endodoncia (5). El desarrollo de un retractor de tejidos blandos con la ayuda de un diseñador industrial, permitiría una manipulación más adecuada de los tejidos al retraerlos de manera pasiva durante todo el procedimiento quirúrgico y sin la intervención directa del operador, al permitir que la atención del resto del acto quirúrgico sea concentrada en la osteotomía y apicectomía. De acuerdo a Kim *et al.* esto podría mitigar el riesgo de provocar parestesia transitoria comparado con el frecuente deslizamiento de un retractor convencional, además, ayudaría a obtener una curación más rápida al evitar el traumatismo (43).

Se debe destacar de igual manera el reporte publicado por Fan *et al.* donde se propone una técnica guiada para la microcirugía endodóntica donde la planeación prequirúrgica se ve modificada utilizando como guía una rejilla metálica, la cual se coloca durante la toma del CBCT y durante el procedimiento quirúrgico (40). Esto contrasta con lo propuesto en el estudio de Ray *et al.* donde se proponen flujos digitales para la creación de guías quirúrgicas impresas en 3D, incluyendo CBCT y modelo anatómico digital del paciente (12). Esto es relevante, ya que podríamos obtener ventajas como una planeación más económica para los pacientes e incluso realizar la cirugía guiada solo con el uso del CBCT, así como tener una visión amplia del campo operatorio y se podría combinar con un retractor de tejidos blandos como el propuesto por Patel *et al.* (5).

CAPÍTULO VI. CONCLUSIÓN.

Las modificaciones en guías quirúrgicas impresas en 3D son muy poco frecuentes, ya que se requiere de mucho conocimiento técnico para su elaboración.

Se han desarrollado elementos para mejorar más el procedimiento endodóntico quirúrgico y los reportes demuestran que su inclusión permite mejorar el tiempo de planeación y procedimiento quirúrgico, porcentaje de éxito clínico y cicatrización.

Se requieren más investigaciones en el campo de la endodoncia guiada para determinar si las modificaciones realizadas en las guías representan una ventaja en la manipulación y pronóstico de los tratamientos quirúrgicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Haapasalo M, Udnaes T, Endal U. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. *Endod Top.* 2003;6(1):29–56.
2. Giacomino CM, Ray JJ, Wealleans JA. Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional–printed Guides and Trepine Burs—A Report of 3 Cases. *J Endod* [Internet]. 2018;44(4):671–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
3. Anderson J, Wealleans J, Ray J. Endodontic applications of 3D printing. *Int Endod J.* 2018;51(9):1005–18.
4. Kim S, Kratchman S. Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *J Endod.* 2006;32(7):601–23.
5. Patel S, Aldowaisan A, Dawood A. A novel method for soft tissue retraction during periapical surgery using 3D technology: a case report. *Int Endod J.* 2017;50(8):813–22.
6. Huuonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Top.* 2002;1(1):3–25.
7. Harrison JW, Jurosky KA. Wound healing in the tissues of the periodontium following periradicular surgery. I. The incisional wound. *J Endod.* 1991;17(9):425–35.
8. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *J Endod.* 2006;32(5):412–6.
9. Ye S, Zhao S, Wang W, Jiang Q, Yang X. A novel method for periapical microsurgery with the aid of 3D technology: A case report. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):1–7.
10. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and super-EBA as root-end filling material. *J Endod.* 1999;25(1):43–8.

11. Ahn SY, Kim NH, Kim S, Karabucak B, Kim E. Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing-guided Endodontic Surgery: Guided Osteotomy and Apex Localization in a Mandibular Molar with a Thick Buccal Bone Plate. *J Endod* [Internet]. 2018;44(4):665–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.009>
12. Ray JJ, Giacomino CM, Wealleans JA, Sheridan RR. Targeted Endodontic Microsurgery: Digital Workflow Options. *J Endod* [Internet]. 2020;46(6):863–71. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.02.006>
13. Zahedi S, Mostafavi M, Lotfirikan N. Anatomic Study of Mandibular Posterior Teeth Using Cone-beam Computed Tomography for Endodontic Surgery. *J Endod* [Internet]. 2018;44(5):738–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.01.016>
14. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: A meta-analysis of the literature - Part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* [Internet]. 2010;36(11):1757–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.007>
15. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J*. 2015;48(1):3–15.
16. Tanomaru-Filho M, Jorge ÉG, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JMS, Spin-Neto R, Gonçalves M. Two- and tridimensional analysis of periapical repair after endodontic surgery. *Clin Oral Investig*. 2015;19(1):17–25.
17. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by: *Int Endod J*. 2019;52(12):1675–8.
18. Kinariwala N, Samaranayake L. Guided Endodontics. Kinariwala N, Samaranayake L, editors. *Guided Endodontics*. Springer Nature Switzerland AG; 2021. 151–192 p.

19. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res*. 2018;97(10):1082–91.
20. Ramos Júnior S, Felizardo KR, Guiraldo RD, Berger SB, Ramos NBP, Assis ACM de, et al. CAD-CAM endodontic posts: literature review. *Res Soc Dev*. 2021;10(1):e3210111314.
21. Kim GB, Lee S, Kim H, Yang DH, Kim YH, Kyung YS, et al. Three-dimensional printing: Basic principles and applications in medicine and radiology. *Korean J Radiol*. 2016;17(2):182–97.
22. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015;219(11):521–9.
23. Nikzad S, Azari A. A Novel Stereolithographic Surgical Guide Template for Planning Treatment Involving a Mandibular Dental Implant. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008;66(7):1446–54.
24. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):641–54.
25. Hanafi A, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Perception of a modular 3D print model in undergraduate endodontic education. *Int Endod J*. 2020;53(7):1007–16.
26. Koch GK, Gharib H, Liao P, Liu H. Guided Access Cavity Preparation Using Cost-Effective 3D Printers. *J Endod* [Internet]. 2022; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.04.005>
27. McCabe PS, Dummer PMH. Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J*. 2012;45(2):177–97.
28. Kvinnsland I, Oswald RJ, Halse A, Gronningsaeter AG. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J*. 1989;22(2):75–84.
29. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kühl S, Krastl G. Microguided Endodontics: Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *J Endod*. 2017;43(5):787–90.
30. Pinsky HM, Champleboux G, Sarment DP. Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results. *J Endod*. 2007;33(2):148–51.

31. Bi C, Zhou M, Han X, Zhang Y, Zheng P. Endodontic Microsurgery with Orthodontic Treatment in a Mandibular Left Molar with Symptomatic Apical Periodontitis. *J Endod* [Internet]. 2020;46(11):1799–805. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.07.033>
32. Ackerman S, Aguilera FC, Buie JM, Glickman GN, Umorin M, Wang Q, et al. Accuracy of 3-dimensional–printed Endodontic Surgical Guide: A Human Cadaver Study. *J Endod* [Internet]. 2019;45(5):615–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.02.005>
33. Smith BG, Pratt AM, Anderson JA, Ray JJ. Targeted Endodontic Microsurgery: Implications of the Greater Palatine Artery. *J Endod* [Internet]. 2021;47(1):19–27. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.005>
34. Strbac GD, Schnappauf A, Giannis K, Moritz A, Ulm C. Guided Modern Endodontic Surgery: A Novel Approach for Guided Osteotomy and Root Resection. *J Endod* [Internet]. 2017;43(3):496–501. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.001>
35. Benjamin G, Ather A, Bueno MR, Estrela C, Diogenes A. Preserving the Neurovascular Bundle in Targeted Endodontic Microsurgery: A Case Series. *J Endod* [Internet]. 2021;47(3):509–19. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.008>
36. Kim J-E, Shim J-S, Shin Y. A new minimally invasive guided endodontic microsurgery by cone beam computed tomography and 3-dimensional printing technology. *Restor Dent Endod*. 2019;44(3):1–7.
37. Hawkins TK, Wealleans JA, Pratt AM, Ray JJ. Targeted endodontic microsurgery and endodontic microsurgery: a surgical simulation comparison. *Int Endod J*. 2020;53(5):715–22.
38. Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T. Accuracy of Two Stereolithographic Guide Systems for Computer-Aided Implant Placement: A Computed Tomography-Based Clinical Comparative Study. *J Periodontol*. 2010;81(1):43–51.

39. Fan Y, Glickman GN, Umorin M, Nair MK, Jalali P. A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. *J Endod* [Internet]. 2019;45(5):606–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.015>
40. Buniag AG, Pratt AM, Ray JJ. Targeted Endodontic Microsurgery: A Retrospective Outcomes Assessment of 24 Cases. *J Endod* [Internet]. 2021;47(5):762–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.01.007>
41. Moreno-Rabié C, Torres A, Lambrechts P, Jacobs R. Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2020;53(2):214–31.
42. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment Outcome in Endodontics — The Toronto Study . Phases I and II : Apical Surgery come of apical surgery. *J Endod*. 2004;30:751–61.
43. Peters LB, Wesselink PR. Soft tissue management in endodontic surgery. *Dent Clin North Am*. 1997;41(3):513–28.