

Descripción de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática

Laura Ximena Rodríguez Granados y Mónica Amparo Álzate Guerrero

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Endodoncia

Directores

María Fernanda Serpa Vélez

Especialista en endodoncia

Ángela María Chaves Cabrera

Especialista endodoncia

Oscar Mauricio Jiménez Peña

Especialista en Epidemiología y Salud Pública

Diana Yecedt Parra Galvis

Especialista en Epidemiología

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Extensión Bogotá División en Ciencias de la Salud

Facultad de Odontología

2022

Contenido

1. Formulación del problema	12
1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Pregunta de investigación.....	13
2. Justificación	13
3. Marco Teórico.....	14
3.1 Marco conceptual	14
3.1.1 Cirugía endodóntica.....	14
3.1.2 Cirugía guiada.....	15
3.1.6 Dispositivos e instrumentos usados en la cirugía endodóntica guiada.....	23
3.1.7 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).....	24
3.1.8 Impresión y guías quirúrgicas 3D.....	25
3.2 Marco referencial	26
4. Objetivos	29
4.5 Objetivo general	29
4.6 Objetivos específicos.....	29
5. Aspectos Metodológicos.....	30
5.1 Tipo de estudio	30
5.2 Objeto de estudio.....	30
5.3 Población de estudio.....	30
5.4 Unidad de análisis	30
5.5 Criterios de selección	31
5.5.1 Criterios de inclusión.....	31
5.5.2 Criterios de exclusión.....	31

5.6 Operacionalización de las variables	31
5.7 Procedimiento.....	33
5.7.1 Fuentes de información y estrategias de búsqueda.....	34
5.7.3 Selección de los estudios.....	35
5.7.4 Análisis de la información y del sesgo de los estudios incluido.....	36
5.8 Aspectos éticos.....	37
5.9. Conducción del Estudio	37
6. Resultados.....	37
7. Discusión.....	45
8. Conclusiones.....	50
9. Recomendaciones	50
Referencias.....	52
Apéndices.....	60

Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 2. Términos principales de búsqueda.....	34
Tabla 3. Artículos excluidos.....	38
Tabla 4. Riesgo de sesgo para los reportes de caso	44
Tabla 5. Riesgo de sesgo para los estudios in vitro	45

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo a través de las diferentes fases de una revisión sistemática 36

Figura 2 Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos..... 39

Lista de apéndices

Apéndice A. <i>Artículo Descripción de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática .</i>	60
Apéndice B. <i>Diseño y elaboración de la guía quirúrgica</i>	1
Apéndice C. <i>Procedimiento quirúrgico</i>	2
Apéndice D. <i>Características de los estudios incluidos en esta revisión.....</i>	3
Apéndice E. <i>Características de los estudios incluidos en esta revisión</i>	6
Apéndice F. <i>Riesgo de sesgo para los reportes de caso.....</i>	9
Apéndice G. <i>Riesgo de sesgo para los estudios in vitro</i>	10

Resumen

La cirugía guiada con navegación estática es una técnica mínimamente invasiva que encamina al operador a obtener una vía de inserción más precisa y lograr una cicatrización más rápida de la herida. **Objetivo:** Describir los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica. **Métodos de búsqueda:** Se diseñó una estrategia de búsqueda entre los años 2011 al 2021, para artículos publicados en PubMed, Epistemonikos, Cochrane, Web Of Science y Embase. Los criterios de selección fueron estudios que hablen sobre el procedimiento de cirugía endodóntica guiada publicados en los últimos 10 años, revisiones sistemáticas, estudios in vitro, reportes de casos y series de casos. La evaluación de la calidad metodológica, riesgo de sesgo y extracción de datos se realizaron de forma independiente y por duplicado. Los resultados se expresaron utilizando la guía PRISMA y la herramienta realizada para reportes de casos y estudios in vitro. **Resultados:** Se obtuvieron 11 estudios para la revisión donde se describieron los pasos requeridos en la cirugía guiada con navegación estática, que consisten en escaneo intraoral o impresión con silicona para la obtención del archivo de estándar de lenguaje triangular (STL) o del archivo poligonal (PLY), tomografía para obtención de los archivos de imagen digital y comunicación en medicina (DICOM), luego el acople de los 2 archivos en un software, posteriormente la creación, exportación e importación de la guía para así iniciar con el procedimiento quirúrgico. **Conclusiones:** La osteotomía y apicectomía guiada con una plantilla quirúrgica impresa en 3D disminuye el tiempo operatorio, reduce las complicaciones posoperatorias y mejora la cicatrización. Aunque la fabricación en 3D de plantillas quirúrgicas es un proceso que requiere más tiempo, la duración del procedimiento quirúrgico se reduce, beneficiando la comodidad y

seguridad del paciente. **Palabras claves.** Cirugía guiada, impresoras 3D, osteotomía, trefinas, anillo, cirugía endodóntica guiada y software.

Abstract

Static navigation assisted guided surgery is a minimally invasive technique that directs the operator to obtain a more precise insertion pathway and achieve faster wound healing. **Objective:** To describe the steps to perform static navigation assisted surgery with guide ring and trephine based on scientific evidence. **Search methods:** A search strategy was designed from 2011 to 2021 for articles published in PubMed, Epistemonikos, Cochrane, Web Of Science and Embase. The selection criteria were studies on the guided endodontic surgery procedure published in the last 10 years, systematic reviews, in vitro studies, case reports and case series. The evaluation of methodological quality, risk of bias and data extraction were performed independently and in duplicate. The results were expressed using the PRISMA guide and the tool developed for case reports and in vitro studies. **Results:** Eleven studies were obtained for review where the steps required in static navigation assisted surgery were described, consisting of intraoral scanning or silicone impression for obtaining the triangular language standard (STL) file or polygonal file (PLY), tomography to obtain the digital image and communication in medicine (DICOM) files, then the coupling of the 2 files in a software, then the creation, export and import of the guide to start the surgical procedure. **Conclusions:** Guided osteotomy and apicoectomy with a 3D printed surgical template decreases operative time, reduces postoperative complications, and improves healing. Although 3D fabrication of surgical templates is a more time-consuming process, the duration of the surgical procedure is reduced, benefiting patient comfort and safety.

Keywords. Guided surgery, 3D printers, osteotomy, trephines, ring, guided endodontic surgery and software.

Glosario

Cirugía: procedimiento para extirpar o reparar una parte del cuerpo, o para determinar si hay una enfermedad

Cirugía guiada: es una técnica que permite al cirujano colocar los implantes en el lugar exacto que previamente ha planificado mediante la ayuda de un ordenador y de la tecnología 3D.

Navegación estática: Es una alternativa en casos calcificados para lograr llegar al conducto en forma segura.

Navegación dinámica: es la colocación de una fresa o un implante, utilizando un sistema de navegación por computadora en tiempo real, basado en los datos generados a partir de la TCHC.

Tomografía: nos proporciona diversos cortes (axial, coronal y sagital) que nos va permitir dar un diagnóstico más preciso sobre fracturas radiculares, reabsorciones radiculares, periodontitis apical, perforaciones durante el tratamiento endodóntico, planificación de cirugías endodónticas y sobre todo nos va ayudar a reconocer la anatomía de las raíces y el número de conductos presentes en cada diente.

Guía quirúrgica: es un elemento protético que nos permite colocar los implantes de acuerdo a un estudio y una planificación previos y hacerlo de forma cuidadosa y precisa. Disminuimos el tiempo quirúrgico y conseguimos un pos-operatorio con menos dolor y menor inflamación gracias a la guía

Trefina: instrumento para extraer un área circular

STL: archivos de lenguaje de triángulos estándar

PLY: archivos poligonales

Introducción

En los últimos años, la tasa de éxito de la cirugía endodóntica ha aumentado del 48,8% al 90,3%, con el avance de los materiales, instrumentos y del uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) (Tsesis et al., 2006, p.412-416), aun así para los profesionales uno de los grandes retos es conseguir la ubicación exacta y realizar una resección del ápice precisa sin afectar ninguna estructura adyacente, debido principalmente al campo de visión limitado, y a el sangrado (S. Kim & Kratchman, p.601-623 2006; Niemczyk, 2010, p. 375-399); por lo tanto, el uso de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) que brinda información 3D está indicado en los casos que las radiografías convencionales no brinden suficiente información sobre la morfología del diente y su entorno (Patel et al., 2019, p. 1675-1678). Esta información 3D se puede combinar con la información de la superficie de los dientes adquirida con un escáner intraoral para diseñar e imprimir en 3D una guía para el tratamiento (Anderson et al., 2018, p. 1005-1018; Dawood et al., 2015, p. 521-529).

Estudios previos han demostrado que la guía digital es una herramienta útil en implantología oral con la que se puede mejorar la precisión de los procedimientos quirúrgicos (Brief et al., 2005, p. 495-501). En los últimos años se ha ampliado su aplicación a la práctica endodóntica, surgiendo el concepto de endodoncia guiada, en el que se utilizan guías diseñadas a través de un computador para la preparación de la cavidad de acceso (van der Meer et al., 2016, p. 67-72) y la cirugía endodóntica (Strbac et al., 2017, p. 496-501) , con el fin de lograr resultados predecibles y seguros (Anderson et al., 2018, p. 1005-1018). Los estudios preclínicos han informado una alta precisión del procedimiento al comparar el acceso con el tratamiento planificado sin verse influenciado por la experiencia del operador. Además, el uso de una guía

para el tratamiento puede reducir el tiempo de la cirugía (Connert et al., 2019, p.327-331; Zehnder et al., 2016, p. 966-972). Este novedoso concepto podría ayudar a los endodoncistas durante los tratamientos, evitando la eliminación innecesaria de tejido, complicaciones y, por lo tanto, mejorando el pronóstico del tratamiento (Connert et al., 2019, p. 327-331; Zehnder et al., 2016, p. 966-972).

Sin embargo, aún no existe ningún estudio que recopile evidencia científica la cual describa el procedimiento de la cirugía endodóntica guiada. En consecuencia, el objetivo de este estudio es describir los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica

1. Formulación del problema

1.1 Planteamiento del problema

La cirugía guiada con navegación estática es una técnica mínimamente invasiva que encamina al operador a obtener una vía de inserción más precisa, además lograr una cicatrización más rápida de la herida, con una tasa de éxito significativamente mayor que la técnica de cirugía apical tradicional (Floratos & Kim, 2017, p. 81-91). Para realizar este procedimiento, es indispensable contar con una plantilla intraoral, además de utilizar ciertos avances técnicos, entre ellos, la tomografía de haz de cono de alta resolución, el programa para diseñar la guía (Nemotec, BlueSkyPlan, 3shape, Exocat), los archivos de Imagen digital y comunicación en medicina (DICOM), los archivos de lenguaje de triángulos estándar (STL) o los archivos poligonales (PLY), la impresora 3D, el motor quirúrgico y las trefinas o piezoeléctrico, con el fin de obtener resultados exitosos en términos de cicatrización de la patología periapical existente. La selección estricta de casos es de suma importancia para un buen pronóstico a largo plazo (Floratos & Kim, 2017, p. 81-91).

Los programas existentes para la realización de las guías quirúrgicas son diseñados con el fin de dirigir la colocación de implantes, y como aún no existe ninguno que simule una trefina, se debe tomar como referencia el implante, el cual simularía lo que en la cirugía endodóntica sería la trefina. Debido a la falta de conocimiento y a la novedad del tema no se ha encontrado aún una descripción basada en la literatura sobre la cirugía guiada con navegación estática que describa el procedimiento paso a paso, lo que conlleva a los endodoncistas a realizar esta intervención sin parámetros clínicos establecidos, lo cual podría ocasionar errores durante el tratamiento e inseguridad de parte del profesional, por lo que se hace crucial realizar esta investigación, siendo

útil para conocer el procedimiento con sus ventajas, desventajas, uso de instrumental y equipos a la hora de abordar condiciones patológicas.

El protocolo implica tres fases: prequirúrgica, quirúrgica y posquirúrgica, pero el objetivo de esta revisión es describir los pasos para la realización de las 2 primeras en la cirugía guiada.

1.2 Pregunta de investigación

¿Qué pasos se recomiendan para realizar la cirugía endodóntica guiada con navegación estática, anillo guía y trefina?

2. Justificación

La cirugía endodóntica guiada es útil para realizar la osteotomía y la apicectomía con un control preciso de la profundidad, el diámetro y la angulación de la trefina con respecto al eje longitudinal del diente, que idealmente debe ser entre 0° a 10° pero no siempre se logra debido a la estructuras anatómicas a tratar y a la longitud del diente (Strbac et al., 2017, p. 496-501). La reconstrucción de modelos tridimensionales y la tomografía computarizada han abierto una nueva vía para realizar un diagnóstico personalizado y preciso que se está utilizando cada vez más en el campo de la odontología. Cuando se emplea un procedimiento quirúrgico a mano alzada, la localización intraoral directa del ápice de la raíz es difícil y es inevitable remover una cantidad significativa de hueso (J.-E. Kim et al., 2019, p. 1-7). Es por ello, que ahora adicionalmente se utilizan las guías quirúrgicas con la ayuda de diferentes archivos (DICOM, STL y PLY).

La descripción de la misma ofrece orientación a especialistas, docentes y estudiantes de postgrado, además facilita el logro de objetivos para brindar la mejor alternativa de tratamiento

(Medina & Quintana L, 2012, p. 69-70). Esta revisión resume el proceso de atención operativa desde el momento en que el paciente ingresa al servicio de atención en salud oral, hasta que termina su fase quirúrgica.

Debido a la falta de evidencia científica y de conocimiento por parte de los endodoncistas y considerando que en la Universidad Santo Tomás - USTA y a nivel nacional no existe aún una revisión sobre la cirugía endodóntica guiada, sus indicaciones, contraindicaciones, el procedimiento e instrumental usados, los medios diagnósticos, los tipos de software y demás información al respecto; se considera importante la realización de una revisión con el fin de brindar parámetros de referencia que beneficien al paciente y al clínico, disminuyendo el tiempo quirúrgico, la cantidad del hueso extraído y en consecuencia, el dolor.

3. Marco Teórico

3.1 Marco conceptual

Para el presente estudio observacional de tipo descriptivo los conceptos que se abordaran están relacionados con la cirugía endodóntica guiada.

3.1.1 Cirugía endodóntica

Es un medio seguro y eficaz para tratar diversas patológicas que no cicatrizaron después de un retratamiento no quirúrgico o, en ciertos casos, de un tratamiento de conducto primario o para tratar complicaciones en endodoncia. Un bisel cercano a cero grados y una apicectomía de 3 mm para eliminar las ramificaciones apicales hasta en un 98%, genera mejores resultados (Gilheany et al., 1994, p. 22-26). Los diámetros de osteotomía mayor de 5 mm dan como

resultado una cicatrización ósea que conlleva más tiempo, lo que puede provocar la formación de tejido fibroso y un retraso en la cicatrización (Barone et al., 2010, p. 28-35).

La cirugía endodóntica comprende procedimientos quirúrgicos que se realizan para eliminar los agentes causales de la enfermedad radicular y para restaurar estos tejidos de manera que funcionen normalmente. Se puede clasificar de la siguiente manera (D.H, 2007; Gutmann & Harrison, 1985, p.8-34):

1. Cirugía fistulativa: Incisión y drenaje, trepanación, descompresión.
2. Cirugía perirradicular
3. Cirugía correctiva: Manejo periodontal (amputación, bisección, hemisección), selle de perforaciones, reimplantación intencional (D.H, 2007; Gutmann & Harrison, 1985, p. 8–34).

3.1.2 Cirugía guiada

Recientemente, se introdujo la cirugía endodóntica guiada (Giacomino et al., 2018) procedimiento mínimamente invasivo que puede ser realizado con navegación dinámica sin una plantilla utilizando navident, sistema que permite realizar un seguimiento dinámico de la fresa y de la cavidad oral del paciente, proporcionando orientación y retroalimentación visual para garantizar que la cirugía salga según lo previsto, o estática con anillo y trefina o fresa trepano. Ambas pueden ser realizadas con ventana y piezoeléctrico. Esta técnica inicialmente se realizó en implantología para guiar de manera más precisa la colocación de implantes.

La cirugía dinámica guiada hace uso de un sistema de navegación quirúrgico que reproduce de manera virtual la posición de la trefina, visualizando todo desde el CBCT y permite cambios intraoperatorios de la posición del mismo. Lo que significa que esta se realiza sin plantilla, ya que el contra ángulo se conecta a un software y la trefina se coloca, siguiendo las

indicaciones de dicho software. Así mismo, si se decide realizar ventana quirúrgica, la punta del piezoeléctrico se conecta al software. La estática en cambio, utiliza plantilla intraoral que no permite modificaciones intraoperatorias a la hora del procedimiento (Gambarini et al., 2019, p. 1397-1402).

Para la realización de la cirugía estática se debe seleccionar adecuadamente al paciente, realizar un escaneo intraoral o una impresión de alta resolución para obtener un archivo STL (a blanco y negro) o PLY(a color). Posteriormente se realiza una imagen tridimensional de alta resolución, como lo es la tomografía de haz cónico (Cone-beam computed tomography systems (CBCT)) de donde se obtendrán los archivos DICOM.

Estos dos archivos se trasladan al software (BlueSkyPlan, Exocat, Nemotecó 3shape), importando inicialmente los archivos DICOM (tejidos internos del paciente) y luego los archivos STL o PLY (archivo de superficie – tejidos blandos y dientes). Este programa es el encargado de acoplar o superponer los dos archivos, para así lograr una vista del paciente en todas sus dimensiones con sus tejidos duros y blandos.

Para la creación de la guía quirúrgica es importante tener en cuenta que esta debe tener: retención, una vía de inserción, que abarque 2 dientes adyacentes a cada lado y que tengan ventanas en la superficie oclusal, que den mejor estabilidad y vía de inserción. La rigidez está determinada por los materiales de impresión 3D y el espesor que está pre- establecido en 3mm por la mayoría de los programas. Así mismo, el diseño de la guía debe presentar tres zonas fundamentales: el tubo de entrada de la trefina, los apoyos tripódicos de la guía donde generalmente se colocan las ventanas de inspección, y los conectores de estos elementos. (Gaston et al., 2020).

Luego se realiza la exportación de la guía a un archivo STL y se lleva a un software de impresión, la impresión del modelo óseo (modelo estéreo litográfico) es opcional, y su función sería probar la guía antes de la cirugía y mirar si ajusta adecuadamente. Finalmente se inicia el proceso quirúrgico, con la colocación, estabilidad de la guía, elección del colgajo a realizar, la preparación de los equipos, una buena vía de acceso, la decisión de hacerla total o parcialmente guiada y por último el retiro de la guía.

3.1.2.1 Clasificación según el soporte de la guía. Según el soporte las guías se pueden clasificar en dentosoportadas, mucosoportada, mixtas (dento óseo soportadas) u óseo soportadas.

Las guías quirúrgicas dentosoportadas son comunes y se adaptan fácilmente a diversas situaciones clínicas. En estas se usan puntos de referencia reproducibles de manera consistente (es decir, dientes) para soporte, estabilidad y retención (Vermeulen, 2017, p. 617-624).

Las mucosoportadas como sugiere el nombre, son guías soportadas por las mucosas, que utilizan tejidos blandos intraorales para soporte y estabilidad. Esta guía se fabrica comúnmente sobre la base de una prótesis removible existente. Las posibles preocupaciones con el soporte mucoso incluyen la falta de retención durante la cirugía y la variación en el grosor y la calidad del tejido. Su desventaja es que tiene el potencial de sufrir movimientos en diferentes direcciones que podrían aumentar la inexactitud de la colocación del implante (Cassetta et al., 2014, p. 1071-1078).

Las guías óseo-soportadas se utilizan generalmente para los casos de implantes desdentados de arcada completa. Este tipo de guía deriva su apoyo de las áreas de carga y / o la divergencia natural de la cresta alveolar vista tanto en el arco maxilar como en el

mandibular en una dirección coronoapical. Las guías óseas son difíciles de fabricar y colocar con precisión intraoralmente debido a la extensión del colgajo necesario para el acceso, así como a las inexactitudes que pueden resultar del flujo de trabajo digital. Aunque las dificultades asociadas con las guías óseas están bien informadas, pueden mitigarse con una planificación adecuada, imágenes precisas y experiencia del operador (Vermeulen, 2017, p. 617-624).

3.1.2.2 Indicaciones (Evans et al., 2012, p. 1-7)

- Tabla ósea intacta
- Ausencia de tabla ósea vestibular en la zona del defecto
- Ausencia de lesión apical o zona hipodensa asociada a lesión apical.

3.1.2.3 Contraindicaciones (Evans et al., 2012, p. 1-7)

- Posición e inclinación difíciles de lograr
- Falta de acceso con la guía quirúrgica
- Imposibilidad de colocación de la guía
- Posible afectación de estructuras neurovasculares
- Diente posteriormente irrecuperable
- Tejido de soporte deficiente

Es importante y determinante considerar la habilidad, el conocimiento, la capacitación y la experiencia del operador (Evans et al., 2012, p. 1-7).

3.1.3 Navegación dinámica

Se refiere al uso de un sistema de navegación quirúrgica que simula la cirugía perirradicular, que puede diseñar la ubicación de un implante (trefina) virtual de acuerdo con los datos de los archivos DICOM y STL o PLY acoplados. Además, el sistema permite el seguimiento en tiempo real de la fresa y del paciente durante toda la operación basándose en la tecnología de seguimiento del movimiento. La ubicación, el tamaño, longitud, diámetro y forma de la trefina se pueden cambiar durante la operación cuando sea necesario de acuerdo con la condición intraoral real de los pacientes (Wu et al., 2020).

3.1.4 Navegación estática

La plantilla de guía quirúrgica estática se refiere a la ubicación de una trefina virtual diseñada de acuerdo con los datos de los archivos DICOM y STL o PLY acoplados, para guiar con precisión su preparación y colocación; sin embargo, con esta plantilla no se puede modificar la posición durante la cirugía (Wu et al., 2020).

3.1.5 Guía quirúrgica

Es una plantilla fabricada en impresión 3D o en filamento, cuya función es permitir la vía de inserción de la fresa, utilizada comúnmente en cirugía de implantes, periodoncia y recientemente en endodoncia con el objetivo de dirigir el instrumento de corte hacia la zona a operar. Es diseñada en un software de colocación de implantes con los archivos DICOM más STL y fabricada en una impresora 3D (Gaston et al., 2020; Giacomino et al., 2018, p. 671-677).

Los primeros tratamientos con guía quirúrgica en Norte América se publicaron por Featherstone J et al., en el Journal of the California Dental Association en 2003 (Featherstone et al., 2003) y se han realizado seguimientos para validar y aprender del procedimiento. Además de

los estudios pioneros, los estudios in vivo e in vitro proporcionan información útil para que el odontólogo maximice la precisión de las plantillas quirúrgicas CAD / CAM (Marchack & Chew, 2015, p. 1-5).

3.1.5.1 Guía quirúrgica diseñada con anillo. Se realiza con los programas para implantología, los cuales se han adaptado para endodoncia y cirugía endodóntica guiada. Es un dispositivo dental fabricado en resina por impresión 3D a partir de un modelo digital CBCT más STL del paciente, cuyo objetivo es permitir el acceso del instrumento hacia la estructura a tratar, evitando desvíos, desgastes innecesarios y sobre penetración. Durante el diseño se simula la trefina con un implante, debido a que los programas que se utilizan; a este implante se le colocará el diámetro y la longitud de la trefina que se utilizará en la cirugía. La dirección de ingreso de la trefina puede ser perpendicular al eje longitudinal del diente, mesial o distal y según las características del diente a tratar y de los dientes adyacentes. Considerando que las trefinas tienen dos diámetros: interno y externo, es importante tener en cuenta que el diseño se realiza con el diámetro externo debido a que es el que entra friccionando al anillo. Otras características es que poseen un tope, y cuentan con diferentes diámetros y longitudes. Idealmente la angulación de corte esta entre 0 y 10°. Además, la entrada de la guía no debe ser retentiva, por ello es ideal buscar la mejor vía de inserción (Hawkins et al., 2020, p. 715-722). Su ingreso es a través de un anillo guía por donde se realiza el fresado hasta llegar a la estructura anatómica a tratar. Generando una adaptación íntima entre la fresa y la superficie interna del anillo (Siragusa et al., 2021, p. 13-20).

Los anillos pueden ser metálicos o en la resina con la cual está fabricada la guía o plantilla, siendo más ideales los primeros ya que permiten eliminar el margen de desvío que generaría la fuerza de rozamiento de la parte activa con el anillo en resina, además permiten su rotación sin fricción. Se diseñan en diferentes longitudes según la anatomía dentaria y en diámetros externos diferentes para cubrir los ápices de todos los dientes (Siragusa et al., 2021, p. 13-20).

Otro elemento necesario son las trefinas que se utilizan para la extracción de hueso, se limitan al sitio quirúrgico exclusivamente, haciendo que el procedimiento sea mínimamente invasivo, además cuentan con una cuchilla de corte fino para una mínima pérdida ósea. Las fresas de trépano dentales permiten la preparación de cilindros óseos con un diámetro desde 2,0 mm hasta 8,0 mm según la casa comercial. Los instrumentos más adecuado en endodoncia son de menor diámetro porque eliminan el hueso en forma circular, sin retirar demasiado tejido (*Osseodent trephine burs*, 2021).

Las ventajas del uso de las trefinas son una mejor visión del sitio quirúrgico y la facilidad de retirar el tejido óseo de forma atraumática. Estas fresas además actúan como recolectores de bloques óseos y su material de fabricación es acero inoxidable de alta calidad (*Osseodent trephine burs*, 2021).

3.1.5.2 Guía quirúrgica diseñada con ventana. Plantilla fabricada en resina por impresión 3D a partir de un modelo digital CBCT más STL del paciente, su diseño presenta una prolongación hacia la raíz a operar y la ventana puede ser de forma rectangular o cuadrada para permitir el ingreso del instrumento de corte (piezoeléctrico o

fresa) guiado por el borde interno del material (resina) permitiendo un corte limpio y en una sola dirección.

El uso de una ventana ósea en microcirugía endodóntica, es una técnica confiable, usada preferiblemente (Lee et al., 2020, p. 872-880) cuando una lesión muy extensa se encuentra entre las tablas vestibular y lingual intactas. Khoury y Hensher (Khoury & Hensher, 1987, p. 166-170) informaron que el abordaje con “ventana ósea”, proporciona un mejor acceso y visibilidad intraoperatoria de la lesión, al tiempo que evita la extirpación extensa de hueso alveolar. Trataron 75 molares inferiores con esta técnica y su seguimiento de 6 meses reveló una cicatrización completa en la mayoría de los casos. El objetivo principal de realizar una técnica de ventana ósea con piezoeléctrico es preservar más estructura ósea, manteniendo la integridad de la tabla cortical sana y promoviendo fácil acceso a las raíces sin la necesidad de 2 osteotomías separadas para preservar el hueso. Además, la ventana ósea sirve como material de injerto autólogo, que ha sido aprobado como el estándar de oro para la regeneración sin la necesidad de materiales alternativos adicionales (Hirsch & Kohli, 2016, p. 310-315). Con la incorporación de imágenes CBCT, el procedimiento se puede planificar con mayor precisión y realizar de manera más eficiente con menores riesgos posibles (Lee et al., 2020, p. 872-880).

Los dispositivos de cirugía ósea piezoeléctrica se desarrollaron para cortar hueso de forma atraumática mediante vibraciones ultrasónicas proporcionando una alternativa a los instrumentos mecánicos y eléctricos utilizados en la cirugía oral convencional. Las características clave de estos instrumentos incluyen su capacidad para cortar hueso de forma selectiva sin dañar el tejido blando adyacente para suministrar un campo

quirúrgico despejado que corte sin generar calor, debido a su sistema de irrigación adyacente. Se pueden utilizar en la mayoría de las etapas de la cirugía endodóntica (osteotomía, apicectomía y preparación del ápice) (Abella et al., 2014, p. 325-332).

3.1.6 Dispositivos e instrumentos usados en la cirugía endodóntica guiada

La cirugía endodóntica guiada ha aumentado las tasas de éxito con respecto a los enfoques tradicionales. Para el caso de la cirugía estática se utiliza el anillo, la trefina, el motor quirúrgico y la guía impresa. El ultrasonido para los dos casos será un elemento adicional para la limpieza del defecto.

3.1.6.1 Motor quirúrgico. Aparato eléctrico para la colocación de los implantes dentales. Compuesto por una consola central, un pedal de control, micromotor y contra-ángulo. Para la cirugía endodóntica es necesario contar con un motor quirúrgico con enfriamiento estéril y revoluciones por minutos adecuadas ya que el sobrecalentamiento del hueso puede desencadenar una necrosis ósea, si se realiza un fresado mayor a una temperatura de 47° C durante un minuto se ocasionará una necrosis ósea ocasionando un daño irreversible al hueso. La velocidad para efectuar el fresado óseo no debe sobrepasar los 2500 rpm con la ayuda de irrigación (Ballesteros et al., 2018, p. 1-69). En cirugía endodóntica guiada se recomienda una velocidad de 1200 rpm (Giacomino et al., 2018, p. 671-677).

3.1.6.2 Ultrasonido. Los instrumentos ultrasónicos utilizados en odontología funcionan con frecuencias de 25 a 40 kHz. Las puntas ultrasónicas y sónicas ha revolucionado la

terapia radicular, mejorando el procedimiento quirúrgico con un mejor acceso, lo que resulta en una mejor preparación del conducto (14,15). Las puntas ultrasónicas vienen en una variedad de formas y ángulos, mejorando así algunos pasos durante los procedimientos quirúrgicos.

3.1.7 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT)

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es un método de obtención de imágenes radiográficas que permite obtener imágenes tridimensionales (3D) precisas de las estructuras de tejido duro. Esta modalidad de imágenes es capaz de proporcionar imágenes de resolución submilimétrica (2 pares de líneas / mm) de mayor calidad de diagnóstico, con tiempos de exploración más cortos (60 s) (M. Kumar et al., 2015).

La técnica CBCT consiste en el uso de un haz de rayos X en forma de cono redondo o rectangular con un solo escaneo de 360 ° donde la fuente de rayos X y un conjunto de detectores alternativos se mueven simultáneamente alrededor de la cabeza del paciente, que se estabiliza con un soporte para la cabeza. Las imágenes de proyección única, conocidas como imágenes de “base”, se adquieren a ciertos intervalos de grados, que son similares a las imágenes radiográficas cefalométricas laterales, cada una de las cuales está ligeramente desplazada entre sí. La serie de tales imágenes de proyección de base se conoce como datos de proyección, sobre los cuales se aplican programas de software que incorporan algoritmos sofisticados para generar un conjunto de datos volumétricos 3D, que se pueden utilizar para proporcionar imágenes de reconstrucción primaria en los tres planos ortogonales (axial, sagital y coronal) (D. Kumar & Priscilla Antony, 2018, p. 3727-3730).

La resolución espacial, y por lo tanto el detalle de una imagen CBCT, está determinada por los elementos de volumen individuales (vóxeles) producidos al formatear el conjunto de datos volumétricos. Las unidades CBCT en general proporcionan resoluciones de vóxel que son isotrópicas, iguales en las tres dimensiones (Kapshe et al., 2018, p. 361-391).

Los beneficios del uso de imágenes CBCT durante la cirugía endodóntica, incluyen la eliminación de la superposición de estructuras anatómicas, la detección temprana de lesiones apicales y cambios en la densidad ósea apical (Lofthag-Hansen et al., 2007). También proporcionan una visión clara de la relación anatómica entre los ápices radiculares y las estructuras vecinas, como el nervio dentario inferior, el agujero mentoniano y el seno maxilar (White & Pharoah, 2008, p. 443-450). La exploración CBCT establece dónde se pueden realizar las osteotomías de acceso, lo que permite una cirugía mínimamente invasiva. Por último, en el 70% de los pacientes, se revela información clínicamente relevante no identificada por la radiografía periapical (Lofthag-Hansen et al., 2007, p. 114-119).

3.1.8 Impresión y guías quirúrgicas 3D

Las aplicaciones dentales de la impresión 3D adoptan una o más de las siguientes clasificaciones de tipos técnicos comunes: modelo estereolitográfico (STL), archivo de polígono texturizado (PLY), modelo de deposición fundida (FDM), impresión MultiJetprint (MJP), impresión PolyJet, impresión ColorJetprint (CJP), procesamiento de luz digital (DLP) y la sinterización selectiva por láser (SLS) también conocida como fusión selectiva por láser (SLM) (15). Los sistemas STL fueron los primeros y son los más comúnmente utilizados en odontología, estos dirigen la trayectoria de exposición del láser UV sobre la superficie de una resina fotosensible. Durante un proceso de curado secuencial, las capas se unen para formar una

masa sólida, comenzando desde la parte inferior del objeto y construyendo hacia arriba (D. Kim et al., 2016, p. 182-197; Torabi et al., 2015, p. 1-9).

El FDM generalmente es menos preciso y menos costoso que otros métodos de impresión 3D, en este método las capas de material fundido se depositan desde una boquilla filamentosa y luego se solidifican en 0,1 s (G. B. Kim et al., 2016; Torabi et al., 2015). La impresión MJP y PolyJet se caracterizan por el chorro de material fotopolimérico en capas ultra finas, curando cada capa después de la deposición en una bandeja de construcción (Van Noort, 2012); difieren solo en sus estructuras de soporte y requisitos de después del procesamiento. En CJP, un cabezal de impresión dispersa selectivamente el aglutinante en capas de polvo y, al igual que la impresión PolyJet, la plataforma de construcción desciende con cada capa subsiguiente (G. B. Kim et al., 2016).

Los endodoncistas continúan encontrando dificultades en escenarios de molares posteriores o en los casos en que las estructuras anatómicas se aproximan al ápice lo que puede llevar a la extracción de dientes que de otro modo podrían ser útiles. Como en otras especialidades, los tubos plásticos impresos en 3D pueden mitigar el riesgo al evitar la invasión de las estructuras neurovasculares y los dientes adyacentes, y al dirigirse a los sitios de perforación de la osteotomía (Tsesis et al., 2006, 2013). Las guías quirúrgicas pueden ser realizadas con diversos materiales, entre ellos encontramos acrilonitrilo buta-dieno estireno, ácido poliláctico, poliamida, policarbonato y resinas epóxicas (Arefin et al., 2021, p. 1-24).

3.2 Marco referencial

Varios autores han hablado sobre el tema de cirugía endodóntica guiada, explicando el procedimiento realizado, y la importancia del CBCT y las guías en 3D, por ejemplo, Gambarini

et al. Utilizaron un sistema de navegación estática reportando buenos resultados (Gambarini et al., 2019). En esta nueva técnica y estudio de caso, se presentó una solución que permite la planificación digital y la ejecución guiada para la apicectomía usando un trépano óseo personalizado. En el 2018, (Giacomino et al., 2018, p. 671-677) ,utilizaron fresas trefinas con guías estáticas en tres casos anatómicamente desafiantes. Sin embargo, utilizaron trépanos óseos convencionales. Recientemente, Antal M et al. Presentaron una serie de casos con el mismo método, donde plantean los posibles problemas asociados con el uso de trefinas óseas convencionales con fines endodónticos, incluida la sobrepenetración (Antal et al., 2020, p. 16). La verdadera novedad de ese estudio es que para el caso utilizaron trépanos diseñados por ellos mismos especialmente para fines de cirugía endodóntica y en lugar de utilizar un modelo de cilindro, se utilizó la réplica virtual exacta del trépano para la planificación. Los trépanos óseos convencionales no tienen un diámetro uniforme en toda su longitud, a diferencia de los utilizados en cirugía guiada que deben tener una conicidad uniforme, ya que de lo contrario si pasara primero un extremo más ancho, la trefina no estaría entrando de manera guiada. Además, algunos trépanos no tienen tope, lo que conlleva el riesgo de una penetración excesiva (Antal et al., 2020, p. 16).

A nivel mundial, el uso de CBCT en endodoncia está aumentando rápidamente. Permite la evaluación de los dientes en relación con los tejidos blandos y duros mediante la creación de imágenes en 3D. En endodoncia, en comparación con las imágenes bidimensionales (2D) convencionales, CBCT ha mejorado la comprensión e interpretación de estructuras anatómicas complejas; beneficiando así la enseñanza, la planificación y la precisión del tratamiento de endodoncia (Garcia-Sanchez et al., 2019, p. 1-6). Ackerman et al. Estudió la precisión de las guías impresas en 3D para la apicectomía realizando las cirugías sin una guía quirúrgica a través

de técnica a “mano alzada”. Sus hallazgos muestran que la probabilidad de un acceso de apicectomía clínicamente exitoso utilizando una guía impresa en 3D es significativamente más alta. Los costos adicionales pueden estar justificados por la reducción de errores iatrogénicos, aumentando así la posibilidad de conservación de dientes (Ackerman et al., 2019, p. 615-618). La preservación del hueso cortical y las estructuras dentales, como se recomienda en las pautas para la cirugía endodóntica de última generación, podría acreditarse como beneficios potenciales y puede justificar tiempo y costos de planificación adicionales.

Las aplicaciones quirúrgicas con la impresión 3D se han demostrado cuando las guías derivadas de CBCT produjeron osteotomías localizadas con mayor precisión que la técnica tradicional a mano alzada en un modelo in vitro (Pinsky et al., 2007, p. 148-151). Un informe de caso describió el procedimiento de apicectomía precisa basado en fabricación aditiva y diseño digital. Con imágenes de CT de la boca del paciente, se reconstruye un modelo 3D del hueso alveolar y los dientes y con base en este modelo, se determina el tejido infectado y el ápice, para crear un plan quirúrgico con relaciones anatómicas claras y restricciones negativas mínimas, que determina la posición, la dirección y la profundidad de la fresa, así como la longitud de la apicectomía (Liu et al., 2014, p. 33-40).

Strbac et al en el 2016 diseñó un anillo que delimita los márgenes superior e inferior de la osteotomía, así como el sitio de apicectomía y su angulación, lo que resulta en una mayor eficiencia y precisión clínica, minimizando el riesgo de perforación del seno (Strbac et al., 2017, p. 496-501). Patel et al. En el 2017 (Shinbori et al., 2015, p. 607-612) demostraron el uso de una guía personalizada impresa en 3D para mejorar la visualización y el manejo del tejido blando durante la cirugía endodóntica guiada en un incisivo maxilar.

Abella et al., (2014) resumen los principios operativos de los dispositivos piezoeléctricos y describen las aplicaciones de este en la cirugía endodóntica utilizando ejemplos clínicos. Las principales ventajas incluyen la protección de los tejidos blandos, la visualización óptima del campo quirúrgico, la disminución de la pérdida de sangre, la reducción de la vibración y el ruido, una mayor comodidad para el paciente y la protección de las estructuras dentales. Algunas desventajas incluyen la carga financiera inicial asociada con la compra del dispositivo, mayor tiempo quirúrgico y el hecho de que los manuales de instrucciones de muchas unidades piezoeléctricas desalientan el uso de estos dispositivos en pacientes con marcapasos (Abella et al., 2014, p. 325-332). Sin embargo, la preocupación por los posibles efectos adversos se basa en la especulación sobre los riesgos potenciales de interferencia electromagnética más que en la evidencia. Hasta donde se conoce, solo un estudio (Weinstein et al., 2010, p. 443-450) ha investigado el efecto de la piezocirugía sobre la integridad de los ápices radiculares después de la preparación apical. Por lo tanto, la piezocirugía es una modalidad técnica prometedora con aplicaciones en varios aspectos de la cirugía endodóntica, pero se necesitan más estudios para determinar la influencia de la misma en la preparación y apicectomía.

4. Objetivos

4.5 Objetivo general

Describir los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica.

4.6 Objetivos específicos

- Identificar el tipo de tomografía a utilizar con sus respectivas características.

- Reconocer los softwares disponibles para el análisis de las tomografías de haz de cono
- Identificar los formatos y materiales más indicados en la elaboración de las guías quirúrgicas.
- Reconocer que requisitos debe tener el computador para el manejo de los softwares.
- Describir los diámetros y angulaciones recomendados de las trefinas y los anillos.

5. Aspectos Metodológicos

5.1 Tipo de estudio

Estudio descriptivo de revisión de literatura.

5.2 Objeto de estudio

Descripción del procedimiento de la fase prequirúrgica y quirúrgica de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática, anillo guía y trefina.

5.3 Población de estudio

Artículos de estudios indexados que describan procedimientos endodónticos en cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina en las bases de datos (Pubmed, Epistemonikos, Cochrane Library, Web Of Science y Embase) entre los años 2011 y 2021.

5.4 Unidad de análisis

Artículo de estudio indexado.

5.5 Criterios de selección

5.5.1 Criterios de inclusión

- Estudios que traten sobre el procedimiento de cirugía endodóntica guiada.
- Estudios publicados en los últimos 10 años.
- Revisiones sistemáticas, estudios in vitro, reportes y series de casos.

5.5.2 Criterios de exclusión

- Artículos que no sean evaluados por pares.
- Estudios en animales.

5.6 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	VALORES QUE ASUME
Título artículo	Nombre del artículo seleccionado	Título del artículo	Cualitativa	Política	Nominal	Título del artículo
Primer autor	Persona que ha realizado una obra científica, literaria o artística.	Apellido y primera letra del nombre del primer autor del artículo	Cualitativa	Política	Nominal	Primer autor del artículo
Tipo de estudio	Es el esquema general o marco estratégico que le da unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar respuesta al problema y objetivos planteados	Clasificación del tipo de estudio según su metodología y diseño	Cualitativa	Política	Nominal	Se determina según la metodología

Muestra	Parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación.	Muestra reportada en el estudio	Cuantitativa	Discreta	Razón	Muestra proporcionada en la metodología del artículo
Nivel de evidencia	Es un sistema jerarquizado, basado en las pruebas o estudios de investigación, que ayuda a los profesionales de la salud a valorar la fortaleza o solidez de la evidencia asociada a los resultados obtenidos de una estrategia terapéutica.	Clasificación del nivel de evidencia según los parámetros	Cualitativa	Política	Ordinal	Nivel de evidencia según el tipo de estudio y otras características
Índice SJR (Scientific Journal Rankings)	Índice que provee una serie de indicadores sobre la calidad y el impacto de publicaciones y revistas a partir de información de Scopus de Elsevier	Índice SJR según la revista y el año del artículo	Cualitativa	Política	Ordinal	Búsqueda del nombre del artículo y la revista para determinar el índice SJR

Tabla 2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	NATURALEZA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	VALORES QUE ASUME
Materiales de la guía quirúrgica	Materia elaborada o manufacturada de la que está hecha una cosa.	Material reportado en el estudio	Cualitativa	Política	Nominal	Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) Ácido poliláctico (PLA) Poliamida (PA) Policarbonato (PC) Resinas epoxicas
Equipo usado para la osteotomía en la cirugía guiada	Dispositivo usado para realizar cierta acción	Equipo usado para la osteotomía	Cualitativa	Política	Nominal	Motor de implantes Pieza de alta
Diámetro trefina	Anchura de un objeto con forma circular, cilíndrica o esférica.	Diámetro del anillo reportado	Cuantitativa	Discreta	Razón	2mm a 8mm

Angulación de la trefina	Establecimiento del ángulo desde el que se obtiene una imagen.	Angulación de la trefina reportado	Cuantitativa	Discreta	Razón	0 a 10°
Tipo de colgajo	Mucosa que rodea al diente y que durante el acto quirúrgico se separa parcialmente y se levanta manteniendo su unión al resto del tejido a través de una pequeña porción a la que se denomina pedículo.	Colgajo usado para la cirugía	Cualitativa	Politémica	Nominal	Parcial Total
Velocidad de los equipos	Relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un objeto y el tiempo que invierte en ello	Velocidad reportada	Cuantitativa	Politémica	Nominal	1.200 a 1.500 revoluciones por minuto (RPM)
Profundidad de la trefina	Distancia entre el fondo de algo y el punto tomado como referencia	Profundidad reportada	Cualitativa	Politémica	Nominal	Off set o Tope
Tejido retirado con la trefina	Capas de células similares que cumplen con una función específica	Tejidos retirados con la trefina	Cualitativa	Politémica	Nominal	Diente Tejido óseo

5.7 Procedimiento

La revisión de literatura para cirugía guiada en endodoncia con navegación estática, anillo guía y trefina, se inició estableciendo una pregunta de investigación. El protocolo implica una parte prequirúrgica, quirúrgica y posquirúrgica, pero en la primera fase de la investigación solo se llevará a cabo la investigación de la parte prequirúrgica y quirúrgica. Para la pregunta de investigación se obtuvieron términos principales de búsqueda con los cuales se determinaron los términos MESH y similares que permitan ampliar la búsqueda, generando estrategias para la misma. Posteriormente se realizó una estrategia de búsqueda, selección de artículos y la

realización de una matriz de resultados. Por último, se elaboró la introducción, los resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

5.7.1 Fuentes de información y estrategias de búsqueda

Se establecieron como bases de datos para la búsqueda Pubmed, Epistemonikos, Scielo, Cochrane Library, Scopus y Embase. Después de esto se establecieron como términos principales de búsqueda “guidedendodonticsurgery”, “trephine”, “CBCT” y “3D model”.

Tabla 3. Términos principales de búsqueda

Termino principal	Descriptor Mesh - Decs	Términos adicionales y/o sinónimos
Guía quirúrgica	Surgical guide	surgical guide design, implant dental, cone beam tomography, CBCT, dental materials, static guide
Impresoras 3D	No se encuentra	3D printers, implants, 3D printed template
Osteotomía	Osteotomy	equipment, guided endodontic surgery, surgery, static guide, guided osteotomy, guided root resection
Trefinas	Trephines	guided endodontic surgery, trephine diameter, resection angle
Anillo	guide ring	guide ring, surgical template
Cirugía endodóntica guiada	No se encuentra	flap, guided endodontic surgery
Software	Software desing	Dental software, Nemotec, BlueSkyPlan, 3shape, Exocat

Las combinaciones utilizadas para la búsqueda en cada base de datos fueron:

#1: (“surgical guide” OR “surgical guide design” OR “implant dental” OR “cone beam tomography” OR “CBCT” OR “dental materials” OR “static guide”)

#2: (“3D printers” OR “implants dental” OR "3D printed template")

#3: (“osteotomy” OR “equipment” OR “guided endodontic surgery” OR “static guide” OR "guided osteotomy" OR "guided root resection")

#4: (“trephines” OR “guided endodontic surgery” OR “trephine diameter” OR “resection angle”)

#5: (“guide ring” OR "surgical template")

#6: (“flap” OR “guided endodontic surgery”)

#7: (“dental software” OR “nemotec” OR “blueSkyPlan” OR “3shape” OR “Exocat”)

Formula 1: #1 AND #2 AND #3

Formula 2: #1 AND #3 AND #4

Formula 3: #2 AND #3 AND #4 AND #5

Formula 4: #2 AND #4 AND #5 AND #6

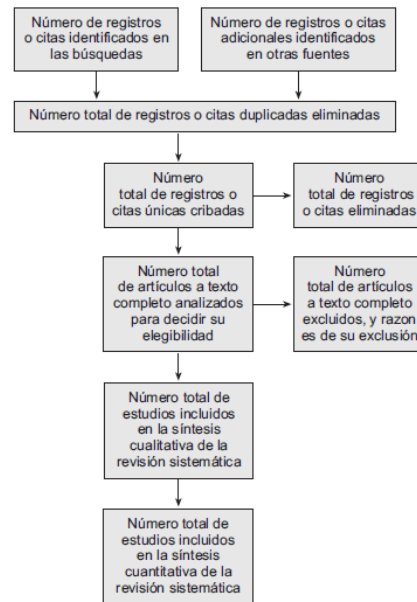
Formula 5: #3 AND #4 AND #6

5.7.3 Selección de los estudios

Se tuvieron en cuenta todos los estudios que describieran el procedimiento de la fase prequirúrgica y quirúrgica de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática, anillo guía y trefina.

La búsqueda electrónica se llevó a cabo desde el 18/04/2021 hasta el 20/02/2022 siguiendo el diagrama de flujo sugerido por PRISMA (Figura 1) (35) y realizando una búsqueda general. Posteriormente se eliminaron los artículos duplicados y se realizó la selección de los artículos siguiendo los criterios de inclusión y exclusión, mediante lectura crítica inicial del título, si cumplía los parámetros se realizaría lectura de resumen y si cumplía todos los parámetros anteriores se haría lectura de texto completo.

Figura 1. Diagrama de flujo a través de las diferentes fases de una revisión sistemática



Tomado de Urrutia y Bonfill (2010).

5.7.4 Análisis de la información y del sesgo de los estudios incluidos

Para evaluar el riesgo de sesgo de los reportes de caso se creó una herramienta por parte de los autores, con base en la guía CARE (Gagnier et al., 2013). Para el riesgo de sesgo de los estudios *in vitro* se creó una herramienta basada en la guía Faggion (Faggion, 2012, p. 182-189). Para las dos herramientas, si el artículo evaluado cumplía con 4 condiciones o menos tendría riesgo alto de sesgo, 5 a 8 riesgo moderado, y 9 o más riesgo bajo de sesgo. Adicionalmente se estableció una clasificación de los niveles de evidencia y grados de recomendación según las recomendaciones de SIGN 50.

5.8 Aspectos éticos

Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Artículo 11. Para efectos de este reglamento la investigación se clasifica en la siguiente categoría: Investigación sin riesgo: Estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

5.9. Conducción del Estudio

Lugar de Investigación: Universidad Santo Tomás Bogotá

Manejo de sustancias o especímenes: No aplica

Archivo de Datos y Sistematización: Los datos se recolectarán en Microsoft Excel 2016.

6. Resultados

6.1 Estudios seleccionados

Para la elaboración de la revisión de literatura se llevó a cabo una búsqueda electrónica en las bases de datos de PubMed, Epistemonikos, Scielo, Scopus, Embase y Cochrane Library obteniendo un total de 250 artículos. Al eliminar duplicados y revisar por título quedaron 37 artículos para realizar lectura del resumen. Después de revisar el resumen y según los criterios de inclusión y exclusión quedaron 19 artículos potencialmente elegibles para lectura completa.

Finalmente se eliminaron 8 artículos por alguna de estas razones: la guía no era usada para realizar cirugía apical, el acceso de la guía era por oclusal o porque no describía el procedimiento (Tabla 3), obteniendo finalmente 11 artículos (Figura 2). El rango de publicación de los 11 estudios fue desde el 2011 al 2021. Cuando se presentó desacuerdo entre los revisores, las decisiones se tomaron por consenso.

Tabla 4. *Artículos excluidos*

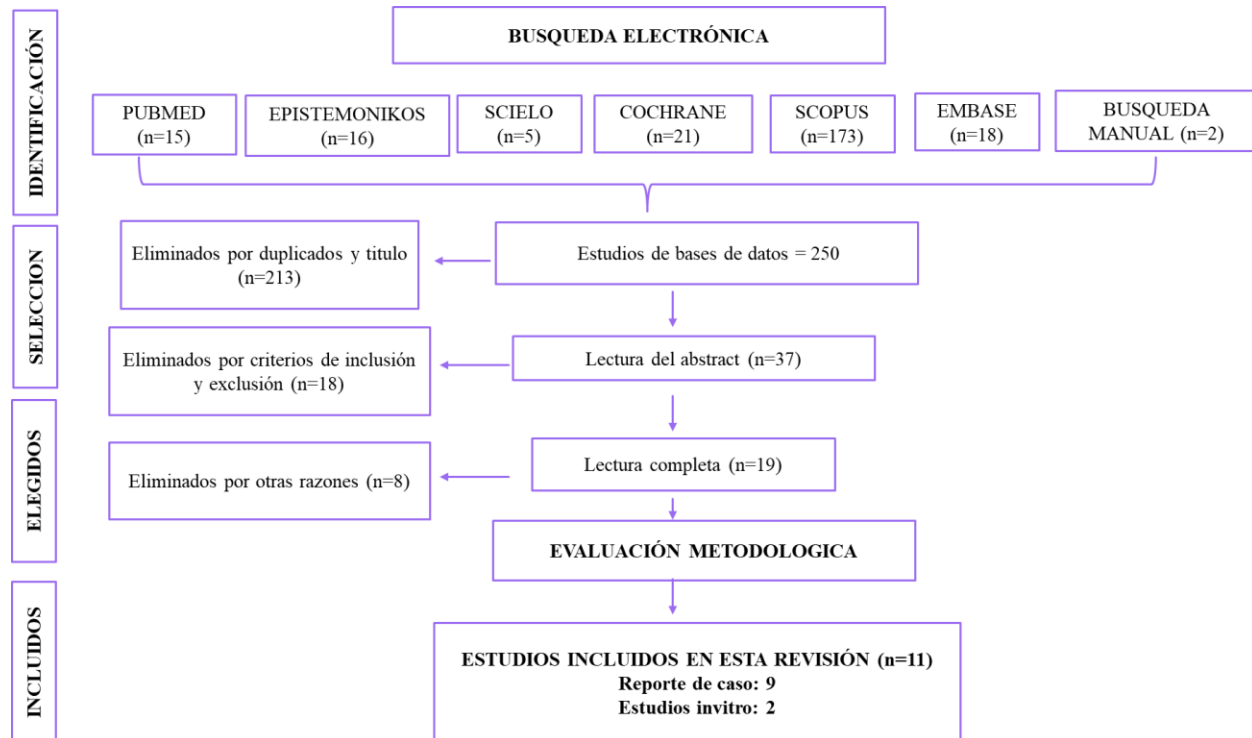
#	ESTUDIO	PRIMER AUTOR	AÑO	RAZON DE EXCLUSIÓN
1	Guided endodontics: a case report of maxillary lateral incisors with multiple dens invaginatus	Ali A	2019	La guía no es usada para acceso apical
2	Polymer 3D Printing Review: Materials, Process, and Design Strategies for Medical Applications	Khatri N	2021	Solo describe las guías, no el procedimiento
3	Endodontic applications of 3D printing	Anderson J	2018	No describe el procedimiento
4	3D printing of drill guide template for access cavity preparation in human molars: a preliminary study	Chen H	2018	Acceso de la guía por oclusal
5	A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery	Fan Y	2019	Solo describe las guías, no el procedimiento
6	Guided endodontics as an alternative for the treatment of severely calcified root canals	Lara-Mendez S	2019	Acceso de la guía por oclusal
7	Periapical Surgery Using CAD/CAM Guidance: Preclinical Results	Pinsky H	2007	No describe el procedimiento
8	Efficacy of Computer-Aided Static Navigation Technique on the Accuracy of Endodontic Microsurgery. A Systematic Review and Meta-Analysis	Zubizarreta-Macho A	2021	No describe el procedimiento

6.2 Características de los estudios

De los once artículos seleccionados dos son estudios experimentales invitro y los demás son reportes de caso. Estos describieron los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina basados en la evidencia científica. De acuerdo con la filiación institucional del primer autor la mayor parte de los artículos provienen de USA y Corea, los otros

corresponden a estudios realizados en Hungría, China, Polonia, Alemania, Brasil y Roma (Ver anexo #1). Las características preoperatorias, el diseño de la guía, el material de la guía, el diámetro y angulación de la trefina o fresa, así como otras características de los estudios son descritas en el anexo #1.

Figura 2 Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos



Características preoperatorias, diseño y elaboración de la guía quirúrgica

Antes de la realización de una cirugía endodóntica es muy importante planificar adecuadamente el caso, además de realizar la comprobación de la precisión y estabilidad de la guía. Para el diseño y elaboración de la guía, primero se debe contar un archivo STL o poligonal (PLY) el cual se obtiene de dos maneras: una realizando un escaneado intraoral o se toma una impresión de alta resolución con silicona, haciendo su respectivo vaciado y escaneo del modelo, con este último solo se puede obtener un archivo STL. Como segundo paso se realiza tomografía

que arroja los archivos DICOM que serán acoplados en los diferentes programas (Nemotec®, BlueSkyPlan®, 3shape®, Exocat®, Realguide®, In2Guide®, Blue Sky Bio®, DDS-Pro®, Meshmixer®), teniendo en cuenta que se importa primero el DICOM y luego el archivo STL o PLY (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020).

El tercer paso es el diseño y la creación de la guía digital que luego se exportará a un archivo STL; como paso opcional se puede imprimir un modelo óseo (modelo esterolitografico), el cuarto paso es la importación de la guía en archivo STL a un software de impresión (Chitubox®) el quinto paso es la impresión de la guía, las correcciones de los errores de impresión y la calibración de la fresa. Finalmente, se prueba la guía en boca y se inicia con el procedimiento quirúrgico (Figura 2) (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020). La impresión de la guía se puede realizar con distintos materiales entre ellos Fullcure 720®, resina MED610, resina biocompatible como Resin® o Dental SG Resin® (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020).

Procedimiento quirúrgico

Para la realización de los procedimientos quirúrgicos se siguió en todos los estudios y reportes de caso una secuencia que inicia con la comprobación, la precisión y estabilidad de la guía quirúrgica, luego colocación de anestesia, para algunos casos se usó microscopio quirúrgico

(Strbac et al., 2017). En todos los casos diseñaron un colgajo de espesor total con diferentes diseños (Ahn et al., 2018; Fonseca Tavares et al., 2018; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Popowicz et al., 2019). Antal et al (Antal et al., 2020)., y Strbac et al., (2017)., lo realizaron con una o dos incisiones verticales. Liu et al, (2014), de la misma manera pero solo en la zona apical y en los estudios experimentales (Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019) no aplica la realización de colgajo.

Para la osteotomía de la cortical vestibular existen dos maneras de realizarlo: guía con ventana y guía con anillo, las dos realizadas con fresa y pieza de mano o con inserto y motor piezo eléctrico, luego se realiza la resección apical, Ackerman et al, (2019), utilizaron una fresa de Lindemann que tiene un ancho aproximado de 2mm, la resección vestíbulo-lingual completa fue de 3mm. Ahn et al, (2018), emplearon una fresa de anclaje de 1,5 mm de diámetro y 20 mm de longitud y una fresa adicional de Lindemann. La cantidad de tejido retirado fue de 4mm y la resección apical fue de 3 mm con fresa de fisura cónica de 170 bajo abundante irrigación con agua destilada estéril. J.-E. Kim et al, (2019), y Garcia-Sanchez et al., (2019). prepararon el hueso vestibular apical con fresa redonda n.º6 y agua destilada, retirando 3mm aproximadamente de tejido, se eliminó 3mm de ápice con fresa de diamante de alta velocidad. Antal et al., (2020) usaron trefina de 3,46 mm y 4,46 mm, la cual perforó hasta que el tope impidió que el instrumento se insertara más, y se observó que se había eliminado el ápice.

Giacomino et al, (2018), utilizaron trefinas de 6mm de diámetro para el primer caso, para el segundo de 5mm de diámetro y en el tercer caso no lo reportan, los orificios de guía tenían una profundidad mínima de 7 mm para garantizar la estabilización del trépano según lo determinado durante las pruebas in vitro, la resección radicular fue de 3mm. Hawkins et al., usaron trépano de 4,40 mm de diámetro exterior y 20mm de longitud, cortando aproximadamente 5 mm de tabla

ósea y 3 mm del ápice radicular. Liu et al., realizaron ventana ósea aproximadamente de 4mm y solo reportan que se realizó resección apical pero no de cuanto fue, ni con que lo hicieron. Popowicz et al, (2019), usaron fresa de trépano (No. 227A.204.040) a una profundidad de 1.5mm y resección apical de 3mm con abundante solución salina.

Strbac et al, (2017), utilizaron una sierra piezoeléctrica (piezomed) delgada B7; las dimensiones de la osteotomía se determinaron con pines quirúrgicos posicionados virtualmente de 1,5 mm de diámetro. El margen inferior de la osteotomía para cada raíz definía el plano de corte. El margen superior de la osteotomía se planeó con una distancia vertical de 4 mm al margen inferior, de acuerdo con las dimensiones de las retropuntas diamantadas de los instrumentos microquirúrgicos. La resección apical fue de 3mm. Fonseca et al (Tavares et al., 2020)., usaron una fresa del kit de cirugía guiada Straumann de Ø 3,5 mm de diámetro con un cilindro extra de +3 mm. La primera fresa de 3,5 mm de diámetro se insertó en la guía con la ayuda del mango de la broca y se realizó la osteotomía. Se utilizó una segunda fresa, una Twist Drill PRO de 3,5 mm de diámetro para la resección apical de 3mm.

El equipo con el cual se realizó el procedimiento en cinco de los reportes de caso fue con motor quirúrgico (Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Popowicz et al., 2019; Tavares et al., 2020). Giacomino et al, (2018), lo utilizaron a 1.200 revoluciones por minuto (rpm), con un torque máximo, cortando progresivamente el hueso, el ápice y el tejido blando con un ligero movimiento de picoteo durante 1 a 2 minutos dependiendo de la profundidad de la inserción. Hawkins et al., y Popowicz et al, (2019), a 1.000rpm. Fonseca et al (Tavares et al., 2020)., a 980rpm. En dos de los reportes de caso se usó pieza de mano (Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019), en dos estudios no fue reportado(Ackerman et al., 2019;

Ahn et al., 2018), en uno se realizó con contrángulo (Liu et al., 2014) y en otro con piezoelectro (Strbac et al., 2017).

La angulación de la trefina o fresa en ocho de los once artículos no es reportada (Ackerman et al., 2019; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020). En el reporte de Ahn et al, (2018)., para evitar la interferencia con los labios y la mejilla, el ángulo del pin se inclinó hacia adelante aproximadamente 30°. Antal et al, (2020)., realizaron angulación sin reporte de un valor específico, Hawkins et al, (2020)., reportan un bisel de 0° perpendicular al eje longitudinal del diente en una dimensión vestíbulo-lingual.

Finalmente se realizó la preparación apical y su posterior obturación con material biocompatible, en algunos casos se usó la cortical extraída como autoinjerto, en otros casos se colocaron injertos, membranas de colágeno o PRF. Se enviaron las recomendaciones postquirúrgicas y terapia analgésica y antibiótica (Figura 3). Adicionalmente hicieron controles radiográficos de las lesiones.

6.3 Evaluación del riesgo de sesgo

Para evaluar el riesgo de sesgo de los reportes de caso se creó una herramienta por parte de los autores, con base en la guía CARE descrita en la tabla 5. Todos los artículos tuvieron un título + un fenómeno de mayor interés, presentación del caso, estandarización en la forma de la elaboración de la guía, descripción de la profundidad de la fresa o la trefina y descripción del procedimiento. Donde más hubo faltantes fue en la angulación de la fresa o trefina. Algunos describieron el material usado para la realización de la guía y en pocos casos no hubo

estandarización en la forma de medición de los resultados. A pesar de ello, siete de los nueve artículos obtuvieron un riesgo bajo de sesgo. Los otros dos tuvieron riesgo moderado.

Tabla 5. *Riesgo de sesgo para los reportes de caso*

Auto r	Títul o + Fenó meno de mayor inter és	Presen tación del caso o cálcul o de la muest ra	Estanda rización en la forma de elaborac ión de la guía	Des crib e el mat erial utili zad o par a la guía	Desc ribe el diá metr o treñi do o fres a usad a	Descr ibe la angul ación	Rep orta la cant idad de retir ada de la vent ana ósea	Descri be la profu ndida d de la fresa o treñin a	Descr ibe el tiemp o de segu imient o	Descri pción del procedi miento	Estanda rización en la forma de medició n de los resultad os	Rie sgo De Ses go
Ahn S	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o
Kim J	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o
Antal M	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o
Garci a- Sanc hez A	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Baj o
Giac omin o M	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o
Liu Y	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No	Me dio
Popo wicz W	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	No	Me dio
Strba c G	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o
Fons eca W	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Baj o

Para evaluar los estudios invitro se creó una herramienta con base en el artículo de Faggion (46), obteniendo los resultados que se describen en la tabla 6. Los dos estudios evaluados obtuvieron un riesgo moderado de sesgo porque cumplieron entre cinco a ocho

condiciones. De acuerdo con los parámetros considerados para el análisis, los artículos contaron con un objetivo claramente definido, calculo y muestras con dimensiones similares, dientes sanos, aleatorización de los grupos, un protocolo de cirugía guiada, seguimiento de los pacientes y todos contaron con una estadística. Estos artículos no presentaron un método de almacenamiento de las muestras, presencia de grupo control y seguimiento de instrucciones del fabricante. Ninguno de los dos artículos cumplió con todas las condiciones evaluadas.

Tabla 6. *Riesgo de sesgo para los estudios in vitro*

Estudio	Objetivo claramente establecido	Cálculo del tamaño de la muestra	Muestras con dimensiones similares	Dientes sanos	Método de almacenamiento de la muestra	Aleatorización de grupos	Presencia de grupo control	Protocolo de cirugía guiada	Seguimiento de los pacientes	Se siguieron instrucciones del fabricante	Se realizó análisis estadístico	Riesgo de sesgo
Ackerman S	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Medio
Hawkins T	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Medio

7. Discusión

La cirugía endodóntica guiada con navegación estática ha demostrado una mejor precisión en comparación con un procedimiento quirúrgico a mano alzada (García-Sánchez et al., 2019, p. 1-6). Además, la propia plantilla guía puede actuar como retractor de tejidos blandos, lo que ayuda a evitar daños colaterales en los mismos (J.-E. Kim et al., 2019, p. 1-7), siendo posible planificar la extracción del ápice en el espacio virtual y fabricar guías quirúrgicas estáticas impresas en 3D para ayudar en la ejecución de la cirugía (Antal et al., 2020) mejorando el tiempo operatorio y disminuyendo las molestias para el paciente (Liu et al., 2014, p. 33-40).

Los resultados arrojaron que el tamaño de la muestra de la mayoría de los estudios incluidos fue relativamente pequeño. Por lo tanto, es probable que muchos de estos estudios tuvieran poco dominio para demostrar cualquier diferencia significativa en las medidas de resultado entre los grupos o reportes de casos. Sin embargo, algunos de los estudios incluidos proporcionaron información clínica limitada con respecto a la profundidad y angulación de la fresa o trefina usada. Esto es debido a que la angulación meso distal y ángulo de corte dependen de la anatomía del paciente y de las estructuras anatómicas adyacentes que dificultan o modifican la vía de inserción de la fresa y el motor.

Cabe anotar que los procedimientos de navegación estática se aplicaron primero a la cirugía de implantes para mejorar la precisión de su colocación y son los mismos que se usan en cirugía endodóntica. Para ello es indispensable contar con una plantilla intraoral, además de utilizar ciertos avances técnicos, entre ellos, la tomografía de haz de cono de alta resolución, el programa para diseñar la guía, los archivos DICOM, STL o los archivos poligonales (PLY), la impresora 3D, el motor quirúrgico y las trefinas o piezoeléctrico, con el fin de obtener resultados exitosos en términos de precisión y la posterior cicatrización de la patología periapical existente. La selección estricta de casos es de suma importancia para un buen pronóstico a largo plazo (Floratos & Kim, 2017, p. 81-91).

Los programas existentes para la realización de las guías quirúrgicas son diseñados con el fin de dirigir la colocación de implantes, debido a que aún no existe ninguno que simule una fresa trefina, se debe tomar como referencia el implante, el cual simularía lo que en la cirugía endodóntica sería la trefina. Los resultados del estudio de Ackerman et al., (2019)., muestran que el acceso endodóntico guiado por CBCT tiene una desviación significativamente menor que el acceso a mano alzada ($p < 0,001$). Por lo tanto, la hipótesis planteada acerca del uso de las guías

quirúrgicas impresas en 3D diseñadas a partir de CBCT permite al operador acceder con mayor precisión a una raíz en una ubicación planificada. Estos resultados son comparables con estudios previos sobre la precisión de la tecnología guiada por computadora realizados por Schneider et al, (2009) y Holst et al, (2007).

La comparación de la utilidad clínica del procedimiento se realiza para brindar una comprensión más realista de la precisión de la técnica guiada. Usar la desviación como única medida puede ser engañoso porque no indica en qué dirección ocurrió la desviación. Para abordar este problema, Ackerman S et al, (2019) cuantificaron el éxito clínico dentro de los 4 mm apicales de la raíz; usando 4 mm como referencia a la hora de retirar la ventana ósea para incluir el área de interés apical de 3 mm, así como 1 mm de margen de maniobra coronal al punto objetivo para tener en cuenta el ancho de la fresa Lindemann utilizada. Con este parámetro, el acceso quirúrgico no alcanzó los 4 mm apicales de la raíz por completo en 13 de las 24 muestras del grupo control. En cambio, en el grupo guiado, ninguna de las muestras quedó fuera del área clínica de interés. Estos resultados son similares al estudio de Pinsky et al, (2007), quienes encontraron que la distancia desde el ápice era de 0,79 mm (desviación estándar de 0,33) usando guía y de 2,27 mm (desviación estándar de 1,46) con la cirugía a mano alzada. Se produjo un error >3 mm en más del 22 % de las veces a mano alzada y ninguno con la guía.

La precisión en la ubicación del ápice mediante cirugía guiada influye en el resultado de la cicatrización periapical del defecto óseo, el tiempo de operación, la precisión y las molestias postoperatorias, sin riesgos de dañar las estructuras circundantes (Shah & Chong, 2018, P. 641-654). Por lo tanto, el abordaje con navegación estática guiada asistida debe considerarse especialmente en casos de acceso quirúrgico comprometido, con lesión periapical limitada y sin pérdida de la tabla vestibular.

Lio et al, (2021)., en su revisión mostraron protocolos predecibles de microcirugía endodóntica guiada (EMS) y describieron sus resultados clínicos. Los estudios incluidos mostraron dos técnicas diferentes tanto para la digitalización del arco dental como para los procedimientos quirúrgicos. Para la digitalización la mitad de los estudios usaron la técnica directa y los demás la indirecta. La técnica indirecta consiste en escaneo extraoral con impresión tradicional para la posterior digitalización del arco y la directa es un escaneo intraoral con digitalización del arco. En cuanto los procedimientos quirúrgicos cinco autores realizaron la cirugía totalmente guiada realizando la osteotomía, localización del ápice y resección radicular con la guía quirúrgica. Los demás lo hicieron parcialmente guiado usando la guía solo para la osteotomía y la localización del ápice. Resultados que contrastan con la presente revisión en cuanto la digitalización del arco donde la técnica indirecta fue la más usada.

Al mismo tiempo, los resultados de Lio et al. son similares en el procedimiento de la cirugía guiada, debido a que fueron más los autores que utilizaron la guía para realizar todo el procedimiento, lo cual mejora el tiempo quirúrgico y la precisión para realizar la apicectomía, pero no genera diferencias estadísticamente significativas. Igualmente mostraron similitud en los resultados encontrados, debido a que para las dos revisiones la cirugía endodóntica guiada muestra mejores resultados comparada con la cirugía a mano alzada, además los protocolos usados conducen a realizar el procedimiento de la siguiente manera: comprobar precisión y estabilidad de la guía, anestesia de la zona a tratar, como parte opcional está el uso de microscopio quirúrgico en los primeros pasos de la cirugía el cual se retira a la hora de realizar la osteotomía y apicectomía., En el diseño del colgajo, algunos autores realizaban un colgajo desde coronal y otros solo apical, todos de espesor total y algunos con relajante vertical. Luego realizaban el retiro de la cortical vestibular y resección radicular, algunos utilizaron fresas

Lindeman y otras fresas trefinas. Posteriormente procedían con la colocación de materiales de obturación apical como biocerámicos o MTA, en algunos estudios colocaron membranas, ó la misma tabla vestibular que había sido retirada al inicio. Finalmente, reposición del colgajo, recomendaciones postquirúrgicas y terapia farmacológica y analgésica.

Por su parte, Antal et al., (2020)., han desarrollado un enfoque para reducir los fracasos y, por lo tanto, hacer que la apicectomia sea más segura y precisa mediante la aplicación de trépanos hechos a medida con una función de tope en combinación con la planificación digital y la guía estática. Con base en los resultados, el enfoque parece ser adecuado para ese propósito debido a que al introducir el trepano en la guía se observó que no solo había hecho resección del ápice, sino que también lo había eliminado; datos que corroboran los hallazgos de Giacomino et al., (2018) sobre la cirugía endodóntica guiada con trefina donde se potencializa el tratamiento quirúrgico en tres escenarios anatómicamente desafiantes produciendo osteotomías dirigidas eficientes con un sitio, una angulación y una profundidad de preparación predecibles (Figura 3).

Esta revisión tuvo ciertas limitaciones: La primera fue que los resultados de los estudios incluidos se derivaron de estudios in vitro; sin embargo, aunque los ensayos clínicos, como los ensayos controlados aleatorios, arrojan resultados más sólidos, un estudio experimental in vitro bien diseñado también puede brindar soluciones beneficiosas. La segunda fue que no todos los estudios describieron la asignación aleatoria y no reportaban si usaron métodos de asignación al azar; por lo tanto, los resultados de los estudios evaluados deben interpretarse con cautela. La tercera es el pequeño tamaño de los estudios evaluados; los estudios con tamaños de muestra más grandes habrían dado lugar a resultados más sólidos.

8. Conclusiones

Para la realización del procedimiento quirúrgico de cirugía guiada con navegación estática se requieren ciertos pasos prequirúrgicos y quirúrgicos.

La cirugía endodóntica guiada con navegación estática es una técnica con mayor precisión en comparación con un procedimiento quirúrgico a mano alzada.

La tomografía ideal para la realización de la cirugía endodóntica guiada es la de haz cónico (CBCT).

La impresión de la guía se puede realizar con distintos materiales entre ellos Fullcure 720®, resina MED610, resina biocompatible como Resin® o Dental SG Resin®

La osteotomía y apicectomía guiada con una plantilla quirúrgica impresa en 3D al ser mínimamente invasiva disminuye el tiempo operatorio, reduciendo las complicaciones posoperatorias y mejorando la cicatrización.

Aunque la fabricación en 3D de plantillas quirúrgicas es un proceso que requiere más tiempo, la duración del procedimiento quirúrgico se reduce, beneficiando la comodidad y seguridad del paciente.

Existe un cierto margen de error causado por la contracción o expansión de la resina usada para la elaboración de la guía lo que puede afectar la exactitud y la dirección de fresado.

9. Recomendaciones

Se requieren más estudios clínicos con muestras de mayor tamaño y más información en cuanto a la descripción de la angulación de la fresa o trefina para obtener resultados más fiables acerca de la cirugía endodóntica guiada.

Los estudios futuros deberán adherirse a una metodología uniforme para evitar la heterogeneidad.

Se necesita más evidencia científica de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática, porque lo que muestra la literatura se basa en reportes de casos.

Se esperan modelos y parámetros diseñados específicamente para cirugía endodóntica y endodoncia convencional guiada.

La navegación estática también puede realizarse para ubicar la cavidad de acceso endodóntico y negociación de conductos en casos de obliteración pulpar y malformaciones dentales como dens invaginatus o dens evaginatus.

Referencias

- Abella, F., De Ribot, J., Doria, G., Duran-Sindreu, F., & Roig, M. (2014). Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: A literature review. *Journal of Endodontics*, 40(3), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.014>
- 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>
- Antal, M., Nagy, E., Sanyó, L., & Braunitzer, G. (2020). Digitally planned root end surgery with static guide and custom trephine burs: A case report. *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 16(4). <https://doi.org/10.1002/rcs.2115>
- Arefin, A. M. E., Khatri, N. R., Kulkarni, N., & Egan, P. F. (2021). *Polymer 3D Printing Review : Materials , Process , and Design Strategies for Medical Applications*. 1–24.
- Ballesteros, L. C., Delgado de Paz, G. A., & Estupiñan, L. S. (2018). *Técnicas de fresado con fresa única y múltiples para la colocación de implantes dentales según el tipo de hueso: Revisión sistemática de la literatura*. 1–69.
- Barone, C., Dao, T. T., Basrani, B. B., Wang, N., & Friedman, S. (2010). Treatment Outcome in

- Endodontics: The Toronto Study-Phases 3, 4, and 5: Apical Surgery. *Journal of Endodontics*, 36(1), 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.001>
- Brief, J., Edinger, D., Hassfeld, S., & Eggers, G. (2005). Accuracy of image-guided implantology. *Clinical Oral Implants Research*, 16(4), 495–501. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01133.x>
- Cassetta, M., Giansanti, M., Di Mambro, A., & Stefanelli, L. (2014). Accuracy of Positioning of Implants Inserted Using a Mucosa-Supported Stereolithographic Surgical Guide in the Edentulous Maxilla and Mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(5), 1071–1078. <https://doi.org/10.11607/jomi.3329>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3), 327–331. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- D.H, E. (2007). Surgical endodontics. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 12, 67–82. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-10073-4.50010-0>
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- Evans, G. E., Bishop, K., & Renton, T. (2012). Guidelines for surgical procedures. *The Royal College of Surgeons Of England*, 2, 1–7.
- Faggion, C. M. (2012). Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 12(4), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2012.10.001>
- Featherstone, J. D. B., Roth, J. R., Crall, J. J., Berkowitz, R. J., Denbesten, P., Adair, S. M.,

- Glassman, P., & Miller, C. (2003). Caries Moving from Restoration towards Prevention part 1. *Journal of the California Dental Association*, *31*(2).
- Floratos, S., & Kim, S. (2017). Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dental Clinics of North America*, *61*(1), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2016.08.007>
- Fonseca Tavares, W. L., Diniz Viana, A. C., de Carvalho Machado, V., Feitosa Henriques, L. C., & Ribeiro Sobrinho, A. P. (2018). Guided Endodontic Access of Calcified Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, *44*(7), 1195–1199. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.014>
- Gagnier, J. J., Kienle, G., Altman, D. G., Moher, D., Sox, H., & Riley, D. (2013). The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. *Forschende Komplementarmedizin*, *20*(5), 385–386. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2013.008>
- 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), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s41894-019-0048-6>
- Gaston, L., Costa, D., & Ibanez, J. C. (2020). *Protocolo T . A . C para la confección de guías quirúrgicas de precisión en Implantología. December.*
- 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 Trephine Burs—A Report of 3 Cases. *Journal of Endodontics*, 44(4), 671–677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
- Gilheany, P. A., Figdor, D., & Tyas, M. J. (1994). Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *Journal of Endodontics*, 20(1), 22–26. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80022-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80022-1)
- GUTMANN, J. L., & HARRISON, J. W. (1985). Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *International Endodontic Journal*, 18(1), 8–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00415.x>
- 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>
- Hirsch, V., & Kohli, R. (2016). *Apicoectomy of maxillary anterior teeth through a piezoelectric bony-window osteotomy: two case reports introducing a new technique to preserve cortical bone*. 7658, 310–315.
- Holst, S., Blatz, M. B., & Eitner, S. (2007). Precision for Computer-Guided Implant Placement: Using 3D Planning Software and Fixed Intraoral Reference Points. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 65(3), 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2006.10.050>
- Kapshe, N., Pujar, M., & Satyam, J. (2018). Cone Beam Computed Tomography: A review. *Dental Clinics of North America*, 62(3), 361–391. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>
- Khoury, F., & Hensher, R. (1987). The bony lid approach for the apical root resection of lower molars. *Int.J.Oral Maxillofac*, 170, 166–170.
- Kim, D., Ku, H., Nam, T., Yoon, T. C., Lee, C. Y., & Kim, E. (2016). Influence of Size and

- Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, 42(8), 1196–1201. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.05.006>
- Kim, G. B., Lee, S., Kim, H., Yang, D. H., Kim, Y. H., Kyung, Y. S., Kim, C. S., Choi, S. H., Kim, B. J., Ha, H., Kwon, S. U., & Kim, N. (2016). Three-dimensional printing: Basic principles and applications in medicine and radiology. *Korean Journal of Radiology*, 17(2), 182–197. <https://doi.org/10.3348/kjr.2016.17.2.182>
- 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), 1–7. <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e29>
- Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *Journal of Endodontics*, 32(7), 601–623. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.010>
- Kumar, D., & Priscilla Antony, S. D. (2018). Calcified canal and negotiation-A review. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11(8), 3727–3730. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2018.00683.2>
- Kumar, M., Shanavas, M., Sidappa, A., & Kiran, M. (2015). Cone beam computed tomography - know its secrets. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 7(2), 64–68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25859112><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4377156>
- Lee, S.-M., Yu, Y., Wang, Y., Kim, E., & Kim, S. (2020). The Application of “ Bone Window ” Technique in Endodontic Microsurgery. 46(6), 872–880.

- Lio, F., Mampieri, G., Mazzetti, V., Leggeri, A., & Arcuri, L. (2021). *Guided endodontic microsurgery in apicoectomy: a review* (pp. 47–55).
- Liu, Y., Liao, W., Jin, G., Yang, Q., & Peng, W. (2014). Additive manufacturing and digital design assisted precise apicoectomy: A case study. *Rapid Prototyping Journal*, 20(1), 33–40. <https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2012-0056>
- Lofthag-Hansen, S., Huuonen, S., Gröndahl, K., & Gröndahl, H. G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 103(1), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.01.001>
- Marchack, C. B., & Chew, L. K. (2015). *The 10 year evolution of guided surgery*. *March*, 1–5.
- Medina, Y. F., & Quintana L, G. (2012). Importancia de desarrollar guías de práctica clínica en reumatología. *Revista Colombiana de Reumatología*, 19(2), 69–70. [https://doi.org/10.1016/S0121-8123\(12\)70027-0](https://doi.org/10.1016/S0121-8123(12)70027-0)
- Niemczyk, S. P. (2010). Essentials of Endodontic Microsurgery. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 375–399. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.002>
- OSSEODENT TREPHINE BURS. (2021). <https://www.osseodent.com/product/trephine-burs/>
- Patel, S., Brown, J., Semper, M., Abella, F., & Mannocci, F. (2019). European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by: *International Endodontic Journal*, 52(12), 1675–1678. <https://doi.org/10.1111/iej.13187>
- Pinsky, H. M., Champleboux, G., & Sarment, D. P. (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>
- Schneider, D., Marquardt, P., Zwahlen, M., & Jung, R. E. (2009). A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clinical Oral Implants Research*, 20(SUPPL. 4), 73–86. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01788.x>
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. (2011). Sign 50. *Diversity*, November, 2–105. www.sign.ac.uk/guidelines/published/numlist.html.
- Shah, P., & Chong, B. S. (2018). 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 641–654. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2338-9>
- Shinbori, N., Grama, A. M., Patel, Y., Woodmansey, K., & He, J. (2015). Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *Journal of Endodontics*, 41(5), 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.028>
- Siragusa, C., Alfie, N., Gimenez, M., & Rodríguez, P. (2021). *Microcirugía Endodóntica con Planificación Digital y Guía Quirúrgica. Caso Clínico Endodontic Microsurgery with Digital Planning and Surgical Guide. Clinical Case*. 13–20.
- 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>
- Torabi, K., Farjood, E., & Hamedani, S. (2015). Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *Journal of Dentistry (Shiraz, Iran)*, 16(1), 1–9. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25759851><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4345107>
- Tsesis, I., Rosen, E., Schwartz-Arad, D., & Fuss, Z. (2006). Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *Journal of Endodontics*, 32(5), 412–416. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.051>
- Tsesis, I., Rosen, E., Taschieri, S., Telishevsky Strauss, Y., Ceresoli, V., & Del Fabbro, M. (2013). Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: An updated meta-analysis of the literature. *Journal of Endodontics*, 39(3), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.044>
- van der Meer, W. J., Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2016). 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.007>
- Van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>
- Vermeulen, J. (2017). The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model. *The International Journal of Oral &*

- Maxillofacial Implants*, 32(3), 617–624. <https://doi.org/10.11607/jomi.5065>
- Weinstein, T., Rosano, G., Del Fabbro, M., & Taschieri, S. (2010). Endodontic treatment of a geminated maxillary second molar using an endoscope as magnification device. *International Endodontic Journal*, 43(5), 443–450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01714.x>
- White, S. C., & Pharoah, M. J. (2008). The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 689–705. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.006>
- Wu, D., Zhou, L., Yang, J., Zhang, B., Lin, Y., Chen, J., Huang, W., & Chen, Y. (2020). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *International Journal of Implant Dentistry*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00272-0>
- Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., Krastl, G., & Kühl, S. (2016). Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, 49(10), 966–972. <https://doi.org/10.1111/iej.12544>

Apéndices

Apéndice A. *Artículo Descripción de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática*



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

DESCRIPCIÓN DE LA CIRUGIA ENDODÓNTICA GUIADA CON NAVEGACIÓN ESTÁTICA

Mónica Amparo Álzate Guerrero¹, Laura Ximena Rodríguez Granados¹, María Fernanda Serpa², Ángela María Chaves Cabrera³, Oscar Mauricio Jiménez⁴, Diana Parra Galvis

1. Odontólogas, Residentes del Postgrado de Endodoncia, Bogotá. Universidad Santo Tomas.
2. Odontóloga, Especialista en Endodoncia
3. Odontóloga, Especialista en Endodoncia
4. Odontólogo, Magister en Administración en Salud, Doctor en Salud Pública
5. Odontóloga, Especialista en epidemiología

ABSTRACT

Background: Static navigation assisted guided surgery is a minimally invasive technique that directs the operator to obtain a more precise insertion pathway and achieve faster wound healing, with a significantly higher success rate than the traditional apical surgery technique. **Objective:** To describe the steps to perform static navigation assisted surgery with guide ring and trephine based on scientific evidence. **Search methods:** A search strategy was designed from 2011 to 2021 for articles published in PubMed, Epistemonikos, Cochrane, Web Of Science and Embase. The selection criteria were studies on the guided endodontic surgery procedure published in the last 10 years, systematic reviews, in vitro studies, case reports and case series. The evaluation of methodological quality, risk of bias and data extraction were performed independently and in duplicate. The results were expressed using the PRISMA guide and the tool developed for case reports and in vitro studies. **Results:** Eleven studies were obtained for review where the steps required in static navigation assisted surgery were described, consisting of intraoral scanning or silicone impression for obtaining the triangular language standard (STL) file or polygonal file (PLY), tomography to obtain the digital image and communication in medicine (DICOM) files, then the coupling of the 2 files in a software, where first the DICOM is imported and then the STL or PLY, then the creation, export and import of the guide to start the surgical procedure. **Conclusions:** Guided osteotomy and apicoectomy with a 3D printed surgical template decreases operative time, reduces postoperative complications, and improves healing. Although 3D

fabrication of surgical templates is a more time-consuming process, the duration of the surgical procedure is reduced, benefiting patient comfort and safety.

Keywords. Guided surgery, 3D printers, osteotomy, trephines, ring, guided endodontic surgery and software.

RESUMEN

Antecedentes: La cirugía guiada con navegación estática es una técnica mínimamente invasiva que encamina al operador a obtener una vía de inserción más precisa y lograr una cicatrización más rápida de la herida, con una tasa de éxito significativamente mayor que la técnica de cirugía perirradicular tradicional. **Objetivo:** Describir los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica. **Métodos de búsqueda:** Se diseñó una estrategia de búsqueda entre los años 2011 al 2021, para artículos publicados en PubMed, Epistemonikos, Cochrane, Web Of Science y Embase. Los criterios de selección fueron estudios que hablen sobre el procedimiento de cirugía endodóntica guiada publicados en los últimos 10 años, revisiones sistemáticas, estudios in vitro, reportes de casos y series de casos. La evaluación de la calidad metodológica, riesgo de sesgo y extracción de datos se realizaron de forma independiente y por duplicado. Los resultados se expresaron utilizando la guía PRISMA y la herramienta realizada para reportes de casos y estudios in vitro. **Resultados:** Se obtuvieron 11 estudios para la revisión donde se describieron los pasos requeridos en la cirugía guiada con navegación estática, que consisten en escaneo intraoral o impresión con silicona para la obtención del archivo de estándar de lenguaje triangular (STL) o del archivo poligonal (PLY), tomografía para obtención de los archivos de imagen digital y comunicación en medicina (DICOM), luego el acople de los 2 archivos en un software, donde primero se importa el DICOM y luego el STL o PLY, posteriormente la creación, exportación e importación de la guía para así iniciar con el procedimiento quirúrgico. **Conclusiones:** La osteotomía y apicectomía guiada con una plantilla quirúrgica impresa en 3D disminuye el tiempo operatorio, reduce las complicaciones posoperatorias y mejora la cicatrización. Aunque la fabricación en 3D de plantillas quirúrgicas es un proceso que requiere más tiempo, la duración del procedimiento quirúrgico se reduce, beneficiando la comodidad y seguridad del paciente. **Palabras claves.** Cirugía guiada, impresoras 3D, osteotomía, trefinas, anillo, cirugía endodóntica guiada y software.

INTRODUCCION

En los últimos años, la tasa de éxito de la cirugía endodóntica ha aumentado del 48,8% al 90,3%, con el avance de los

materiales, instrumentos y del uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT); (Tsesis et al., 2006) aun así para los profesionales uno de los grandes retos es conseguir la ubicación exacta y realizar una resección del ápice precisa sin afectar ninguna estructura adyacente, debido principalmente al campo de visión limitado, y al sangrado (S. Kim & Kratchman, 2006; Niemczyk, 2010); por lo tanto, el uso de CBCT que brinda información 3D es indispensable debido a que proporciona una visión clara de la relación anatómica entre los ápices radiculares y las estructuras vecinas, como el nervio dentario inferior, el agujero mentoniano y el seno maxilar, entre otros (White & Pharoah, 2008). La exploración CBCT establece dónde se pueden realizar las osteotomías de acceso, lo que permite una cirugía mínimamente invasiva, además en el 70% de los pacientes muestra información clínicamente relevante no identificada por la radiografía periapical (Lofthag-Hansen et al., 2007). Esta información 3D se puede combinar con la información de la superficie de los dientes adquirida con un escáner intraoral para diseñar e imprimir en 3D una guía para el tratamiento (Anderson et al., 2018; Dawood et al., 2015).

La cirugía guiada con navegación estática es una técnica mínimamente invasiva que encamina al operador a obtener una vía de inserción más precisa, además de lograr una cicatrización más rápida de la herida, con una tasa de éxito mayor que la técnica de cirugía apical tradicional (Floratos & Kim, 2017).

Para llevarla a cabo, uno de los métodos es el uso de una fresa trefina o trepano que llega al sitio quirúrgico dirigido por un anillo guía presente en la guía 3D que busca realizar la osteotomía y llegar a los ápices radiculares. Los programas existentes para la realización de las guías quirúrgicas son diseñados con el fin de dirigir la colocación de implantes, y como aún no existe ninguno que simule una cirugía perirradicular, se debe tomar como referencia el implante, es sentido vestíbulo palatino o lingual lo que en la cirugía endodóntica sería la trefina (Antal et al., 2020; Hawkins et al., 2020).

Debido a la falta de conocimiento y a la novedad del tema no se ha encontrado aún una descripción basada en la literatura sobre la cirugía guiada con navegación estática que describa el procedimiento paso a paso, lo que conlleva a los endodoncistas a realizar esta intervención sin parámetros clínicos establecidos, lo cual podría ocasionar errores durante el tratamiento e inseguridad por parte del profesional, por lo que se hace crucial realizar esta investigación, siendo útil para conocer el procedimiento con sus ventajas, desventajas, uso de instrumental y equipos a la hora de abordar dientes con condiciones patológicas que requieran este procedimiento. Es por ello que el objetivo de esta investigación es describir los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica.

MATERIALES Y METODOS

Se tuvieron en cuenta todos los estudios indexados que describieran procedimientos

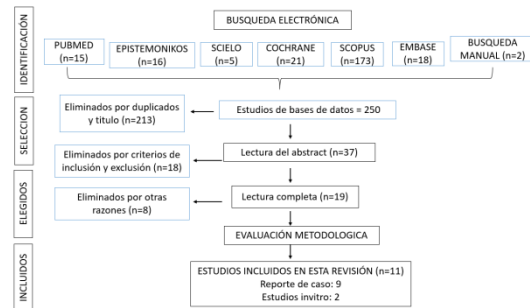
endodónticos en cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina en las bases de datos (Pubmed, Epistemonikos, Cochrane Library, Web Of Science y Embase) entre los años 2011 y 2021.

Las combinaciones utilizadas para la búsqueda en cada base de datos fueron: #1: (“surgical guide” OR “surgical guide design” OR “implant dental” OR “cone beam tomography” OR “CBCT” OR “dental materials” OR “static guide”), #2: (“3D printers” OR “implants dental” OR “3D printed template”), #3: (“osteotomy” OR “equipment” OR “guided endodontic surgery” OR “static guide” OR “guided osteotomy” OR “guided root resection”), #4: (“trephines” OR “guided endodontic surgery” OR “trephine diameter” OR “resection angle”), #5: (“guide ring” OR “surgical template”), #6: (“flap” OR “guided endodontic surgery”), #7: (“dental software” OR “nemotec” OR “blueSkyPlan” OR “3shape” OR “Exocat”

Para la elaboración de la presente revisión de literatura se realizó una búsqueda electrónica en las bases de datos ya mencionadas obteniendo un total de 250 artículos. Al eliminar duplicados y revisar por título quedaron 37 artículos para realizar lectura del resumen. Posteriormente y según los criterios de inclusión y exclusión quedaron 19 artículos potencialmente elegibles para lectura completa, de los cuales se eliminaron 8 artículos debido a que la guía no fue usada para cirugía perirradicular; el acceso de la guía era por oclusal o porque no describía el procedimiento (Tabla 3), obteniendo finalmente 11 artículos (Figura 1) con un rango de publicación del 2011 al

2021. Cuando se presentó desacuerdo entre los revisores, las decisiones se tomaron por consenso.

Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos.



De los estudios seleccionados, se obtuvo la información relativa al primer autor, nombre de la revista, año, factor de impacto, cuartil, diseño del estudio, muestra, técnica de digitalización, material de guía quirúrgica, equipo usado para la osteotomía, diámetro, angulación y profundidad de la trefina o fresa, tipo de colgajo, velocidad del equipo, análisis estadístico, riesgo de sesgo, nivel de evidencia y grado de recomendación de la guía SIGN 50 (Scottish Intercollegiate Guidelines Network 2012) (Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 2011) (Tabla 1).

Dos evaluadores revisaron de manera independiente la calidad metodológica y realizaron una evaluación crítica utilizando las listas de chequeo de Care y Faggion según el tipo de estudio y se estableció una clasificación de los grados de recomendación según la guía SIGN 50 (7). Así mismo, el riesgo de sesgo de los reportes de caso se evaluó mediante una herramienta elaborada por los autores, con base en la guía CARE (Gagnier et al., 2013); para los

estudios *in vitro* se creó una herramienta basada en la guía Faggion (Faggion, 2012). Si el artículo cumplía con 4 condiciones o menos tendría riesgo alto de sesgo, 5 a 8 riesgo moderado, y 9 o más riesgo bajo. Adicionalmente se estableció una clasificación de los niveles de evidencia y grados de recomendación de acuerdo con la guía SIGN 50.

RESULTADOS

De los once artículos seleccionados, dos son estudios experimentales *in vitro* y los demás son reportes de caso. Estos describieron los pasos para realizar la cirugía guiada con navegación estática, anillo guía y trefina con base en la evidencia científica. De acuerdo con la filiación institucional del primer autor la mayor parte de los artículos provienen de USA y Corea, los otros corresponden a estudios realizados en Hungría, China, Polonia, Alemania, Brasil y Roma. Las características preoperatorias, el diseño de la guía, el material de la guía, el diámetro y angulación de la trefina o fresa, así como otras características de los estudios son descritas en la tabla #1.

Características preoperatorias, diseño y elaboración de la guía quirúrgica

Antes de la realización de una cirugía endodóntica es muy importante planificar adecuadamente el caso, además de realizar la comprobación de la precisión y estabilidad de la guía.

Para el diseño y elaboración de la guía, primero se debe contar un archivo STL o

poligonal (PLY) el cual se obtiene de dos maneras: una realizando un escaneado intraoral o se toma una impresión de alta resolución con silicona, haciendo su respectivo vaciado y escaneo del modelo, con este último solo se puede obtener un archivo STL. Como segundo paso se realiza tomografía que arroja los archivos DICOM que serán acoplados en los diferentes programas (Nemotec®, BlueSkyPlan®, 3shape®, Exocat®, Realguide®, In2Guide®, Blue Sky Bio®, DDS-Pro®, Meshmixer®), teniendo en cuenta que se importa primero el DICOM y luego el archivo STL o PLY (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020).

El tercer paso es el diseño y la creación de la guía digital que luego se exportará a un archivo STL; como paso opcional se puede imprimir un modelo óseo (modelo esterolitográfico), el cuarto paso es la importación de la guía en archivo STL a un software de impresión (Chitubox®), el quinto paso es la impresión de la guía, las correcciones de los errores de impresión y la calibración de la fresa. Finalmente, se prueba la guía en boca y se inicia con el procedimiento quirúrgico (Figura 2) (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020)..

La impresión de la guía se puede realizar con distintos materiales entre ellos Fullcure 720®, resina MED610, resina biocompatible como Resin® o Dental SG Resin® (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018; Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020).

Procedimiento quirúrgico

Para la realización de los procedimientos quirúrgicos se siguió en todos los estudios y reportes de caso una secuencia que inicia con la comprobación, la precisión y estabilidad de la guía quirúrgica, luego colocación de anestesia, para algunos casos se usó microscopio quirúrgico (Strbac et al., 2017). En todos los casos diseñaron un colgajo de espesor total con diferentes diseños (Ahn et al., 2018; Fonseca Tavares et al., 2018; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; Popowicz et al., 2019). Antal et al (Antal et al., 2020)., y Strbac et al (Strbac et al., 2017)., lo realizaron con una o dos incisiones verticales. Liu et al (Liu et al., 2014)., de la misma manera pero solo en la zona apical y en los estudios experimentales (Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019) no aplica la realización de colgajo.

Para la osteotomía de la cortical vestibular existen dos maneras de realizarlo: guía con ventana y guía con anillo, las dos realizadas con fresa y pieza de mano o con inserto y motor piezo eléctrico, luego se realiza la resección apical, Ackerman et al (Ackerman et al., 2019)., utilizaron una fresa de

Lindemann que tiene un ancho aproximado de 2mm, la resección vestibulo-lingual completa fue de 3mm. Ahn et al (Ahn et al., 2018)., emplearon una fresa de anclaje de 1,5 mm de diámetro y 20 mm de longitud y una fresa adicional de Lindemann. La cantidad de tejido retirado fue de 4mm y la resección apical fue de 3 mm con fresa de fisura cónica de 170 bajo abundante irrigación con agua destilada estéril. Kim et al (J.-E. Kim et al., 2019)., y Garcia-Sanchez et al (Garcia-Sanchez et al., 2019). prepararon el hueso vestibular apical con fresa redonda n.º6 y agua destilada, retirando 3mm aproximadamente de tejido, se eliminó 3mm de ápice con fresa de diamante de alta velocidad. Antal et al., usaron trefina de 3,46 mm y 4,46 mm, la cual perforó hasta que el tope impidió que el instrumento se insertara más, y se observó que se había eliminado el ápice.

Giacomino et al (Giacomino et al., 2018)., utilizaron trefinas de 6mm de diámetro para el primer caso, para el segundo de 5mm de diámetro y en el tercer caso no lo reportan, los orificios de guía tenían una profundidad mínima de 7 mm para garantizar la estabilización del trépano según lo determinado durante las pruebas in vitro, la resección radicular fue de 3mm. Hawkins et al., usaron trépano de 4,40 mm de diámetro exterior y 20mm de longitud, cortando aproximadamente 5 mm de tabla ósea y 3 mm del ápice radicular. Liu et al., realizaron ventana ósea aproximadamente de 4mm y solo reportan que se realizó resección apical pero no de cuanto fue, ni con que lo hicieron. Popowicz et al (Popowicz et al., 2019)., usaron fresa de trépano (No. 227A.204.040) a una profundidad de 1.5mm

y resección apical de 3mm con abundante solución salina.

Strbac et al (Strbac et al., 2017)., utilizaron una sierra piezoeléctrica (piezomed) delgada B7; las dimensiones de la osteotomía se determinaron con pines quirúrgicos posicionados virtualmente de 1,5 mm de diámetro. El margen inferior de la osteotomía para cada raíz definía el plano de corte. El margen superior de la osteotomía se planeó con una distancia vertical de 4 mm al margen inferior, de acuerdo con las dimensiones de las retropuntas diamantadas de los instrumentos microquirúrgicos. La resección apical fue de 3mm. Fonseca et al (Tavares et al., 2020)., usaron una fresa del kit de cirugía guiada Straumann de Ø 3,5 mm de diámetro con un cilindro extra de +3 mm. La primera fresa de 3,5 mm de diámetro se insertó en la guía con la ayuda del mango de la broca y se realizó la osteotomía. Se utilizó una segunda fresa, una Twist Drill PRO de 3,5 mm de diámetro para la resección apical de 3mm.

El equipo con el cual se realizó el procedimiento en cinco de los reportes de caso fue con motor quirúrgico (Giacomino et al., 2018; Hawkins et al., 2020; J.-E. Kim et al., 2019; Popowicz et al., 2019; Tavares et al., 2020). Giacomino et al (Giacomino et al., 2018)., lo utilizaron a 1.200 revoluciones por minuto (rpm), con un torque máximo, cortando progresivamente el hueso, el ápice y el tejido blando con un ligero movimiento de picoteo durante 1 a 2 minutos dependiendo de la profundidad de la inserción. Hawkins et al., y Popowicz et al (Popowicz et al., 2019)., a 1.000rpm. Fonseca et al (Tavares et al., 2020)., a

980rpm. En dos de los reportes de caso se usó pieza de mano (Antal et al., 2020; Garcia-Sanchez et al., 2019), en dos estudios no fue reportado (Ackerman et al., 2019; Ahn et al., 2018), en uno se realizó con contrángulo (Liu et al., 2014) y en otro con piezoelectro (Strbac et al., 2017).

La angulación de la trefina o fresa en ocho de los once artículos no es reportada (Ackerman et al., 2019; Garcia-Sanchez et al., 2019; Giacomino et al., 2018; J.-E. Kim et al., 2019; Liu et al., 2014; Popowicz et al., 2019; Strbac et al., 2017; Tavares et al., 2020). En el reporte de Ahn et al (Ahn et al., 2018)., para evitar la interferencia con los labios y la mejilla, el ángulo del pin se inclinó hacia adelante aproximadamente 30°. Antal et al (Antal et al., 2020)., realizaron angulación sin reporte de un valor específico, Hawkins et al (Hawkins et al., 2020)., reportan un bisel de 0° perpendicular al eje longitudinal del diente en una dimensión vestíbulo-lingual.

Finalmente se realizó la preparación apical y su posterior obturación con material biocompatible, en algunos casos se usó la cortical extraída como autoinjerto, en otros casos se colocaron injertos, membranas de colágeno o PRF. Se enviaron las recomendaciones postquirúrgicas y terapia analgésica y antibiótica (Figura 3). Adicionalmente hicieron controles radiográficos de las lesiones.

Evaluación del riesgo de sesgo

El riesgo de sesgo para los reportes de caso descritos en la tabla 2 arrojó que todos los artículos tuvieron un título con un fenómeno

de interés, presentación del caso, estandarización en la forma de la elaboración de la guía, descripción de la profundidad de la fresa o la trefina y descripción del procedimiento. Donde más hubo faltantes fue en la angulación de la fresa o trefina. Algunos describieron el material usado para la realización de la guía y en pocos casos no hubo estandarización en la forma de medición de los resultados. A pesar de ello, siete de los nueve artículos obtuvieron un riesgo bajo de sesgo y dos riesgo moderado.

Para los estudios *in vitro* se obtuvieron los resultados que se describen en la tabla 3. Los dos estudios evaluados obtuvieron un riesgo moderado de sesgo porque cumplieron entre cinco a ocho condiciones. De acuerdo con los parámetros considerados para el análisis, los artículos contaron con un objetivo claramente definido, calculo y muestras con dimensiones similares, dientes sanos, aleatorización de los grupos, un protocolo de cirugía guiada, seguimiento de los pacientes y todos contaron con una estadística. Estos artículos no presentaron un método de almacenamiento de las muestras, presencia de grupo control y seguimiento de instrucciones del fabricante. Ninguno de los dos artículos cumplió con todas las condiciones evaluadas.

DISCUSIÓN

La cirugía endodóntica guiada con navegación estática ha demostrado una mejor precisión en comparación con un

procedimiento quirúrgico a mano alzada (Garcia-Sanchez et al., 2019). Además, la propia plantilla guía puede actuar como retractor de tejidos blandos, lo que ayuda a evitar daños colaterales en los mismos (J.-E. Kim et al., 2019), siendo posible planificar la extracción del ápice en el espacio virtual y fabricar guías quirúrgicas estáticas impresas en 3D para ayudar en la ejecución de la cirugía (Antal et al., 2020) mejorando el tiempo operatorio y disminuyendo las molestias para el paciente (Liu et al., 2014).

Los resultados arrojaron que el tamaño de la muestra de la mayoría de los estudios incluidos fue relativamente pequeño. Por lo tanto, es probable que muchos de estos estudios tuvieran poco dominio para demostrar cualquier diferencia significativa en las medidas de resultado entre los grupos o reportes de casos. Sin embargo, algunos de los estudios incluidos proporcionaron información clínica limitada con respecto a la profundidad y angulación de la fresa o trefina usada. Esto es debido a que la angulación meso distal y ángulo de corte dependen de la anatomía del paciente y de las estructuras anatómicas adyacentes que dificultan o modifican la vía de inserción de la fresa y el motor.

Cabe anotar que los procedimientos de navegación estática se aplicaron primero a la cirugía de implantes para mejorar la precisión de su colocación y son los mismos que se usan en cirugía endodóntica. Para ello es indispensable contar con una plantilla intraoral, además de utilizar ciertos avances técnicos, entre ellos, la tomografía de haz de cono de alta resolución, el programa para diseñar la guía, los archivos DICOM, STL o

los archivos poligonales (PLY), la impresora 3D, el motor quirúrgico y las trefinas o piezoeléctrico, con el fin de obtener resultados exitosos en términos de precisión y la posterior cicatrización de la patología periapical existente. La selección estricta de casos es de suma importancia para un buen pronóstico a largo plazo (Floratos & Kim, 2017).

Los programas existentes para la realización de las guías quirúrgicas son diseñados con el fin de dirigir la colocación de implantes, debido a que aún no existe ninguno que simule una fresa trefina, se debe tomar como referencia el implante, el cual simularía lo que en la cirugía endodóntica sería la trefina. Los resultados del estudio de Ackerman S et al (Ackerman et al., 2019)., muestran que el acceso endodóntico guiado por CBCT tiene una desviación significativamente menor que el acceso a mano alzada ($p < 0,001$). Por lo tanto, la hipótesis planteada acerca del uso de las guías quirúrgicas impresas en 3D diseñadas a partir de CBCT permite al operador acceder con mayor precisión a una raíz en una ubicación planificada. Estos resultados son comparables con estudios previos sobre la precisión de la tecnología guiada por computadora realizados por Schneider D et al (Schneider et al., 2009) y Holst S et al (Holst et al., 2007).

La comparación de la utilidad clínica del procedimiento se realiza para brindar una comprensión más realista de la precisión de la técnica guiada. Usar la desviación como única medida puede ser engañoso porque no indica en qué dirección ocurrió la desviación. Para abordar este problema, Ackerman S et al (Ackerman et al., 2019)

cuantificaron el éxito clínico dentro de los 4 mm apicales de la raíz; usando 4 mm como referencia a la hora de retirar la ventana ósea para incluir el área de interés apical de 3 mm, así como 1 mm de margen de maniobra coronal al punto objetivo para tener en cuenta el ancho de la fresa Lindemann utilizada. Con este parámetro, el acceso quirúrgico no alcanzó los 4 mm apicales de la raíz por completo en 13 de las 24 muestras del grupo control. En cambio, en el grupo guiado, ninguna de las muestras quedó fuera del área clínica de interés. Estos resultados son similares al estudio de Pinsky et al (Pinsky et al., 2007)., quienes encontraron que la distancia desde el ápice era de 0,79 mm (desviación estándar de 0,33) usando guía y de 2,27 mm (desviación estándar de 1,46) con la cirugía a mano alzada. Se produjo un error >3 mm en más del 22 % de las veces a mano alzada y ninguno con la guía.

La precisión en la ubicación del ápice mediante cirugía guiada influye en el resultado de la cicatrización periapical del defecto óseo, el tiempo de operación, la precisión y las molestias postoperatorias, sin riesgos de dañar las estructuras circundantes (Shah & Chong, 2018). Por lo tanto, el abordaje con navegación estática guiada asistida debe considerarse especialmente en casos de acceso quirúrgico comprometido, con lesión periapical limitada y sin pérdida de la tabla vestibular.

Lio F et al (Lio et al., 2021)., en su revisión mostraron protocolos predecibles de microcirugía endodóntica guiada (EMS) y describieron sus resultados clínicos. Los estudios incluidos mostraron dos técnicas

diferentes tanto para la digitalización del arco dental como para los procedimientos quirúrgicos. Para la digitalización la mitad de los estudios usaron la técnica directa y los demás la indirecta. La técnica indirecta consiste en escaneo extraoral con impresión tradicional para la posterior digitalización del arco y la directa es un escaneo intraoral con digitalización del arco. En cuanto los procedimientos quirúrgicos cinco autores realizaron la cirugía totalmente guiada realizando la osteotomía, localización del ápice y resección radicular con la guía quirúrgica. Los demás lo hicieron parcialmente guiado usando la guía solo para la osteotomía y la localización del ápice. Resultados que contrastan con la presente revisión en cuanto la digitalización del arco donde la técnica indirecta fue la más usada.

Al mismo tiempo, los resultados de Lio et al. son similares en el procedimiento de la cirugía guiada, debido a que fueron más los autores que utilizaron la guía para realizar todo el procedimiento, lo cual mejora el tiempo quirúrgico y la precisión para realizar la apicectomía, pero no genera diferencias estadísticamente significativas. Igualmente mostraron similitud en los resultados encontrados, debido a que para las dos revisiones la cirugía endodóntica guiada muestra mejores resultados comparada con la cirugía a mano alzada, además los protocolos usados conducen a realizar el procedimiento de la siguiente manera: comprobar precisión y estabilidad de la guía, anestesia de la zona a tratar, como parte opcional está el uso de microscopio quirúrgico en los primeros pasos de la cirugía el cual se retira a la hora

de realizar la osteotomía y apicectomía., En el diseño del colgajo, algunos autores realizaban un colgajo desde coronal y otros solo apical, todos de espesor total y algunos con relajante vertical. Luego realizaban el retiro de la cortical vestibular y resección radicular, algunos utilizaron fresas Lindeman y otras fresas trefinas. Posteriormente procedían con la colocación de materiales de obturación apical como biocerámicos o MTA, en algunos estudios colocaron membranas, ó la misma tabla vestibular que había sido retirada al inicio. Finalmente, reposición del colgajo, recomendaciones postquirúrgicas y terapia farmacológica y analgésica.

Por su parte, Antal et al (Antal et al., 2020), han desarrollado un enfoque para reducir los fracasos y, por lo tanto, hacer que la apicectomía sea más segura y precisa mediante la aplicación de trépanos hechos a medida con una función de tope en combinación con la planificación digital y la guía estática. Con base en los resultados, el enfoque parece ser adecuado para ese propósito debido a que al introducir el trepano en la guía se observó que no solo había hecho resección del ápice, sino que también lo había eliminado; datos que corroboran los hallazgos de Giacomino et al (Giacomino et al., 2018) sobre la cirugía endodóntica guiada con trefina donde se potencializa el tratamiento quirúrgico en tres escenarios anatómicamente desafiantes produciendo osteotomías dirigidas eficientes con un sitio, una angulación y una profundidad de preparación predecibles (Figura 3).

Esta revisión tuvo ciertas limitaciones: La primera fue que los resultados de los estudios incluidos se derivaron de estudios *in vitro*; sin embargo, aunque los ensayos clínicos, como los ensayos controlados aleatorios, arrojan resultados más sólidos, un estudio experimental *in vitro* bien diseñado también puede brindar soluciones beneficiosas. La segunda fue que no todos los estudios describieron la asignación aleatoria y no reportaban si usaron métodos de asignación al azar; por lo tanto, los resultados de los estudios evaluados deben interpretarse con cautela. La tercera es el pequeño tamaño de los estudios evaluados; los estudios con tamaños de muestra más grandes habrían dado lugar a resultados más sólidos.

CONCLUSIONES

Para la realización del procedimiento quirúrgico de cirugía guiada con navegación estática se requieren ciertos pasos prequirúrgicos y quirúrgicos.

La cirugía endodóntica guiada con navegación estática es una técnica con mayor precisión en comparación con un procedimiento quirúrgico a mano alzada.

La tomografía ideal para la realización de la cirugía endodóntica guiada es la de haz cónico (CBCT)

La impresión de la guía se puede realizar con distintos materiales entre ellos Fullcure 720®, resina MED610, resina biocompatible como Resin® o Dental SG Resin®

La osteotomía y apicectomía guiada con una plantilla quirúrgica impresa en 3D al ser mínimamente invasiva disminuye el tiempo operatorio, reduciendo las

complicaciones posoperatorias y mejorando la cicatrización.

Aunque la fabricación en 3D de plantillas quirúrgicas es un proceso que requiere más tiempo, la duración del procedimiento quirúrgico se reduce, beneficiando la comodidad y seguridad del paciente.

Existe un cierto margen de error causado por la contracción o expansión de la resina usada para la elaboración de la guía lo que puede afectar la exactitud y la dirección de fresado.

RECOMENDACIONES

Se requieren más estudios clínicos con muestras de mayor tamaño y más información en cuanto a la descripción de la angulación de la fresa o trefina para obtener resultados más fiables acerca de la cirugía endodóntica guiada.

Los estudios futuros deberán adherirse a una metodología uniforme para evitar la heterogeneidad.

Se necesita más evidencia científica de la cirugía endodóntica guiada con navegación estática, porque lo que muestra la literatura se basa en reportes de casos.

Se esperan modelos y parámetros diseñados específicamente para cirugía endodóntica y endodoncia convencional guiada.

La navegación estática también puede realizarse para ubicar la cavidad de acceso endodóntico y negociación de conductos en casos de obliteración pulpar y malformaciones dentales como dens invaginatus o dens evaginatus.

REFERENCIAS

- Abella, F., De Ribot, J., Doria, G., Duran-Sindreu, F., & Roig, M. (2014). Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: A literature review. *Journal of Endodontics*, *40*(3), 325–332.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.014>
- 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>
- Antal, M., Nagy, E., Sanyó, L., & Braunitzer, G. (2020). Digitally planned root end surgery with static guide and custom trephine burs: A case report. *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, *16*(4).
<https://doi.org/10.1002/rcs.2115>
- Arefin, A. M. E., Khatri, N. R., Kulkarni, N., & Egan, P. F. (2021). *Polymer 3D Printing Review : Materials , Process , and Design Strategies for Medical Applications*. 1–24.
- Ballesteros, L. C., Delgado de Paz, G. A., & Estupiñan, L. S. (2018). *Técnicas de fresado con fresa unica y multiples para la colocacion de implantes dentales segun el tipo de hueso: Revision sistematica de la literatura*. 1–69.
- Barone, C., Dao, T. T., Basrani, B. B., Wang, N., & Friedman, S. (2010). Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study-Phases 3, 4, and 5: Apical Surgery. *Journal of Endodontics*, *36*(1), 28–35.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.001>
- Brief, J., Edinger, D., Hassfeld, S., & Eggers, G. (2005). Accuracy of image-guided implantology. *Clinical Oral Implants Research*, *16*(4), 495–501.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01133.x>
- Cassetta, M., Giansanti, M., Di Mambro, A., & Stefanelli, L. (2014). Accuracy of Positioning of Implants Inserted Using a Mucosa-Supported Stereolithographic Surgical Guide in the Edentulous Maxilla and Mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, *29*(5), 1071–1078.
<https://doi.org/10.11607/jomi.3329>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Köhl, S., & Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, *45*(3), 327–331.

- <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- D.H, E. (2007). Surgical endodontics. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 12, 67–82. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-10073-4.50010-0>
- Dawood, A., Marti, B. M., Sauret-Jackson, V., & Darwood, A. (2015). 3D printing in dentistry. *British Dental Journal*, 219(11), 521–529. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- Evans, G. E., Bishop, K., & Renton, T. (2012). Guidelines for surgical procedures. *The Royal College of Surgeons Of England*, 2, 1–7.
- Faggion, C. M. (2012). Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 12(4), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2012.10.001>
- Featherstone, J. D. B., Roth, J. R., Crall, J. J., Berkowitz, R. J., Denbesten, P., Adair, S. M., Glassman, P., & Miller, C. (2003). Caries Moving from Restoration towards Prevention part 1. *Journal of the California Dental Association*, 31(2).
- Floratos, S., & Kim, S. (2017). Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dental Clinics of North America*, 61(1), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2016.08.007>
- Fonseca Tavares, W. L., Diniz Viana, A. C., de Carvalho Machado, V., Feitosa Henriques, L. C., & Ribeiro Sobrinho, A. P. (2018). Guided Endodontic Access of Calcified Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1195–1199.
- <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.014>
- Gagnier, J. J., Kienle, G., Altman, D. G., Moher, D., Sox, H., & Riley, D. (2013). The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. *Forschende Komplementarmedizin*, 20(5), 385–386. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2013.008>
- 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), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s41894-019-0048-6>
- Gaston, L., Costa, D., & Ibanez, J. C. (2020). *Protocolo T. A. C para la confección de guías quirúrgicas de precisión en Implantología*. December.
- 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 Trephine Burs—A Report of 3 Cases. *Journal of Endodontics*, 44(4), 671–677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
- Gilheany, P. A., Figdor, D., & Tyas, M. J. (1994). Apical dentin permeability and

- microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *Journal of Endodontics*, 20(1), 22–26.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80022-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80022-1)
- GUTMANN, J. L., & HARRISON, J. W. (1985). Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *International Endodontic Journal*, 18(1), 8–34.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00415.x>
- 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>
- Hirsch, V., & Kohli, R. (2016). *Apicoectomy of maxillary anterior teeth through a piezoelectric bony-window osteotomy: two case reports introducing a new technique to preserve cortical bone*. 7658, 310–315.
- Holst, S., Blatz, M. B., & Eitner, S. (2007). Precision for Computer-Guided Implant Placement: Using 3D Planning Software and Fixed Intraoral Reference Points. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 65(3), 393–399.
<https://doi.org/10.1016/j.joms.2006.10.050>
- Kapshe, N., Pujar, M., & Satyam, J. (2018). Cone Beam Computed Tomography: A review. *Dental Clinics of North America*, 62(3), 361–391.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.002>
- Khoury, F., & Hensher, R. (1987). The bony lid approach for the apical root resection of lower molars. *Int.J.Oral Maxillofac*, 170, 166–170.
- Kim, D., Ku, H., Nam, T., Yoon, T. C., Lee, C. Y., & Kim, E. (2016). Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *Journal of Endodontics*, 42(8), 1196–1201.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.05.006>
- Kim, G. B., Lee, S., Kim, H., Yang, D. H., Kim, Y. H., Kyung, Y. S., Kim, C. S., Choi, S. H., Kim, B. J., Ha, H., Kwon, S. U., & Kim, N. (2016). Three-dimensional printing: Basic principles and applications in medicine and radiology. *Korean Journal of Radiology*, 17(2), 182–197.
<https://doi.org/10.3348/kjr.2016.17.2.182>
- 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), 1–7.
<https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e29>
- Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *Journal of Endodontics*, 32(7), 601–623.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.010>
- Kumar, D., & Priscilla Antony, S. D. (2018). Calcified canal and negotiation-A review. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11(8), 3727–3730.
<https://doi.org/10.5958/0974-360X.2018.00683.2>
- Kumar, M., Shanavas, M., Sidappa, A., &

- Kiran, M. (2015). Cone beam computed tomography - know its secrets. *Journal of International Oral Health : JIOH*, 7(2), 64–68.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25859112>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4377156>
- Lee, S.-M., Yu, Y., Wang, Y., Kim, E., & Kim, S. (2020). *The Application of “Bone Window” Technique in Endodontic Microsurgery*. 46(6), 872–880.
- Lio, F., Mampieri, G., Mazzetti, V., Leggeri, A., & Arcuri, L. (2021). *Guided endodontic microsurgery in apicoectomy: a review* (pp. 47–55).
- Liu, Y., Liao, W., Jin, G., Yang, Q., & Peng, W. (2014). Additive manufacturing and digital design assisted precise apicoectomy: A case study. *Rapid Prototyping Journal*, 20(1), 33–40.
<https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2012-0056>
- Lofthag-Hansen, S., Huuonen, S., Gröndahl, K., & Gröndahl, H. G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 103(1), 114–119.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.01.001>
- Marchack, C. B., & Chew, L. K. (2015). *The 10 year evolution of guided surgery*. *March*, 1–5.
- Medina, Y. F., & Quintana L, G. (2012). Importancia de desarrollar guías de práctica clínica en reumatología. *Revista Colombiana de Reumatología*, 19(2), 69–70.
- [https://doi.org/10.1016/S0121-8123\(12\)70027-0](https://doi.org/10.1016/S0121-8123(12)70027-0)
- Niemczyk, S. P. (2010). Essentials of Endodontic Microsurgery. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 375–399.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.002>
- OSSEODENT TREPHINE BURS. (2021). <https://www.osseodent.com/product/trephine-burs/>
- Patel, S., Brown, J., Semper, M., Abella, F., & Mannocci, F. (2019). European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by: *International Endodontic Journal*, 52(12), 1675–1678.
<https://doi.org/10.1111/iej.13187>
- Pinsky, H. M., Champleboux, G., & Sarment, D. P. (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>
- Schneider, D., Marquardt, P., Zwahlen, M., & Jung, R. E. (2009). A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry. *Clinical Oral Implants Research*, 20(SUPPL. 4), 73–

86. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01788.x>
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. (2011). Sign 50. *Diversity, November*, 2–105.
www.sign.ac.uk/guidelines/published/numlist.html.
- Shah, P., & Chong, B. S. (2018). 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 641–654.
<https://doi.org/10.1007/s00784-018-2338-9>
- Shinbori, N., Grama, A. M., Patel, Y., Woodmansey, K., & He, J. (2015). Clinical Outcome of Endodontic Microsurgery That Uses EndoSequence BC Root Repair Material as the Root-end Filling Material. *Journal of Endodontics*, 41(5), 607–612.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.028>
- Siragusa, C., Alfie, N., Gimenez, M., & Rodríguez, P. (2021). *Microcirugía Endodóntica con Planificación Digital y Guía Quirúrgica. Caso Clínico Endodontic Microsurgery with Digital Planning and Surgical Guide. Clinical Case*. 13–20.
- 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>
- Torabi, K., Farjood, E., & Hamedani, S. (2015). Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics, a Review of Literature. *Journal of Dentistry (Shiraz, Iran)*, 16(1), 1–9.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25759851>
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4345107>
- Tsesis, I., Rosen, E., Schwartz-Arad, D., & Fuss, Z. (2006). Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *Journal of Endodontics*, 32(5), 412–416.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.051>
- Tsesis, I., Rosen, E., Taschieri, S., Telishevsky Strauss, Y., Ceresoli, V., & Del Fabbro, M. (2013). Outcomes of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: An updated meta-analysis of the literature. *Journal of Endodontics*, 39(3), 332–339.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.044>
- van der Meer, W. J., Vissink, A., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2016). 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, 45, 67–72.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.11.007>
- Van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3–12.

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>

Vermeulen, J. (2017). The Accuracy of Implant Placement by Experienced Surgeons: Guided vs Freehand Approach in a Simulated Plastic Model. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(3), 617–624.
<https://doi.org/10.11607/jomi.5065>

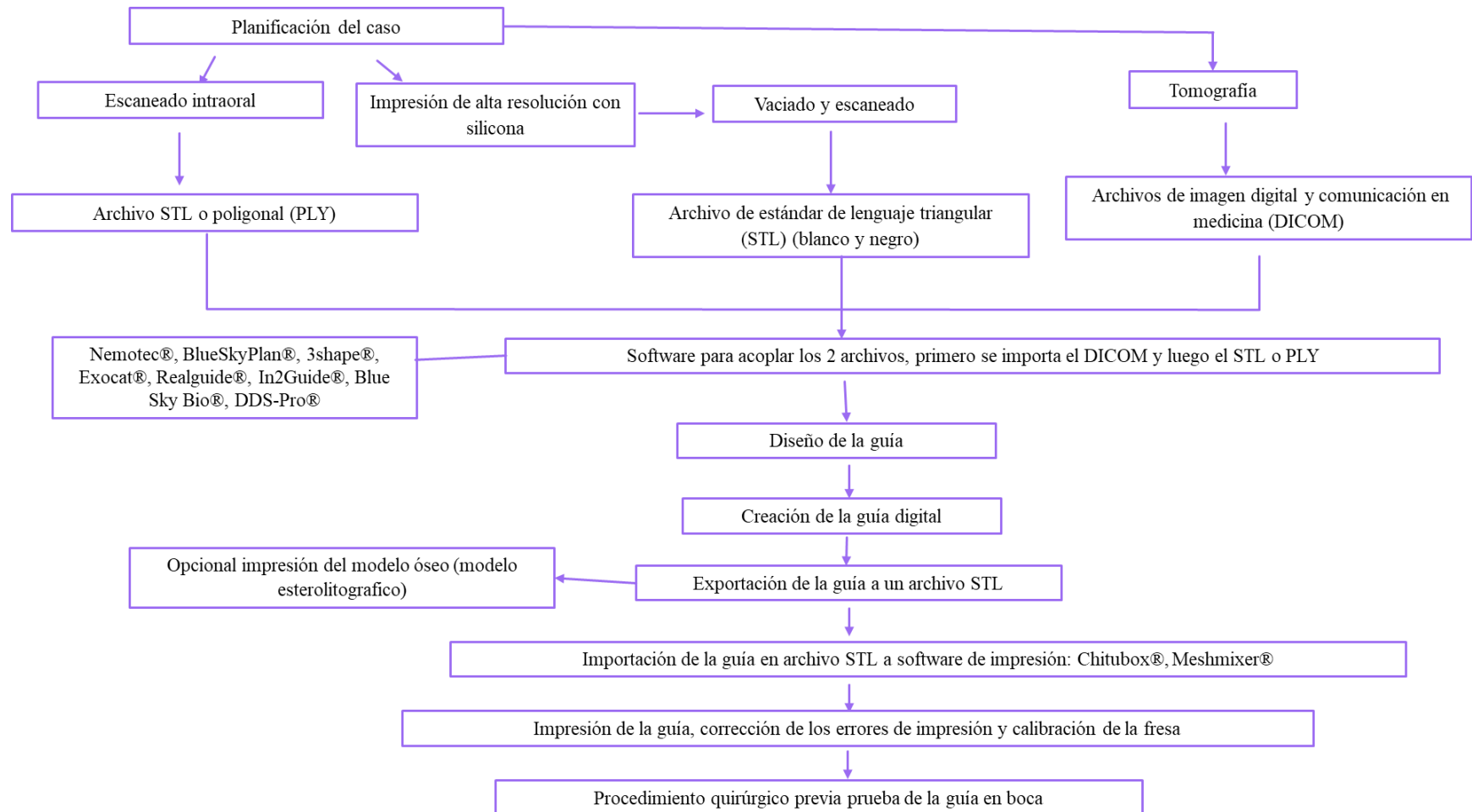
Weinstein, T., Rosano, G., Del Fabbro, M., & Taschieri, S. (2010). Endodontic treatment of a geminated maxillary second molar using an endoscope as magnification device. *International Endodontic Journal*, 43(5), 443–450.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01714.x>

White, S. C., & Pharoah, M. J. (2008). The Evolution and Application of Dental Maxillofacial Imaging Modalities. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 689–705.
<https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.006>

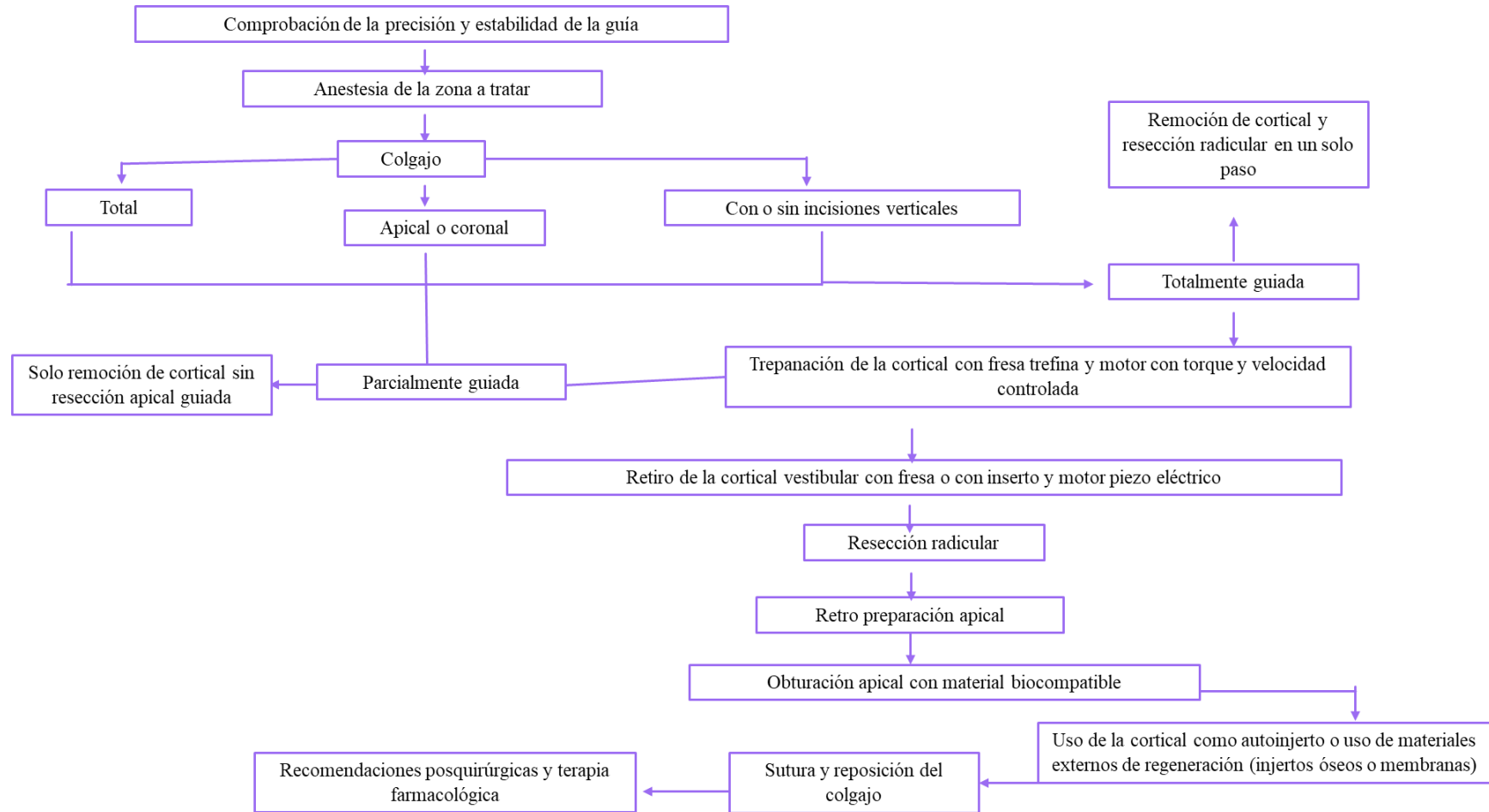
Wu, D., Zhou, L., Yang, J., Zhang, B., Lin, Y., Chen, J., Huang, W., & Chen, Y. (2020). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *International Journal of Implant Dentistry*, 6(1).
<https://doi.org/10.1186/s40729-020-00272-0>

Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., Krastl, G., & Kühl, S. (2016). Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, 49(10), 966–972.
<https://doi.org/10.1111/iej.12544>

Apéndice B. Diseño y elaboración de la guía quirúrgica



Apéndice C. Procedimiento quirúrgico



Apéndice D. Características de los estudios incluidos en esta revisión

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana ósea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
Ackerman S	2019	1.689	Estudio experimental invitro	48 raíces en un modelo de cadáver .	Directa	Dental SG Resin	No reporta	Fresa de Lindemann con ancho aproximado de 2mm	No reporta	Resección de la trefina o fresa de 3 mm	2mm de diámetro	N/A	N/A
Ahn S	2017	1.585	Reporte de caso	1 molar mandibular	Indirecta	Resina transparente biocompatible (MED 610, Stratasys Ltd)	No reporta	Fresa de anclaje de 1,5 mm de diámetro y 20 mm de longitud . Se uso una fresa adicional de Lindemann para ganar espacio para el uso de las puntas ultrasónicas.	Para evitar la interferencia con los labios y la mejilla, el ángulo del pin se inclinó hacia adelante aproximadamente 30	Resección de la punta de la raíz de 3 mm utilizando una fresa de fisura cónica de 170 bajo abundante irrigación con agua destilada estéril	4mm de diámetro	Colgajo surcular de espesor total	No reporta

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana ósea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
Kim J	2019	0.754	Reporte de caso	1 incisivo central superior derecho	Indirecta	No reporta	Motor de implantes	Se preparo el hueso vestibular apical con un instrumento recto giratorio redondo n.º 6 con agua destilada.	No reporta	Se preparó la punta de la raíz y se eliminó 3mm con una fresa de diamante de alta velocidad.	Bajo la aplicación de la guía, se perforó el sitio quirúrgico a una profundidad de 3 mm con un instrumento rotatorio recto de 2 mm	No se realizó colgajo	No reporta
Antal M	2020	0.556	Reporte de caso	1 incisivo lateral superior derecho	Indirecta	No reporta	Pieza de mano	Trephina de 3,46 mm y 4,46 mm	Hay angulación, pero no se especifica de cuanto fue	El trépano se insertó en la guía y se perforó hasta que el tope impidió que el instrumento se insertara más	Cuando se retiró el trépano, se notó que no solo había hecho resección del ápice, sino que también lo había eliminado	Colgado de espesor total con incisión vertical	No reporta
García-Sánchez A	2019	0.432	Reporte de caso	Diente 22 y 23	Directa	La guía se fabricó con Dental	Pieza de mano	Fresa redonda quirúrgica n.º 6	No reporta	Las ventanas para la resección	Aproximadamente 3mm	Colgado de espesor	No reporta

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana ósea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
						SG Resin				n del ápice se diseñaron para cortar 3 mm por encima del ápice		total	
Giacomini M	2018	1.822	Reportes de casos	1 segundo molar maxilar, 1 primer molar maxilar, 1 segundo premolar mandibular	Indirecta	No reporta	Motor quirúrgico con irrigación con agua estéril.	1) Trephina de 6mm de diámetro (2) Trephina de 5mm de diámetro (3) No reporta	No reporta	Resección radicular de 3mm	Los orificios de guía tenían una profundidad mínima de 7 mm para garantizar la estabilización del trépano según lo determinado durante las pruebas in vitro.	(1) No se realizó Colgajo espesor total (3) Colgajo espesor total	1.200 rpm, con un torque máximo, cortando progresivamente el hueso, el extremo de la raíz y el tejido blando con un ligero movimiento de picoteo durante 1 a 2 minutos dependiendo de la profundidad de la inserción.

Apéndice E. Características de los estudios incluidos en esta revisión

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana osea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
Hawkins T	2019	1.808	Estudio experimental invitro	12 ápices radiculares, 6 mandibulares y 6 maxilares	Indirecta	Los 3DSG se imprimieron con la Objet260 usando resina MED610	Motor quirúrgico	Trépano de 4,40 mm de diámetro exterior y 20 mm de longitud	Bisel de 0° perpendicular al eje longitudinal del diente en una dimensión vestibulo-lingual	Resecciones de 3 mm	Aproximadamente 5mm	N/A	1.000 RPM
Liu Y	2012	0.573	Reporte de caso	1 premolar inferior derecho	Indirecta	Con el material Fullcure 720 se imprimió un cuerpo base transparente de la guía quirúrgica. Luego, con tubos fabricados por electroerosión se realizó una guía	Contrángulo	No reporta	No reporta	Solo reporta que se realizó resección apical pero no de cuanto fue	Aproximadamente 4mm	Espesor total solo en el área apical	No reporta

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana osea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
						quirúrgica completa							
Popowicz W	2019	1.689	Reportes de casos	2 segundos premolares maxilares izquierdos	Indirecta	Material poliláctido	Motor implantados en los 2 casos	Fresa de trépano (No. 227A.204 .040; Komet, Lemgo, Alemania)	No reporta	Profundidad 1.5. Resección del ápice de 3mm con abundante solución salina	No reporta	Colgajo espesor total en los 2 casos	1000rpm
Strbac G	2016	1.698	Reporte de caso	Segundo premolar y primer molar superior derecho	Indirecta	Polyjet Material MED610	Piezoeléctrico	Sierra piezoeléctrica delgada B7; Instrumento Piezomed	No reporta	Resección apical recomendado de 3 mm de los extremos radiculares para reducir las ramificaciones apicales	Las dimensiones de la osteotomía se determinaron con pines quirúrgicos posicionadas virtualmente de 1,5 mm de diámetro. El margen inferior de la osteotomía para cada raíz definía el plano de	Colgajo espesor total con incisiones verticales	No reporta

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana osea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
											<p>corte. El margen superior de la osteotomía se planeó con una distancia vertical de 4 mm al margen inferior, de acuerdo con las dimensiones de las retropuntas diamantadas de los instrumentos microquirúrgicos.</p>		
Fonseca W	2019	0.735	Reporte de caso	Segundo premolar superior derecho	Directa	No reporta	Motor de implantes	Fresa kit de cirugía guiada Straumann de Ø 3,5 mm de diámetro con un cilindro extra de +3 mm.	No reporta	Se utilizó una segunda fresa, una Twist Drill PRO de Ø 3,5 mm de diámetro para la resección	La primera fresa de Ø 3,5 mm de diámetro, se insertó en la guía con la ayuda del mango de la broca y se realizó la osteotomía a 980 RPM	Colgajo a espesor total	980 RPM

Primer Autor	Año	Factor de impacto	Diseño del estudio	Muestra	Técnica de digitalización	Material de la guía quirúrgica	Equipo usado para la osteotomía	Diámetro de la trefina o fresa	Angulación de la trefina o fresa	Profundidad de la trefina o fresa	Cantidad de tejido retirado de la ventana osea	Tipo de colgajo	Velocidad del equipo
										apical de 3mm.	con abundante irrigación con solución salina.		

Apéndice F. Riesgo de sesgo para los reportes de caso

Autor	Título + Fenómeno de mayor interés	Presentación del caso o cálculo de la muestra	Estandarización en la forma de elaboración de la guía	Describe el material utilizado para la guía	Describe el diámetro o fresa usada	Describe la angulación	Reporta la cantidad de retirada de la ventana ósea	Describe la profundidad de la fresa o trefina	Describe el tiempo de seguimiento	Descripción del procedimiento	Estandarización en la forma de medición de los resultados	Riesgo de sesgo
Ahn S	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo
Kim J	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo
Antal M	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo
Garcia-Sanchez A	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	No	Bajo
Giacomino M	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo
Liu Y	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No	Medio
Popowicz W	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	No	Medio
Strbac G	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo
Fonseca W	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Bajo

Apéndice G. Riesgo de sesgo para los estudios in vitro

Estudio	Objetivo claramente establecido	Cálculo del tamaño de la muestra	Muestras con dimensiones similares	Dientes sanos	Método de almacenamiento de la muestra	Aleatorización grupos	Presencia de grupo control	Protocolo de cirugía guiada	Seguimiento de los pacientes	Se siguieron instrucciones del fabricante	Se realizó análisis estadístico	Riesgo de sesgo
Ackerman S	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Medio
	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	No	Si	Medio

