



Facultad de ciencias de la salud

Especialidad de endodoncia

Tema:

Comparación de accesos guiados versus accesos convencionales en la preservación de la estructura dentinaria, estudio in vitro

Trabajo de Titulación para la obtención del Título de Especialista en endodoncia

Presentada por:

Marco Alejandro Quintana Guachamin

Tutor:

Dra. Soledad Peñaherrera

Quito, diciembre 2024

Resumen

El objetivo principal de este estudio in vitro fue comparar las cavidades de acceso de acuerdo a la preservación de la estructura dentinaria y tiempo empleado en la localización de conductos con técnicas de accesos guiados y accesos convencionales en dientes calcificados impresos en 3D. **Metodología:** Un operador egresado del posgrado de endodoncia se le entregó dos conjuntos de modelos idénticos para realizar accesos, uno para accesos convencionales y otro para guiados, cada conjunto contenía ocho dientes modificados digitalmente, incluyendo incisivos centrales y laterales en los maxilares superior e inferior (8 dientes por técnica) simulando calcificación e impresos en resina con una impresora en 3D. Los modelos se colocaron en una réplica impresa en resina de maxilares de cadáveres y se sometieron a tomografías y escaneos extraorales para la elaboración de guías. Las cavidades de acceso fueron analizadas de acuerdo al volumen de estructura dentinaria perdida a través de un CBCT postoperatorio. La significancia estadística se la realizó con intervalo de confianza (IC) del 95%.

Resultados: La pérdida de estructura dentinaria con técnica de accesos convencionales fue de $67,5 \text{ mm}^3$ (95% IC, $57,5 - 77,4 \text{ mm}^3$), con un tiempo de trabajo de 22,76 minutos (16,4 – 29,1 min) y se localizaron de 2 de 8 canales (25%). En contraste, la pérdida de estructura dentinaria utilizando la técnica de accesos guiados fue de $6,4 \text{ mm}^3$ (95% IC, $6,0 - 6,9 \text{ mm}^3$), con un tiempo de trabajo de 5,05 minutos (95% IC 4,2 – 5,9 min) y se localizaron de 4 de 8 canales (50%).

Conclusiones: La técnica de accesos guiados facilita un manejo más conservador y predecible de la estructura dentinaria, además de requerir menos tiempo clínico a comparación de los accesos convencionales.

Palabras clave: accesos guiados, accesos convencionales, estructura dentinaria, CBCT, acceso endodóntico, dientes 3D

Declaración de aceptación de norma ética y derechos

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Nombre: Marco Quintana

Cédula: 1720904901



Firmado electrónicamente por:
**MARCO ALEJANDRO
QUINTANA GUACHAMIN**

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a las personas que estuvieron presente apoyándome durante este camino de estudio y sacrificio entre ellas mi esposa e hija que estuvieron incondicionalmente en cada momento de felicidad y tristeza durante el posgrado. También se lo dedico a un angelito que lastimosamente se fue al cielo durante este camino pero que siempre lo tendré presente en mi mente y corazón. Finalmente quiero agradecer a mis familiares, padres, hermanos y tutora por ayudarme a convertir en mejor persona y guiarme hacia el camino correcto.

Índice

Resumen.....	2
Declaración de aceptación de norma ética y derechos	3
Dedicatoria.....	4
Índice de figuras.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	10
Introducción	11
Metodología	17
Modelos de estudio	17
Planificación virtual de las guías endodónticas	19
Preparación de las cavidades de acceso	20
Análisis estadístico.....	23
Hallazgos.....	24
Discusión y conclusiones.....	26
Referencias.....	29

Índice de tablas

Tabla 1..... 24

Comparación de técnicas de acuerdo a la pérdida de estructura dentinaria (mm³)..... 24

Tabla 2..... 25

Comparación de técnicas de acuerdo al tiempo empleado (min) 25

Índice de figuras

Figura 1.	18
Modificación digital de los dientes y elección del sistema de fresas endodónticas.....	18
Figura 2.	18
Impresión de dientes 3d en resina y creación de conjunto de modelos	18
Figura 3.	19
Planificación virtual de las guías endodónticas	19
Figura 4.	22
Evaluación de la pérdida de estructura dentinaria	22
Figura 5.	24
Diagrama pérdida de estructura dentinaria por técnica.....	24
Figura 6.	25
Diagrama de tiempo empleado por técnica.....	25

Preservación de la estructura dentinaria con accesos guiados, comparado con accesos convencionales, estudio in vitro

Marco Alejandro Quintana Guachamin

Marcoalejandro.quintana@hotmail.com

Resumen

El objetivo principal de este estudio in vitro fue comparar las cavidades de acceso de acuerdo a la preservación de la estructura dentinaria y tiempo empleado en la localización de conductos con técnicas de accesos guiados y accesos convencionales en dientes calcificados impresos en 3D. **Metodología:** Un operador egresado del posgrado de endodoncia se le entregó dos conjuntos de modelos idénticos para realizar accesos, uno para accesos convencionales y otro para guiados, cada conjunto contenía ocho dientes modificados digitalmente, incluyendo incisivos centrales y laterales en los maxilares superior e inferior (8 dientes por técnica) simulando calcificación e impresos en resina con una impresora en 3D. Los modelos se colocaron en una réplica impresa en resina de maxilares de cadáveres y se sometieron a tomografías y escaneos extraorales para la elaboración de guías. Las cavidades de acceso fueron analizadas de acuerdo al volumen de estructura dentinaria perdida a través de un CBCT postoperatorio. La significancia estadística se la realizó con intervalo de confianza (IC) del 95%.

Resultados: La pérdida de estructura dentinaria con técnica de accesos convencionales fue de $67,5 \text{ mm}^3$ (95% IC, $57,5 - 77,4 \text{ mm}^3$), con un tiempo de trabajo de 22,76 minutos (16,4 – 29,1 min) y se localizaron de 2 de 8 canales (25%). En contraste, la pérdida de estructura dentinaria utilizando la técnica de accesos guiados fue de $6,4 \text{ mm}^3$ (95% IC, $6,0 - 6,9 \text{ mm}^3$), con un tiempo de trabajo de 5,05 minutos (95% IC 4,2 – 5,9 min) y se localizaron 4 de 8 canales (50%).

Conclusiones: La técnica de accesos guiados facilita un manejo más conservador y predecible

de la estructura dentinaria, además de requerir menos tiempo clínico a comparación de los accesos convencionales.

Palabras clave: accesos guiados, accesos convencionales, estructura dentinaria, CBCT, acceso endodóntico, dientes 3D.

Abstract

The main objective of the study in vitro, it was to compare access cavities about the preservation of dentin structure and enough time for localization of root canals with conventional technique and a guided endodontics approach in calcified teeth in 3D. **Methodology.** - an operator who graduated from the endodontics post graduated course gave two sets of identical features to make access, one for conventional technique access and other for guided ones. Each set had eight digitally modified teeth, including central and lateral incisors in the upper and lower jaws. (8 for techniques) simulating calcification and printed in dental resin with a 3D printed. The models were located inside resin-printed replica of cadaver jaws and they were treated with tomographs and extraoral scanned for endodontics guided development. The access cavities were analyzed according to the volume of dentin structure loss trough of CBCT post operation. The statistical significance was determined with a 95% confidence interval (CI). **Results.** - lack of dentin structure with conventional access technique was about $67,5 \text{ mm}^3$ (95% IC $57,5 - 77,4 \text{ mm}^3$) with a period of clinical time 22,76 minutes (16,4 – 29,1 min). They were located 2 of 8 root canals (25%). In contrast, loss of dentin structure using the guided access technique was of $6,4 \text{ mm}^3$ (95% IC $6,0 - 6,9 \text{ mm}^3$) with a clinical time of 5,05 minutes (95% IC 4,2 – 5,9 minutes) and it was located 4 of 8 root canals (50%). **Conclusions.** - The guided access techniques bring more conservative and predictable management of the dentin structure, furthermore to required less clinical time compared to conventional technique accesses.

Keywords: guided access, conventional access, dentine structure, CBCT, endodontic access, 3D teeth.

Introducción

La obliteración pulpar (PCO), también llamada metamorfosis cálcica, es una secuela de trauma dental, frecuente tras una concusión o subluxación. Puede afectar uno o varios dientes, ya sean deciduos, permanentes, sanos o con patología, no erupcionados o impactados (Moss-Salentijn & Hendricks-Klyvert, 1988; Oginni & Adekoya-Sofowora, 2007; Sayegh & Reed, 1968).

Estas calcificaciones usualmente no presentan síntomas, excepto cuando afectan al paquete vasculonervioso (McCabe & Dummer, 2012). Aunque la causa es incierta se cree que factores locales como trauma dental, enfermedad periodontal, fuerzas excesivas en tratamientos de ortodoncia, restauraciones, preparaciones cavitarias y caries pueden estar involucradas (Pettiette et al., 2013; Şener et al., 2009). Factores sistémicos como la edad, enfermedades sistémicas, enfermedad renal terminal, enfermedades cardiovasculares y el uso prolongado de ciertos medicamentos también pueden influir (Berés et al., 2016; Chigono et al., 2007; Edds et al., 2005; Moss-Salentijn & Hendricks-Klyvert, 1988).

Histológicamente, la calcificación pulpar está relacionada con el envejecimiento, ya que la reducción de fibroblastos, odontoblastos y células mesenquimatosas provoca una acumulación de dentina secundaria, reduciendo el tamaño de la cámara pulpar y del conducto radicular (Ranjitkar et al., 2002; Udoye & Sede, 2011). La calcificación pulpar actúa como una reparación defensiva frente a caries, enfermedad periodontal, trauma y abrasión, mediante la degeneración celular y la necrosis pulpar (Al-Nazhan & Al-Shamrani, 2011). Simultáneamente, los odontoblastos aceleran la secreción de dentina reactiva, lo que puede provocar la formación de cálculos pulpares que bloquean los conductos radiculares. También se sugiere que los coágulos

sanguíneos calcificados tras un trauma pueden obstruir el conducto (Gautam et al., 2017; Nanjannawar et al., 2012).

Las características clínicas incluyen decoloración amarillenta o pérdida de transparencia de la corona (JACOBSEN & KEREEKES, 1977). Después de una concusión o subluxación, las pruebas de sensibilidad pulpar pueden no responder inicialmente, pero esta falta de respuesta puede ser temporal y volverse positiva después de algunas semanas (ANDREASEN, 1970; de Cleen, 2002; Oginni et al., 2009). Los dientes con obliteración pulpar suelen ser asintomáticos, aunque algunos pueden necesitar control anual y a menudo se descubren durante exámenes clínicos y radiográficos (Oginni et al., 2009; Robertson et al., 1996).

Radiográficamente, la obliteración del canal puede ser parcial o completa y puede o no estar asociada con patología periapical (Amir et al., 2001; Holan, 1998). Una obliteración total no siempre indica la ausencia del espacio del conducto pulpar, ya que las radiografías convencionales tienen una baja sensibilidad impidiendo una visualización detallada del conducto radicular (Patterson & Mitchell, 1965; Schindler & Gullickson, 1988; Torneck, 1990).

El inicio de una terapia endodóntica no quirúrgica es un acceso adecuado, siendo uno de los aspectos más desafiantes y complejos durante el tratamiento de endodoncia (Patel & Rhodes, 2007). Las características de un acceso han sido establecidas durante varios años e incluye remover caries, localizar los orificios de entrada, lograr un acceso en línea recta, preservar estructura dentinaria mediante conceptos mínimamente invasivos, disminuyendo el riesgo de fractura (Gutmann & Fan, 2016; Krishan et al., 2014).

Dentro de los problemas más frecuentes se encuentra la calcificación total o parcial de la cavidad y conductos radiculares, asociada a injurias a la pulpa como caries dental, trauma dentoalveolar, procedimientos restauradores como recubrimientos pulpares, pulpotomías,

tratamientos ortodóncicos y en personas adultas mayores debido a la aposición de dentina (FOREMAN & SOAMES, 1988; Krishan et al., 2014; Nikoui et al., 2003; Ranjitkar et al., 2002). En este tipo de casos las complicaciones más comunes son lograr una cavidad de acceso adecuada y localización de los conductos radiculares con pérdida masiva de estructura dentinaria asociada con alto riesgo de fractura y por ende alta tasa de fracaso (Cvek et al., 1982; Lang et al., 2006).

Tradicionalmente el acceso a este tipo de conductos calcificados depende de la capacidad del operador en perforar en la dirección adecuada y mantener la orientación exacta con la fresa con base al conocimiento de la anatomía interna y visualización mental en tres dimensiones (Lovdahl & Gutman, 2008).

Dentro de los tipos de accesos se encuentran los accesos tradicionales y mínimamente invasivos (Shabbir et al., 2021; E. J. N. L. Silva et al., 2020). En dientes anteriores los accesos tradicionales se subdividen en cavidad de acceso lingual o palatal, extendiéndose 2 mm desde la corona al cingulo (Mannan et al., 2001). Sin embargo, se demostró que el acceso en línea recta alcanza apenas el 10% de los incisivos centrales y 0.8% en incisivos laterales superiores e inalcanzable en incisivos inferiores debido a la ausencia de paralelismo entre el eje largo de la corona y raíz. (Mauger et al., 1999; Zillich & Jerome, 1981).

El acceso incisal empieza en el borde incisal hacia palatino o lingual, extendiéndose de manera bucolingual y mesiodistal incluyendo toda la cámara pulpar, cuando los abordajes por incisal o lingual no son factibles se considera el uso del acceso por vestibular extendiéndose desde oclusal hasta destechar toda la cámara pulpar (Varghese et al., 2016). En dientes posteriores el acceso tradicional incluye el destechamiento de toda la cámara pulpar, logrando un acceso en línea recta en relación a la parte apical (Gutmann & Fan, 2016).

Dentro de los accesos ultraconservadores encontramos los accesos puntuales realizados a través de la fosa central o parte más profunda de la superficie oclusal aumentando mínimamente en dimensión conforme avanza apicalmente mediante este agujero se accede a todos los conductos radiculares (Plotino et al., 2017; A. A. Silva et al., 2020). Este tipo de acceso al no ser estandarizado se presenta en la literatura con tamaños variables y se recomienda de acuerdo al tamaño de la cámara pulpar y taper del instrumento que se vaya a utilizar (Chlup et al., 2017; Moore et al., 2016; Varghese et al., 2016; Yuan et al., 2016).

La “endodoncia guiada” se ha traducido como una solución alternativa en casos de dientes con obliteraciones, siendo recomendable realizar una planificación preoperatoria utilizando imágenes 3D a través de la CBCT, siendo ampliamente utilizada en el campo de la implantología oral para visualizar estructuras anatómicas, cuantificar el nivel óseo, cirugía guiada de implantes usando plantillas creadas por impresoras 3D, basados en alinear una superficie escaneada en 3D con datos proveniente de la CBCT (Guerrero et al., 2006; Kühn et al., 2015; Yatzkair et al., 2015).

Un programa especial junto con una tomografía computarizada de haz cónico y una impresión en 3D son necesarias para crear una plantilla que se utiliza como guía del instrumento para acceder al canal. A pesar de que esta técnica mejoraría el acceso mínimamente invasivo, habitualmente se removería el borde incisal en dientes anteriores para lograr un acceso paralelo en línea recta (Connert et al., 2018; Krastl et al., 2016; Zehnder et al., 2016).

Connert et al en su reporte de caso clínico para acceder a conductos obliterados en órganos dentales 31 y 41 utilizando un archivo DICOM proveniente de una CBCT y alineado con un archivo STL generado por el escaneo intraoral demuestra que las cavidades de acceso mínimamente invasivas son factibles con esta técnica. Además, evaluó la precisión de guías para

acceso endodóntico en 60 dientes incisivos inferiores que presentaban calcificaciones pulpaes y conductos estrechos, analizando la desviación producida a través de una CBCT post operatoria en tres dimensiones y ángulos con un intervalo de confianza del 95%. Como consecuencia obtuvo que las desviaciones fueron bajas, sin diferencias estadísticamente significativas entre los operadores y muestra que esta técnica es precisa, rápida e independiente del operador (Connert et al., 2018).

Zehnder et al en un estudio in vitro realizó la evaluación de precisión del uso de guías de acceso endodóntico en 60 dientes extraídos, divididos en 6 modelos con dientes incisivos, laterales, caninos y premolares con un solo conducto y una sola raíz, se analizó la desviación producida a través de una CBCT post operatoria con un intervalo de confianza del 95%; todos los conductos fueron accesibles con endodoncia guiada, las desviaciones fueron bajas, no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre los operadores, mostrando que es una técnica precisa y rápida (Zehnder et al., 2016).

Actualmente se han desarrollado herramientas que nos ayudan a mejorar el índice de éxito en tratamientos de dientes con obliteraciones o calcificaciones como la magnificación a través del microscopio electrónico, lupas de magnificación, tomografía computarizada de haz cónico, puntas de ultrasonido modificadas en forma de anillo para vibrar instrumentos manuales, entre otros (Zehnder, Connert, Weiger, Krastl, & Kühn, 2016), disminuyendo el riesgo de fallas como cambios en la geometría del conducto radicular, disminución significativa de tejido duro dental hasta causar un debilitamiento significativo de un diente o provocar perforación radicular (Cvek et al., 1982).

Frente a lo expuesto el presente estudio tuvo como objetivo determinar la preservación de la estructura dentinaria que se alcanza a través de accesos guiados y accesos convencionales en dientes con obliteración del canal radicular mediante evaluación tomográfica.

La hipótesis de la investigación fue que existe mayor preservación de la estructura dentinaria a través de accesos guiados comparados con accesos convencionales en dientes con obliteración del canal radicular mediante evaluación tomográfica.

Metodología

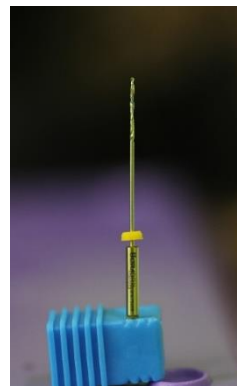
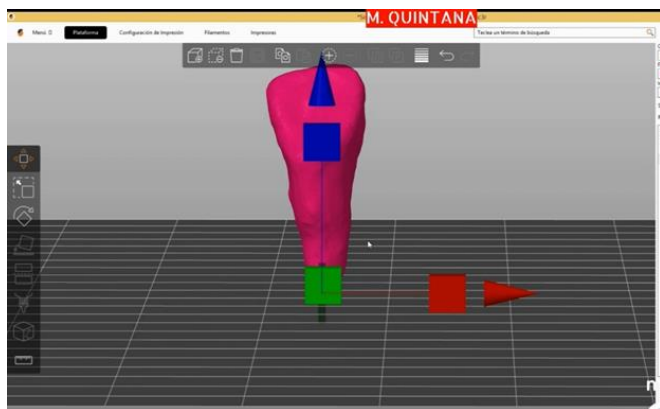
Modelos de estudio

Para este estudio in vitro se emplearon dos conjuntos idénticos de modelos, los cuales se dividieron en dos grupos: uno para realizar accesos de manera guiada y el otro de manera convencional. Cada conjunto de modelos constó de 8 dientes modificados digitalmente. En el maxilar superior, se modificaron 2 incisivos centrales y 2 incisivos laterales, mientras que en el maxilar inferior se modificaron 2 incisivos centrales y 2 incisivos laterales, estas modificaciones incluyeron; la presencia de un solo conducto y una única raíz, con el orificio de entrada al sistema de conductos radiculares ubicado a 5 mm en relación al ápice y un diámetro de 0,5 mm.

Estos dientes fueron impresos en resina de laboratorio (Denture teeth resin formlabs con resolución de 50 μ m) usando una impresora 3D (FormLabs 2 SLA estereolitografía basada en láseres con resolución de 25-100 μ m). Posteriormente, Los dientes se colocaron en replicas impresas en resina de maxilares superiores e inferiores de cadáveres, fijados con cera pegajosa, y se sometieron a una tomografía de haz cónico (Myray, hyperion x9, FOV 11x8 HiRes, imágenes originales axiales 538, 3.00mA, 90kV) para obtener un archivo DICOM. Además, se utilizó un escaner intraoral (Runyes® 3DS precisión de 20 μ m) para generar una reconstrucción en 3D de todos los dientes, la misma que fue exportada en formato STL.

Figura 1.

Modificación digital de los dientes y elección del sistema de fresas endodónticas

**Figura 2.**

Impresión de dientes 3d en resina y creación de conjunto de modelos



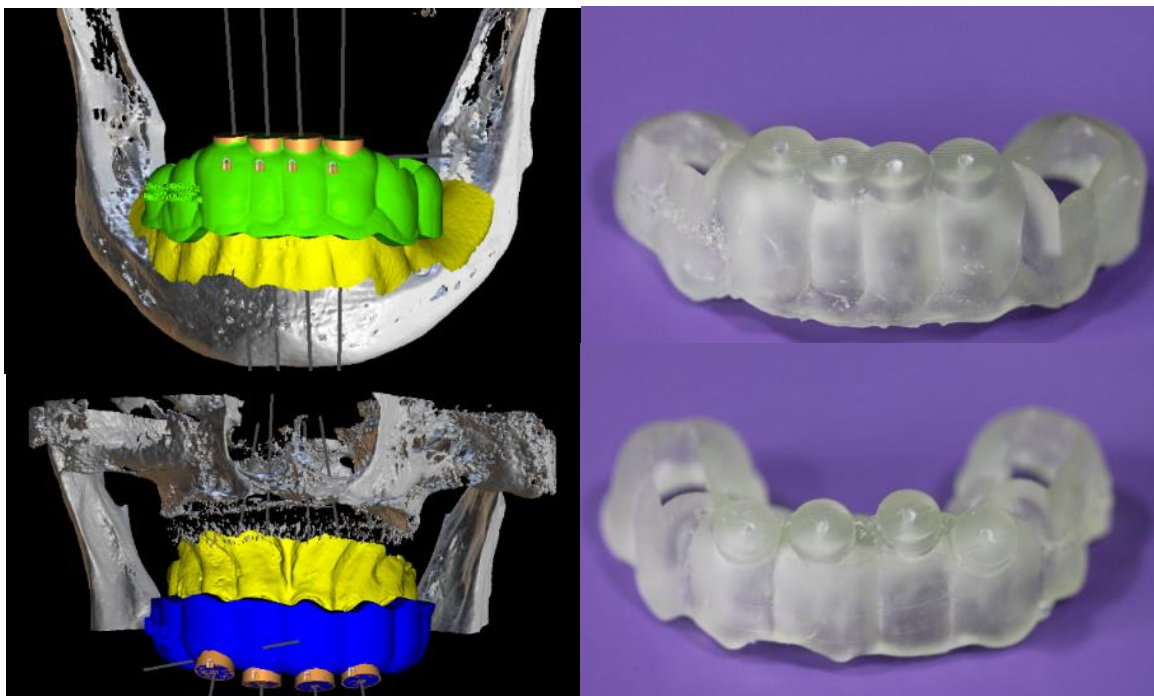
Planificación virtual de las guías endodónticas

Se fabricaron dos guías de acceso endodóntico, una para el modelo superior y otra para el modelo inferior, utilizando el programa Blue Sky Plan (versión 4.13.35). En este proceso, se integraron los archivos obtenidos de la tomografía (DICOM) y del escaneo extraoral (STL). Para mejorar la estabilidad de las guías se añadieron dientes acrílicos (Baot) como sustitutos de caninos y primeros premolares en cada cuadrante.

La planificación virtual de los dos modelos para el grupo de endodoncia guiada se realizó siguiendo los métodos descritos por (Connert et al., 2017, 2018), que implica el emparejamiento de los archivos DICOM y STL para alinear los contornos de los dientes.

Figura 3.

Planificación virtual de las guías endodónticas



Preparación de las cavidades de acceso

Dentro de los procedimientos clínicos participó un operador egresado de la especialidad de Endodoncia de la Universidad Hemisferios con agudeza visual disminuida pero que usa lentes, se le asignó la tarea de preparar cavidades de acceso en cada uno de los dientes del modelo de maxilar superior e inferior empleando tanto la técnica convencional como la técnica de endodoncia guiada lo que equivale a 2 modelos, 8 dientes por técnica y operador.

El conjunto de dientes se colocó en un troquel sobre una réplica impresa en resina del maxilar superior e inferior de cadáver ya que la eficiencia con la que se absorben los rayos X incidentes está determinada por el espesor, densidad y la composición del absorbente. La eficiencia puede mejorar incrementando la densidad del material proporcionando una buena unión entre el espectro de rayos X que sale del hueso de cadáver (densidad 850 – 125 unidades en la escala de Hounsfield) y las características de absorción del material (Seibert et al., 2006). Posteriormente se fijó en una silla dental para imitar una situación clínica real. Durante todo el procedimiento se dispuso de imágenes de diagnóstico, incluyendo tomografías CBCT y toma de radiografías periapicales digitales (i-sensor 1 – Ai ray Woodpecker) intraoperatorias, para ambas técnicas.

Se le permitió al participante el uso de microscopio electrónico con aumentos 6x, 10x, 16x y 26x (Alliance ®), ultrasonido portátil (Woodpecker U600) para ambas técnicas. Para la preparación inicial de la cavidad de acceso convencional, se utilizó una pieza de mano de alta velocidad (MDK Moko 230 BT). Para localizar el conducto radicular, se autorizó al operador emplear fresas redondas, pequeñas, medianas y grandes de tallo largo y/o un inserto ultrasónico y una lima K de tamaño 10 o 15. Debido a la menor dureza y resistencia a la quemadura del material de resina en comparación con la dentina, se usaron instrumentos ultrasónicos con

cuidado y en intervalos intermitentes. Si el operador no lograba acceder a un conducto radicular o si se consideraba que el diente estaba demasiado comprometido debido a las perforaciones generadas, se le permitió detener el procedimiento.

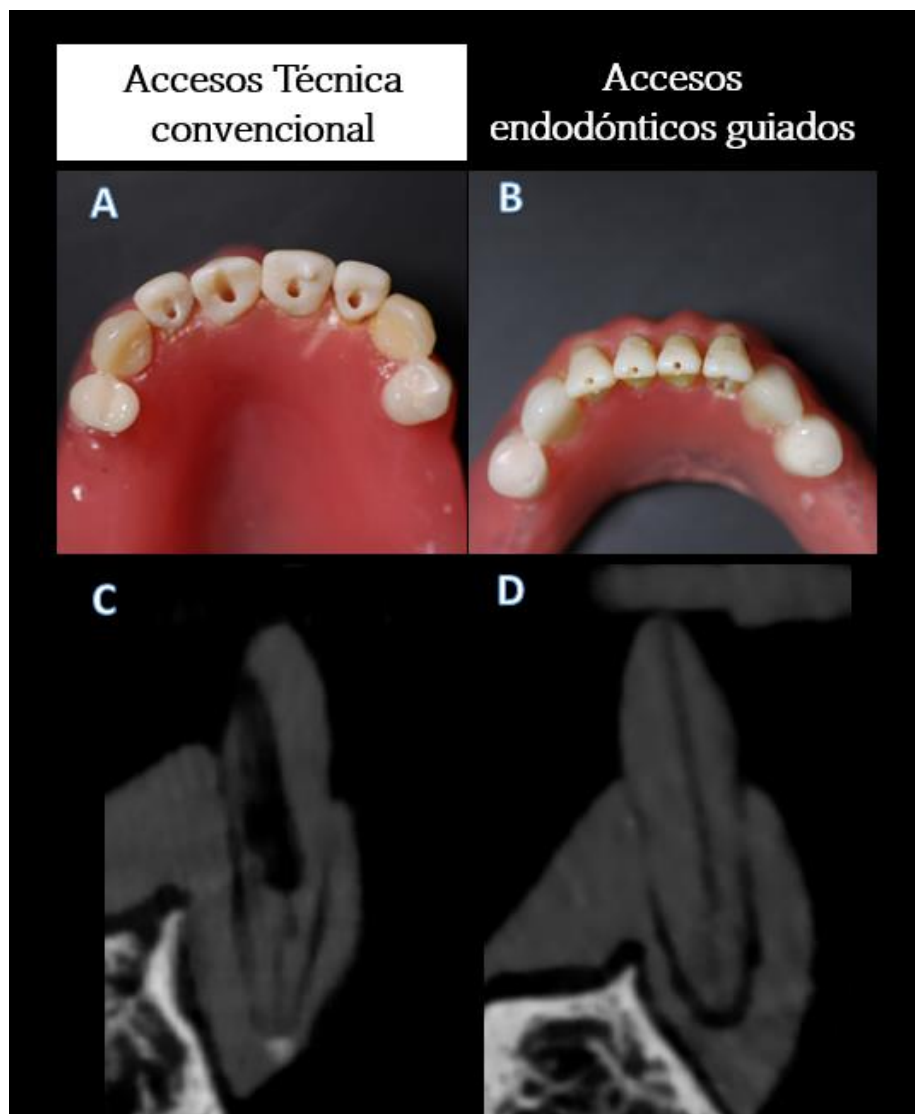
Para el enfoque de endodoncia guiada, el operador recibió una breve introducción sobre la técnica y planificación virtual. Así como también para acceder al orificio de entrada del conducto radicular, se utilizó la fresa de marca Ultradrill Dentools ® fabricada en acero inoxidable - titanio, con un diámetro de 0.75 mm, una longitud de 27 mm, velocidad de 1200 RPM y un torque máximo de 3 NCM.

También, se le proporcionó la plantilla impresa con el sistema correspondiente. Una vez que el clínico logró acceder y permeabilizar el conducto radicular, se procedió a verificar el resultado del procedimiento mediante una radiografía periapical con una lima K 10 o 15, siguiendo las directrices establecidas con base a las investigaciones previas (Connert et al., 2017, 2018).

La evaluación de la pérdida de estructura dentinaria se la realizó mediante dos tomografías: una preoperatoria y otra postoperatoria, después de realizar el acceso con ambas técnicas guiada y convencional. Se llevaron a cabo mediciones en (mm^3) utilizando el software coDiagnostiX versión 10.8 para comparar cantidad de estructura dentinaria a nivel del acceso en ambos métodos.

Figura 4.

Evaluación de la pérdida de estructura dentinaria



Comparación de la preservación de la estructura dentinaria (columna izquierda) accesos con técnica convencional, (columna derecha) accesos guiados. (A y B) ejemplos de modelos superior e inferior después de la preparación de las cavidades de acceso. (C y D) plano sagital del CBCT postoperatorio.

Análisis estadístico

Los datos recolectados en las tablas fueron analizados estadísticamente utilizando el programa SPSS (IBM versión 29.0). Se realizó una evaluación estadística descriptiva, calculando medias y desviación estándar, así como una evaluación inferencial. Se llevaron a cabo pruebas estadísticas de normalidad de Shapiro – Wilk, T student y Mann Whitney según correspondiera para datos no paramétricos o paramétrico, respectivamente.

Hallazgos

Tabla 1.

Comparación de técnicas de acuerdo a la pérdida de estructura dentinaria (mm³)

TÉCNICAS	CONDUCTOS LOCALIZADOS	Media (mm ³)	D.E (mm ³)	95% del IC		T student, Mann Whitney
				Límite inferior	Límite superior	
ACCESOS CONVENCIONALES	2/8	67,5	11,9	57,5	77,4	0,000
ACCESOS GUIADOS	4/8	6,4	0,5	6,0	6,9	

Fuente: Elaboración propia
 IC: Intervalo de confianza
 D.E: Desviación Estándar

En la técnica de **accesos convencionales** la pérdida de estructura dentinaria es de **67,5 mm³** con una desviación estándar de 11,9 mm³. En contraste, la técnica de **accesos guiados** muestra una pérdida de **6,4mm³** con una desviación estándar de 0,5mm³.

Según la prueba de T Student (Mann Whitney se tiene el mismo resultado) el nivel de significación ($p < 0,05$) es inferior a 0,05, lo que indica diferencias significativas entre las medias de las pérdidas de estructura dentaria. Los valores más altos se registran en los accesos convencionales.

Figura 5.

Diagrama pérdida de estructura dentinaria por técnica

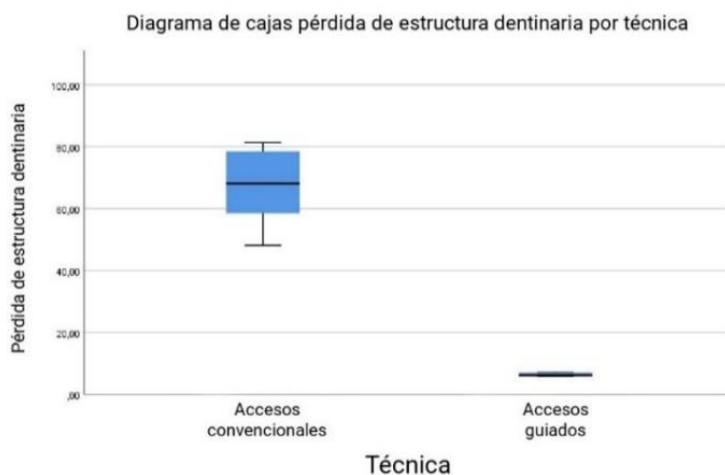


Tabla 2.

Comparación de técnicas de acuerdo al tiempo empleado (min)

TÉCNICAS	CONDUCTOS ENCONTRADOS	Media (min)	D.E (mm)	95% del IC		T student, Mann Whitney (p=)
				Límite inferior	Límite superior	
ACCESOS CONVENCIONALES	2/8	22,76	7,6	16,4	29,1	0,000
ACCESOS GUIADOS	4/8	5,05	1,1	4,2	5,9	

Fuente: Elaboración propia

IC: Intervalo de confianza

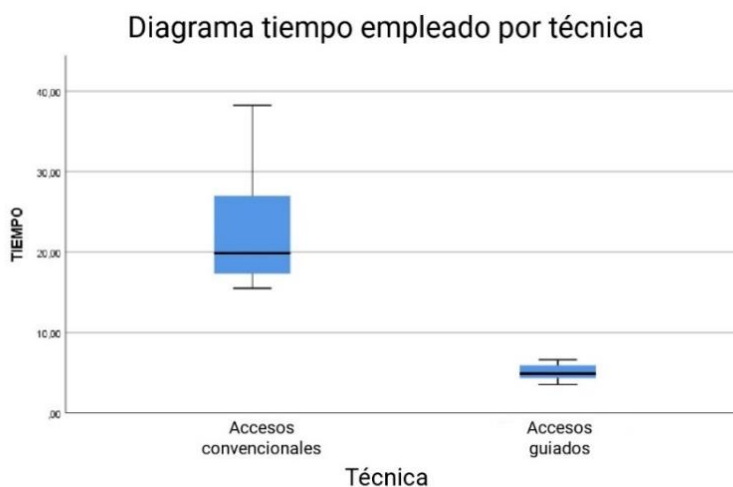
D.E: Desviación Estándar

En la técnica de **accesos convencionales**, el tiempo promedio requerido es de 22,76 minutos, con una desviación estándar de 7,6 minutos. En cambio, en la técnica de **accesos guiados**, el tiempo promedio es de 5,05 minutos, con una desviación estándar de 1,1 minutos.

De acuerdo a la prueba T student (Mann Whitney se tiene el mismo resultado) el nivel de significación ($p < 0,05$) es menor que 0,05, lo que indica que existen diferencias significativas entre las medias de los tiempos. Los valores más altos se observan en los **accesos convencionales**

Figura 6.

Diagrama de tiempo empleado por técnica



Discusión y conclusiones

Una vez revisado los resultados, se encuentra que los accesos guiados representan una alternativa para lograr mayor preservación de la estructura dentinaria en contraste a los accesos convencionales. La localización y permeabilización apical de los dientes con obliteración tratados con técnica convencional suelen ser reportadas como exitosas cuando el procedimiento es realizado por especialistas en endodoncia con experiencia y el uso de microscopio electrónico, sin embargo, se deben considerar factores significativos como el tiempo empleado, el riesgo de perforaciones, posible pérdida excesiva de estructura dentinaria y exposición del paciente a los rayos X (Cvek et al., 1982; Kiefner et al., 2017; Luciano et al., 2012).

Las cavidades obtenidas mediante accesos guiados en este estudio conservaron la mayor parte de estructura dentinaria, ya que en investigaciones previas (Connert et al., 2018, 2019; Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2018; Zehnder et al., 2016), emplearon fresas de 0,85 mm de diámetro mientras que en este estudio se emplearon fresas de 0,75mm.

Al intentar abordar un conducto calcificado con técnica convencional la pérdida de estructura dentinaria puede ocurrir en cualquier dirección y forma impredecible, lo que ocasiona alteraciones en la morfología y estabilidad estructural debido al uso de fresas e insertos ultrasónicos de distintos diámetros y formas, mientras que en el acceso guiado se utiliza una única fresa con un diámetro reducido (Connert et al., 2019).

Al planificar un acceso guiado, es importante considerar ciertas limitaciones; solamente se puede utilizar en conductos que tengan un acceso en línea recta hacia la zona apical ya que la fresa es rígida y no se puede deformar (Buchgreitz et al., 2016; Krastl et al., 2016; Lara-Mendes et al., 2018). Sin embargo, esta técnica podría aplicarse en molares con curvaturas, dado que suelen encontrarse en el tercio apical. Además, se deben tener en cuenta factores como la

apertura bucal limitada para zonas posteriores, formación de microfracturas y aumento de la temperatura (Connert et al., 2017, 2018; Krastl et al., 2016; Zehnder et al., 2016).

Otro factor a tener en cuenta es el costo asociado a la realización de un escaneo intraoral, adquisición de la fresa y tiempo necesario para fabricar la guía. También hay que considerar la variación en la calidad de imagen del CBCT que puede verse afectada por el ruido de los artefactos o las restauraciones metálicas durante la obtención de la tomografía, lo que podría resultar en un alineamiento incorrecto con el escaneo (Bechara et al., 2012; Hunter & McDavid, 2012; Schulze et al., 2011).

Para hacer el estudio más representativo de la situación clínica se utilizaron dientes impresos en 3D, obtenidos de una tomografía de un paciente real con su anatomía interna original, modificados solamente en la porción apical y estandarizados para facilitar la comparación entre las dos técnicas. Sin embargo, los dientes impresos en 3D presentan algunos problemas que deben considerarse, ya que están fabricados en resina (Denture Teeth Resin Formlabs) que tiene una fuerza flexural de 50.0 MPa. Este material no es tan rígido como la dentina que tiene una resistencia que oscila entre 78 y 91 MPa (Watanabe et al., 1996), lo que podría dar lugar a una fractura vertical durante el ingreso de la fresa en la técnica de endodoncia guiada. Además, al estar impresos en un solo material y color, carecen de características anatómicas internas que podrían facilitar la búsqueda de la permeabilidad apical.

Al ser un material sintético, presenta menor rigidez y se puede quemar con la acción de las fresas de alta velocidad o los insertos ultrasónicos, lo que alargaría el tiempo necesario para localizar los conductos, ya que se debe irrigar constantemente y realizar movimientos suaves. Asimismo, en un diente natural la obliteración puede estar más cerca de la parte coronal a

diferencia de los dientes impresos, cuya permeabilidad esta modificada solamente en los últimos tres milímetros. Esto sugiere que la técnica convencional presenta ciertas desventajas.

Los resultados de la técnica de accesos guiados mostraron una mayor preservación de la estructura dentinaria $6,4 \text{ mm}^3$ en comparación a la otra técnica $67,5 \text{ mm}^3$, así como un tiempo clínico considerablemente menor. Sin embargo, en cuanto a la localización de canales radiculares, la técnica con accesos convencionales logró un 25% en comparación al 50% obtenido con la técnica de accesos guiados. Esta última no siempre es exitosa, como han señalado estudios anteriores que reportaron un 100% de identificación de conductos (Connert et al., 2017, 2018; Krastl et al., 2016; Zehnder et al., 2016). En esos estudios, los dientes impresos estaban incrustados en resina mientras que en este estudio se fabricó un modelo base desmontable en el que cada diente encajaba y se fijaba con cera pegajosa por lo que era inevitable presentar una ligera movilidad. Esto podría haber contribuido a una menor precisión, ocasionando perforaciones o fracturas verticales, especialmente en lo dientes del maxilar superior que fueron descartados a pesar de haber logrado permeabilidad apical. Así también en este estudio se fabricaron guías sin el uso de anillo guía o también llamado sleeve a comparación de los otros estudios en los cuales si se utilizó, por lo que también sería una causa de falta de exactitud ya que este le confiere mayor estabilidad a la fresa.

En conclusión, aunque la técnica de accesos guiados implica mayor costo y planificación previa, permite un manejo más conservador y predecible de la estructura dentinaria, además de requerir menos tiempo clínico a comparación de los accesos convencionales. No obstante, es necesario contar con un nivel adecuado de capacitación previa para optimizar su uso.

Referencias

- Al-Nazhan, S., & Al-Shamrani, S. (2011). A Radiographic Assessment of the Prevalence of Pulp Stones in Saudi Adults. *Saudi Endodontic Journal*, 1(1), 19.
<https://doi.org/10.4103/1658-5984.98312>
- Amir, F., Gutmann, L., & Witherspoon, O. E. (2001). Calcific metamorphosis: a challenge in endodontic diagnosis and treatment. *Quintessence International*.
- ANDREASEN, J. O. (1970). Luxation of permanent teeth due to trauma. A clinical and radiographic follow-up study of 189 injured teeth. *Scandinavian journal of dental research*, 78(3), 273-286. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0722.1970.TB02074.X>
- Bechara, B., McMahan, C. A., Moore, W. S., Noujeim, M., Geha, H., & Teixeira, F. B. (2012). Contrast-to-noise ratio difference in small field of view cone beam computed tomography machines. *Journal of oral science*, 54(3), 227-232.
<https://doi.org/10.2334/JOSNUSD.54.227>
- Berès, F., Isaac, J., Mouton, L., Rouzière, S., Berdal, A., Simon, S., & Dessombz, A. (2016). Comparative physicochemical analysis of pulp stone and dentin. *Journal of Endodontics*, 42(3), 432-438. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.11.007>
- Buchgreitz, J., Buchgreitz, M., Mortensen, D., & Bjørndal, L. (2016). Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *International endodontic journal*, 49(8), 790-795.
<https://doi.org/10.1111/IEJ.12516>

- Chigono, Y., Daimon, T., Miyagawa, M., Miake, Y., Moriguchi, M., Tanabe, Y., Takeyasu, Y., & Ichinokawa, Y. (2007). Dental Pulp Changes Observed in a Patient on Long-term Corticosteroids. *Journal of Hard Tissue Biology*, *16*(1), 31-35.
<https://doi.org/10.2485/JHTB.16.31>
- Chlup, Z., Žižka, R., Kania, J., & Přibyl, M. (2017). Fracture behaviour of teeth with conventional and mini-invasive access cavity designs. *Journal of the European Ceramic Society*, *37*(14), 4423-4429. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.03.025>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühn, 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>
- Connert, T., Zehnder, M. S., Amato, M., Weiger, R., Kühn, S., & Krastl, G. (2018). Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, *51*(2), 247-255. <https://doi.org/10.1111/iej.12809>
- Connert, T., Zehnder, M. S., Weiger, R., Kühn, S., & Krastl, G. (2017). Microguided Endodontics: Accuracy of a Miniaturized Technique for Apically Extended Access Cavity Preparation in Anterior Teeth. *Journal of Endodontics*, *43*(5), 787-790.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.016>

- Cvek, M., Granath, L., & Lundberg, M. (1982). Failures and healing in endodontically treated non-vital anterior teeth with posttraumatically reduced pulpal lumen. *Acta odontologica Scandinavica*, 40(4), 223-228. <https://doi.org/10.3109/00016358209019816>
- de Cleen, M. (2002). Obliteration of pulp canal space after concussion and subluxation: endodontic considerations. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 33(9), 661-669. <https://europepmc.org/article/med/12666890>
- Edds, A. C., Walden, J. E., Scheetz, J. P., Goldsmith, L. J., Drisko, C. L., & Eleazer, P. D. (2005). Pilot study of correlation of pulp stones with cardiovascular disease. *Journal of endodontics*, 31(7), 504-506. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000168890.42903.2B>
- FOREMAN, P. C., & SOAMES, J. V. (1988). Structure and composition of tubular and non-tubular deposits in root canal systems of human permanent teeth. *International endodontic journal*, 21(1), 27-36. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.1988.TB00950.X>
- Gautam, S., Galgali, S. R., Sheethal, H. S., & Priya, N. S. (2017). Pulpal changes associated with advanced periodontal disease: A histopathological study. *Journal of oral and maxillofacial pathology : JOMFP*, 21(1), 58-63. <https://doi.org/10.4103/0973-029X.203795>
- Guerrero, M. E., Jacobs, R., Loubele, M., Schutyser, F., Suetens, P., & van Steenberghe, D. (2006). State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clinical oral investigations*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.1007/S00784-005-0031-2>

Gutmann, J., & Fan, B. (2016). Tooth morphology, isolation, and access. . En K. Hargreaves, L. Berman, & I. Rotstein (Eds.), *Cohen's pathways of the pulp* (11th ed., pp. 142-144). Elsevier.

Holan, G. (1998). Tube-like mineralization in the dental pulp of traumatized primary incisors. *Endodontics & dental traumatology*, *14*(6), 279-284. <https://doi.org/10.1111/J.1600-9657.1998.TB00853.X>

Hunter, A. K., & McDavid, W. D. (2012). Characterization and correction of cupping effect artefacts in cone beam CT. *Dento maxillo facial radiology*, *41*(3), 217-223. <https://doi.org/10.1259/DMFR/19015946>

JACOBSEN, I., & KEREKES, K. (1977). Long-term prognosis of traumatized permanent anterior teeth showing calcifying processes in the pulp cavity. *Scandinavian journal of dental research*, *85*(7), 588-598. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0722.1977.TB02119.X>

Kiefner, P., Connert, T., ElAyouti, A., & Weiger, R. (2017). Treatment of calcified root canals in elderly people: a clinical study about the accessibility, the time needed and the outcome with a three-year follow-up. *Gerodontology*, *34*(2), 164-170. <https://doi.org/10.1111/GER.12238>

Krastl, G., Zehnder, M. S., Connert, T., Weiger, R., & Kühl, S. (2016). Guided Endodontics: A novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental Traumatology*, *32*(3), 240-246. <https://doi.org/10.1111/edt.12235>

Krishan, R., Paqué, F., Ossareh, A., Kishen, A., Dao, T., & Friedman, S. (2014). Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy and resistance to

- fracture assessed in incisors, premolars, and molars. *Journal of endodontics*, 40(8), 1160-1166. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2013.12.012>
- Kühl, S., Payer, M., Zitzmann, N. U., Lambrecht, J. T., & Filippi, A. (2015). Technical accuracy of printed surgical templates for guided implant surgery with the coDiagnostiX™ software. *Clinical implant dentistry and related research*, 17 Suppl 1(S1), e177-e182. <https://doi.org/10.1111/CID.12152>
- Lang, H., Korkmaz, Y., Schneider, K., & Raab, W. H. M. (2006). Impact of endodontic treatments on the rigidity of the root. *Journal of dental research*, 85(4), 364-368. <https://doi.org/10.1177/154405910608500416>
- Lara-Mendes, S. T. O., Barbosa, C. de F. M., Machado, V. C., & Santa-Rosa, C. C. (2018). A New Approach for Minimally Invasive Access to Severely Calcified Anterior Teeth Using the Guided Endodontics Technique. *Journal of endodontics*, 44(10), 1578-1582. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2018.07.006>
- Lovdahl, P., & Gutman, J. (2008). *Problem solving in endodontics: Prevention, identification, and management: Fifth edition / Request PDF*. Journal of Endodontics. https://www.researchgate.net/publication/287232788_Problem_solving_in_endodontics_Prevention_identification_and_management_Fifth_edition
- Luciano, W., Tavares, F., Portes, R. C., Menezes, G. B., Carlos, L., Henriques, F., & Paulino, A. (2012). *non-surgical treatment of pulp canal obliteration using contemporary endodontic techniques: Case series*.

- Mannan, G., Smallwood, E. R., & Gulabivala, & K. (2001). Effect of access cavity location and design on degree and distribution of instrumented root canal surface in maxillary anterior teeth. En *International Endodontic Journal* (Vol. 34).
- Mauger, M. J., Ware, R. M., Alexander, J. B., & Schindler, W. G. (1999). *Ideal Endodontic Access in Mandibular Incisors* (Vol. 25, Número 3).
- McCabe, P. S., & Dummer, P. M. H. (2012). Pulp canal obliteration: An endodontic diagnosis and treatment challenge. En *International Endodontic Journal* (Vol. 45, Número 2, pp. 177-197). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x>
- Moore, B., Verdelis, K., Kishen, A., Dao, T., & Friedman, S. (2016). Impacts of Contracted Endodontic Cavities on Instrumentation Efficacy and Biomechanical Responses in Maxillary Molars. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1779-1783. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.028>
- Moss-Salentijn, L., & Hendricks-Klyvert, M. (1988). Calcified structures in human dental pulps. *Journal of Endodontics*, 14(4), 184-189. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80262-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80262-0)
- Nanjannawar, G. S., Vagarali, H., Nanjannawar, L. G., Prathasarathy, B., Patil, A., & Bhandi, S. (2012). Pulp stone--an endodontic challenge: successful retrieval of exceptionally long pulp stones measuring 14 and 9.5 mm from the palatal roots of maxillary molars. *The journal of contemporary dental practice*, 13(5), 719-722. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-1216>
- Nikoui, M., Kenny, D. J., & Barrett, E. J. (2003). Clinical outcomes for permanent incisor luxations in a pediatric population. III. Lateral luxations. *Dental traumatology : official*

publication of International Association for Dental Traumatology, 19(5), 280-285.

<https://doi.org/10.1034/J.1600-9657.2003.00209.X>

Oginni, A. O., & Adekoya-Sofowora, C. A. (2007). Pulpal sequelae after trauma to anterior teeth among adult Nigerian dental patients. *BMC Oral Health*, 7. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-7-11>

Oginni, A. O., Adekoya-Sofowora, C. A., & Kolawole, K. A. (2009). Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: an aid to treatment decision. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*, 25(6), 620-625. <https://doi.org/10.1111/J.1600-9657.2009.00819.X>

Patel, S., & Rhodes, J. (2007). A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth. *British Dental Journal*, 203(3), 133-140. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.682>

Patterson, S. S., & Mitchell, D. F. (1965). Calcific metamorphosis of the dental pulp. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 20(1), 94-101. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(65\)90272-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90272-0)

Pettiette, M. T., Zhong, S., Moretti, A. J., & Khan, A. A. (2013). Potential correlation between statins and pulp chamber calcification. *Journal of Endodontics*, 39(9), 1119-1123. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.005>

Plotino, G., Grande, N. M., Isufi, A., Ioppolo, P., Pedullà, E., Bedini, R., Gambarini, G., & Testarelli, L. (2017). Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different

Access Cavity Designs. *Journal of Endodontics*, 43(6), 995-1000.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.01.022>

Ranjitkar, S., Taylor, J. A., & Townsend, G. C. (2002). A radiographic assessment of the prevalence of pulp stones in Australians. *Australian Dental Journal*, 47(1), 36-40.

<https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2002.tb00301.x>

Robertson, A., Andreasen, F. M., Bergenholtz, G., Andreasen, J. O., & Norén, J. G. (1996).

Incidence of pulp necrosis subsequent to pulp canal obliteration from trauma of permanent incisors. *Journal of endodontics*, 22(10), 557-560.

[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80018-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80018-5)

Sayegh, F. S., & Reed, A. J. (1968). Calcification in the dental pulp. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 25(6), 873-882. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(68\)90165-5](https://doi.org/10.1016/0030-4220(68)90165-5)

Schindler, W. G., & Gullickson, D. C. (1988). Rationale for the management of calcific metamorphosis secondary to traumatic injuries. *Journal of endodontics*, 14(8), 408-412.

[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80126-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80126-2)

Schulze, R., Heil, U., Groß, D., Bruellmann, D. D., Dranischnikow, E., Schwanecke, U., & Schoemer, E. (2011). Artefacts in CBCT: a review. *Dento maxillo facial radiology*,

40(5), 265-273. <https://doi.org/10.1259/DMFR/30642039>

Seibert, J. A., Bogucki, T., Ciona, T., Huda, W., Karellas, A., Mercier, J., Samei, E., Shepard, J.,

Stewart, B., Strauss, K., Suleiman, O., Tucker, D., Uzenoff, R., Weiser, J., & Willis, C.

- (2006). *Acceptance Testing and Quality Control of Photostimulable Storage Phosphor Imaging Systems*. <https://doi.org/10.37206/94>
- Şener, S., Cobankara, F. K., & Akgünlü, F. (2009). Calcifications of the pulp chamber: prevalence and implicated factors. *Clinical oral investigations*, *13*(2), 209-215. <https://doi.org/10.1007/S00784-008-0212-X>
- Shabbir, J., Zehra, T., Najmi, N., Hasan, A., Naz, M., Piasecki, L., & Azim, A. A. (2021). Access Cavity Preparations: Classification and Literature Review of Traditional and Minimally Invasive Endodontic Access Cavity Designs. En *Journal of Endodontics* (Vol. 47, Número 8, pp. 1229-1244). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.05.007>
- Silva, A. A., Belladonna, F. G., Rover, G., Lopes, R. T., Moreira, E. J. L., De-Deus, G., & Silva, E. J. N. L. (2020). Does ultraconservative access affect the efficacy of root canal treatment and the fracture resistance of two-rooted maxillary premolars? *International Endodontic Journal*, *53*(2), 265-275. <https://doi.org/10.1111/iej.13219>
- Silva, E. J. N. L., Pinto, K. P., Ferreira, C. M., Belladonna, F. G., De-Deus, G., Dummer, P. M. H., & Versiani, M. A. (2020). Current status on minimal access cavity preparations: a critical analysis and a proposal for a universal nomenclature. En *International Endodontic Journal* (Vol. 53, Número 12, pp. 1618-1635). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/iej.13391>
- Torneck, C. D. (1990). The clinical significance and management of calcific pulp obliteration. *The Alpha omegan*, *83*(4), 50-54. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1982203/>

- Udoye, C., & Sede, M. (2011). Prevalence and Analysis of Factors Related to Occurrence of Pulp Stone in Adult Restorative Patients. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 1(1), 9. /pmc/articles/PMC3507086/
- Varghese, V. S., George, J. V., Mathew, S., Nagaraja, S., Indiresha, H. N., & Madhu, K. S. (2016). Cone beam computed tomographic evaluation of two access cavity designs and instrumentation on the thickness of peri-cervical dentin in mandibular anterior teeth. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(5), 450-454. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.190018>
- Watanabe, L. G., Marshall, G. W., & Marshall, S. J. (1996). Dentin shear strength: effects of tubule orientation and intratooth location. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 12(2), 109-115. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(96\)80077-7](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(96)80077-7)
- Yatzkair, G., Cheng, A., Brodie, S., Raviv, E., Boyan, B. D., & Schwartz, Z. (2015). Accuracy of computer-guided implantation in a human cadaver model. *Clinical oral implants research*, 26(10), 1143-1149. <https://doi.org/10.1111/CLR.12482>
- Yuan, K., Niu, C., Xie, Q., Jiang, W., Gao, L., Huang, Z., & Ma, R. (2016). Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis. *European Journal of Oral Sciences*, 124(6), 591-596. <https://doi.org/10.1111/eos.12303>

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>

Zillich, R. M., & Jerome, J. K. (1981). Endodontic access to maxillary lateral incisors. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 52(4), 443-445.

[https://doi.org/10.1016/0030-4220\(81\)90347-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(81)90347-9)