

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA  
DEPARTAMENT D'ESTOMATOLOGIA



# SISTEMAS DE MAGNIFICACIÓN EN CIRUGÍA PERIAPICAL: ENDOSCOPIO RÍGIDO

TESIS DOCTORAL

Programa de Doctorado en Odontología

Real Decreto 99/2011

Presentada por:

**Pablo Glera Suárez**

Dirigida por:

**Prof. Dr. Miguel Peñarrocha Diago**

**Prof. Dr. David Peñarrocha Oltra**

Valencia , mayo de 2023





**UNIVERSITAT DE VALÈNCIA**  
**FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA**  
**DEPARTAMENT D'ESTOMATOLOGIA**

PROF. DR. D. MIGUEL PEÑARROCHA DIAGO, Catedrático del Departament d'Estomatologia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València,

PROF. DR. D. DAVID PEÑARROCHA OLTRA, Professor Titular del Departament d'Estomatologia de la Facultat de Medicina i Odontologia de la Universitat de València,

CERTIFICAN QUE, **D. PABLO GLERA SUÁREZ**, ha realizado bajo nuestra dirección el presente trabajo titulado: **“SISTEMAS DE MAGNIFICACIÓN EN CIRUGÍA PERIAPICAL: ENDOSCOPIO RÍGIDO”**, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al grado de Doctor de Odontología por la Universitat de València.

Fdo.: Prof. Dr. Miguel Peñarrocha

Fdo.: Prof. Dr. David Peñarrocha



## AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento de esta tesis doctoral, es al Prof. Dr. Miguel Peñarrocha Diago; no solo por enseñarme la cirugía bucal, si no por haberme transmitido el interés y la pasión por este campo, tanto en el ámbito clínico como en el de la investigación. Sin duda es un orgullo haber podido aprender de ti durante estos años. Gracias, Miguel, por toda la ayuda y atención que me has prestado.

En segundo lugar, al Prof. Dr. David Peñarrocha Oltra, por introducirme en el mundo de la investigación y haberme hecho mejorar dentro del mismo día tras día, y por todos los conocimientos que nos has transmitido durante estos años en la Unidad de Cirugía Bucal e Implantología de la Universitat de València. No me cabe duda de que esta tesis doctoral ha sido el primero de muchos proyectos que quedan por llegar.

A mis compañeros del Master de Cirugía Bucal e Implantología de la Universitat de Valencia: Toni, Juan Carlos, Álvaro, Ignacio, Darrey, Andrés, Javi y María. Gracias por haber sido mis compañeros estos años; además de haber conocido unos grandes compañeros de profesión, me llevo de Valencia unos grandes amigos.

Al resto del equipo de profesores de la Unidad de Cirugía Bucal e Implantología: María Peñarrocha, Javi, Hilario, Luis, Berta, Julio, Amparo, Guillermo, Pepe, Paula, y Marian, por enseñarnos la cirugía bucal. Por supuesto también al equipo asistencial de la Unidad de Cirugía Bucal: Charo, Maria José e Inma.

A los que han sido mis compañeros de carrera en la Universidad del País Vasco, y a su vez, compañeros en Valencia durante nuestros años de formación en la especialidad: Naia, Amaia, Marta y Jaime.

Para terminar, quisiera dar las gracias a mi familia, ya que si no fuera por ellos no hubiera tenido la oportunidad de haber redactado esta tesis doctoral. A mis padres, Jesús y Yolanda, por inculcarme desde pequeño el interés por formarme bien académicamente, y de la necesidad de esforzarme y sacrificarme para conseguir los objetivos en la vida. Por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme académicamente, y haber confiado en mí para ello. En particular a mi padre, por seguir apoyándome a día de hoy, aunque no sigas aquí con nosotros. Y por supuesto, a mi hermano Jorge, mi cuñada Virginia, mis sobrinos: Enzo y Darío, mi tía Begoña, mi primo Hugo, y mis abuelos Josefina, Antonia y Sabino.

Gracias a todos.

## ÍNDICE

Introducción .....	7
Revisión sistemática .....	15
Justificación, objetivos e hipótesis .....	27
Material y Método .....	33
Material .....	34
Método .....	38
Resultados .....	56
Discusión .....	78
Conclusiones .....	87
Bibliografía .....	89
Documentos anexos .....	97
Producción científica .....	111
Artículos publicados sobre el tema de la tesis .....	113

# INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Cirugía periapical

La cirugía periapical permite tratar la periodontitis apical crónica persistente en casos en los que no ha habido curación tras el retratamiento de conducto (1).

El objetivo de la cirugía periapical es conseguir la regeneración tisular del periápice; siendo necesario para ello extirpar toda la lesión periapical mediante el legrado y la resección del ápice radicular, y aislar los conductos radiculares con un adecuado sellado apical que impida la filtración y la presencia de irritantes, evitando la recidiva infecciosa (1,2).

Comúnmente este procedimiento ha recibido el nombre de apicectomía, sin embargo, este término solo hace referencia a una parte de la cirugía, la resección apical, que según la Asociación Americana de Endodoncistas (AAE) consiste en la extirpación quirúrgica de la porción apical de una raíz y los tejidos blandos adheridos; que se lleva a cabo antes de la preparación del ápice radicular para una obturación retrógrada o como un tratamiento definitivo (3). Por tanto, el correcto nombre de esta técnica quirúrgica será el de cirugía periapical o cirugía endodóntica.

Se han definido cuatro situaciones en las que la cirugía periapical está indicada (2):

- 1) Cuando el conducto radicular esté obstruido (y no pueda hacerse la reendodoncia) y existan signos radiográficos o síntomas clínicos.
- 2) Cuando exista una sobreextensión del material de obturación y existan signos radiográficos o síntomas clínicos.
- 3) Cuando haya un fracaso del tratamiento endodóntico y no sea apropiado realizar la reendodoncia (sintomatología aguda, riesgo de fractura radicular).
- 4) En los casos de perforaciones radiculares con signos radiográficos o síntomas clínicos, imposibles de tratar por vía ortógrada.

La tasa de éxito de la cirugía periapical ha ido aumentando a lo largo de los años: en 1996 Sumi y cols. (4) propusieron la cirugía periapical como uno de los procedimientos quirúrgicos menos entendidos y más inadecuadamente realizados de la cirugía bucal,

reportando una tasa de éxito de aproximadamente un 50%. La técnica convencional consistía en una ostectomía y apicectomía, con la preparación de una cavidad retrógrada mediante microturbinas y la obturación con amalgama de plata (5). A día de hoy, el material de elección y con mayor respaldo científico es el mineral trióxido agregado (MTA), que ha demostrado ser un material biocompatible, con una buena estabilidad dimensional a largo plazo y con una baja tasa de microfiltración (6-8). Conjuntamente a los avances en materiales de obturación, se han desarrollado nuevos métodos de hemostasia (9) y se han implementado sistemas de magnificación (1), situándose a día de hoy la tasa de éxito de la cirugía periapical en un rango del 78.5% al 91.6% a un año de seguimiento.

## **1.2 Criterios de curación de la cirugía periapical**

Los principales criterios de curación de la cirugía periapical, están basados en un análisis tanto clínico como radiográfico y/o tomográfico. von Arx y Kurt (10), en el año 1999, introdujeron unos criterios de curación utilizando la exploración clínica y la radiografía periapical, considerando: a) éxito, cuando la regeneración ósea es mayor del 90% y el dolor y la escala clínica es 0; b) mejoría, cuando la regeneración ósea está entre el 50-90% y el dolor y la escala clínica es 0, y c) fracaso, cuando la regeneración ósea es menor del 50% y el dolor o la escala clínica es 1 o mayor. Estos autores definen la escala clínica, valorando el dolor y la inflamación con valores numéricos de carácter ascendente.

En el año 2017, Schloss y cols. (11) publicaron los criterios modificados de PENN 3D, en los que basándose en la exploración clínica y en una TCHC al año de la intervención, establecieron 4 subgrupos:

### **1: Curación completa:**

- Reformación del espacio periodontal de ancho normal y lámina dura sobre toda la superficie radicular reseca y no reseca.
- Ligero aumento del ancho del espacio periodontal apical sobre la superficie radicular reseca, pero menos del doble del ancho de las partes no afectadas de la raíz.

- Pequeño defecto en la lámina dura que rodea el empaste del extremo radicular.
- Reparación ósea completa con lámina dura perceptible; el hueso que bordea el área apical no tiene la misma densidad que el hueso circundante no afectado.
- Reparación ósea completa. Tejido duro que cubre completamente la superficie del extremo radicular resecaado.
- No se puede discernir ningún espacio periodontal apical.

2. Curación limitada: Se puede observar una curación completa en las inmediaciones de la superficie de la raíz resecaada, pero el sitio muestra una de las siguientes condiciones:

- La continuidad de la placa cortical se ve interrumpida por una zona de menor densidad.
- Un área de baja densidad permanece ubicada asimétricamente alrededor del ápice o como una conexión angular con el espacio periodontal.
- Hueso no formado completamente en el área de la osteotomía de acceso anterior.
- En áreas con enfermedad periodontal preexistente o fenestraciones fisiológicas, las superficies radiculares no resecaadas no muestran cobertura ósea ni reinscripción periodontal.

3. Curación incierta: el volumen del área de baja densidad aparece disminuido y muestra una de las siguientes condiciones:

- El grosor es mayor que el doble del ancho del espacio periodontal.
- La ubicación es simétrica alrededor del ápice como una extensión en forma de embudo del espacio periodontal.

4. Curación insatisfactoria: El volumen del área de baja densidad aparece ampliado o sin cambios.

### **1.3 Sistemas de magnificación y microcirugía periapical**

Las diferencias entre la cirugía periapical tradicional y la microcirugía periapical incluyen los instrumentos para el acceso a la lesión (fresas de ostectomía más pequeñas, o material ultrasónico para la preparación de la cavidad retrógrada) (12-14) , tamaño mínimo de la ostectomía, ángulo de bisel, materiales de obturación más biocompatibles en comparación con la amalgama, y el uso del azul de metileno para identificar microfracturas y conductos adicionales junto con el uso sistemas de magnificación (15-18).

La cirugía periapical se realiza sobre la raíz dental, que comprende estructuras muy complejas y pequeñas como el conducto radicular, istmos de unión, o túbulos dentinarios, por lo que a día de hoy realizar dicha técnica sin magnificación no es recomendable (17). La clave del éxito quirúrgico recae en prevenir la reinfección dental mediante una precisa identificación y tratamiento de las vías de propagación bacteriana, como son los istmos y conductos no tratados (19), los gaps presentes entre el material de obturación y la pared dentinaria (20) y los cracks dentinarios (21).

El uso de sistemas de magnificación ha demostrado obtener mejores resultados en los tratamientos odontológicos (15), modificándose en los últimos años la técnica y evolucionando hacia la microcirugía, que ha aportado grandes mejoras tanto en el diagnóstico como en el tratamiento en sí y mejorando el pronóstico a largo plazo (12-14,17).

Los principales sistemas de magnificación e iluminación del campo operatorio son el microscopio y el endoscopio, que permiten mejorar la visión y tratar los casos con un mayor grado de seguridad y confianza (15,22). Adicionalmente, permiten diagnosticar un mayor número de fracturas, istmos y conductos radiculares no tratados, y posibilitan comprobar de forma precisa el estado de la cavidad y la calidad de la obturación retrógrada (15).

### **1.2.1 Microscopio**

Se trata de un sistema binocular de fibra óptica, que utiliza cinco tipos de aumentos, puede estar suspendido del techo, y su inclinación es ajustable. Gracias a sus lentes, es capaz de identificar la anatomía dental y periodontal, así como los límites de la lesión periapical y permite realizar una ostectomía mínima. El mayor inconveniente de este instrumento es su alto coste, a parte de la necesidad de estar entrenado en su uso, y prolongar el tiempo quirúrgico (23). El microscopio mejora la visibilidad durante el procedimiento gracias a la magnificación y la iluminación, pero no facilita el acceso al campo quirúrgico; si el acceso es limitado, el uso del microscopio no cambiará esa situación. También conviene resaltar que requiere de una fase previa de aprendizaje para su correcta utilización. Se suele emplear en las fases de orientación con una magnificación baja y en las fases del procedimiento quirúrgico, preparación de la cavidad de obturación retrógrada e inspección de los detalles más finos, con una magnificación más alta.

### **1.2.2 Endoscopio**

El endoscopio es una herramienta de gran utilizad en microcirugía periapical. Existen dos tipos de endoscopio: endoscopio flexible y endoscopio rígido. La capacidad de resolución de un endoscopio flexible está determinada por la cantidad de fibras contenido en el sistema de transmisión de imágenes. Sin embargo, la capacidad de resolución de un endoscopio rígido está limitada solo por la longitud de onda y, por lo tanto, es considerablemente más alta que la resolución de un endoscopio flexible (24).

El endoscopio rígido es un instrumento versátil, rápido y cómodo, cuenta con una regulación de enfoque y zoom sencilla y tiene fácil movilidad (25).

Además de permitir una correcta magnificación e iluminación del campo quirúrgico, introduce como ventaja fundamental la visión directa “circunferencial” de todo el territorio, que permite examinar la cara lingual/ palatina de la raíz o la pared vestibular de la cavidad preparada y valorar la calidad de la obturación a retro (14). Resulta interesante aplicar el azul de metileno en la zona apical que tiñe los restos de materia orgánica que no hayan sido retirados y los conductos radiculares que no hayan sido

instrumentados u obturados, facilitando la identificación de su morfología y la presencia de istmos (26). Esta tinción también permite detectar fracturas verticales y oblicuas, y verificar la calidad de la resección apical al teñirse de azul el ligamento periodontal circundante. En casos de gran complejidad, resulta útil para evaluar la adaptación de la obturación retrógrada y evitar microfiltraciones (26).

Respecto al grado de magnificación, se ha propuesto un aumento medio (8-14x) para la hemostasia, remoción del tejido de granulación, detección y localización de raíces, resección apical, preparación y obturación de la cavidad retrógrada. El uso de alta magnificación (14-26x) se emplea para la inspección de la superficie radicular, de la cavidad retrógrada, y de la obturación retrógrada, con el fin de detectar canales accesorios, istmos o microfracturas (17,27).

La microcirugía periapical realizada con endoscopio presenta una tasa de éxito similar a la conseguida con microscopio, sin embargo, la curva de aprendizaje del endoscopio es más rápida (13). Se ha reportado una elevada precisión del endoscopio en el diagnóstico de cracks dentinarios y fracturas radiculares a nivel de la resección apical en un estudio experimental que compara el endoscopio rígido con microscopía electrónica de barrido (28).

En un metaanálisis publicado por Setzer y cols (1), los autores compararon la utilización de la técnica tradicional de cirugía periapical frente a las técnicas de microcirugía que emplean los sistemas de magnificación como son el microscopio y/o el endoscopio. En su estudio incluyeron 21 trabajos; 7 estudios clínicos randomizados, 6 estudios prospectivos (3 de ellos con controles) y 8 estudios retrospectivos. Encontraron que la probabilidad de éxito en el grupo de la técnica de microcirugía fue 1,58 veces mayor frente al grupo de la técnica convencional, con unos porcentajes de éxito del 94% frente al 59% respectivamente. Estos mismos autores publicaron dos años más tarde otro metaanálisis (18) donde incluyeron 14 trabajos (6 estudios clínicos randomizados, 2 estudios prospectivos controlados y 6 estudios prospectivos de casos clínicos). Los autores compararon las técnicas contemporáneas de cirugía periapical sin magnificación o con el uso de lupas, frente a las técnicas que emplean la magnificación y/o iluminación. Se observó que la probabilidad de éxito al utilizar las técnicas de magnificación y/o iluminación es 1,07 veces frente a no utilizarlas, obteniendo un éxito

del 93,52% frente al 88,09% respectivamente. Por lo tanto, gracias a estos resultados, se puede concluir que es mejor utilizar el endoscopio y microscopio frente a no utilizarlo. Además, en los molares, su uso mejora el éxito de forma estadísticamente significativa frente a no usarlo, mientras que en dientes anteriores y premolares no se encontraron diferencias (15).

El primer estudio de la superficie del corte de la raíz del diente con magnificación en cirugía periapical, se realizó en el año 2003 por Slaton et al. (21) ,estudiaron "in vitro" 50 dientes maxilares, a los que provocaron "cracks" dentinarios para posteriormente analizarlos con microscopio, endoscopio y lupas de aumento. Estos autores respaldaron al endoscopio como el mejor sistema de magnificación ( $P = 0,0007$ ) para detectar estos "cracks" dentinarios, respecto al microscopio y a las lupas de aumento. La precisión de la identificación correcta fue del 39% para visión sin ayuda / corregida, 45% para lupas, 53% para el microscopio y 58% para el endoscopio.

Otro estudio experimental que comparó la microscopía electrónica de barrido (x16 y x24) con el endoscopio (x8 y x64) para la detección de cracks dentinarios tras la resección apical, reportó la sensibilidad más alta (78.9%) para el endoscopio (29).

No obstante, hay que resaltar ciertas desventajas que presenta el endoscopio, como la reiterada necesidad de limpiar la lente debido al empañamiento por la respiración del paciente o al ensuciamiento con sangre o tejidos (30).

# REVISIÓN SISTEMÁTICA



## **2. REVISIÓN SISTEMÁTICA**

La revisión sistemática se realizó en base a las pautas de: ``Transparent Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analyses - PRISMA Statement `` (31) y directrices AMSTAR-2 (32) (Anexo I).

### *Pregunta PICO*

La pregunta de investigación se estableció de acuerdo con una adaptación de la pregunta estructurada PICO, en este caso aplicando un formato de PEO (population, exposition, outcome) y considerando la importancia de incluir ensayos clínicos prospectivos. Este enfoque es adecuado para realizar una revisión sistemática cualitativa en las intervenciones de salud.

El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

*"¿El uso del endoscopio influye en la tasa de éxito de la cirugía periapical?"*

P (population): pacientes que requirieron cirugía periapical.

E (exposition): cirugía apical con endoscopio como dispositivo de magnificación e iluminación.

O (outcome): los resultados se midieron según la tasa de éxito de la cirugía con al menos un año de seguimiento.

### **2.1 Estrategia de búsqueda**

Se realizaron búsquedas en cinco bases de datos electrónicas: MEDLINE (a través de PubMed), Embase, Web of Science, Scopus y la Biblioteca Cochrane de la Colaboración Cochrane (CENTRAL). No hubo restricciones de idioma, y la búsqueda abarcó el período hasta marzo de 2019. La estrategia de búsqueda incluyó una combinación de los términos controlados (MeSH y Emtree), y las palabras clave se usaron siempre que fue posible para asegurar los mejores resultados de búsqueda. Además, se realizó una búsqueda manual de los temas principales relacionados con la pregunta principal, y se consultaron las listas de referencias de los artículos finalmente incluidos para encontrar otros estudios potencialmente elegibles según Greenhalgh y Peacock (33).

Además, se utilizó el recurso de fuente Really Simple Syndication (RSS) de PubMed para detectar posibles títulos elegibles que se ajustan a la estrategia de búsqueda.

Se utilizó la siguiente estrategia para la búsqueda en Medline via Pubmed: ("Apicoectomy"[Mesh] OR periapical surgery OR apicoectomy OR apicectomy OR periradicular surgery OR root-end surgery OR root-end filling OR endodontic surgery OR surgical endodontic treatment OR endodontic microsurgery OR retro-grade filling OR retro-grade surgery OR apical microsurgery) AND ("Endoscopes"[Mesh] OR endoscope OR endoscopy OR endoscopic OR dental endoscope) AND (outcome OR treatment outcome OR healing OR success OR success ratio OR complications).

## **2.2 Criterios de inclusión y exclusión**

Los fueron incluidos en la revisión sistemática siempre que cumplieran con los siguientes criterios: ensayo clínico aleatorizado (ECA), estudio no aleatorio (NRS) en humanos, evaluando el impacto del endoscopio para la ampliación y la iluminación sobre el éxito de la cirugía endodóntica, con un período mínimo de seguimiento de 12 meses y proporcionando información relacionada con el éxito del procedimiento quirúrgico. Los informes de casos, revisiones de literatura, opiniones de expertos, estudios in vitro o no clínicos fueron excluidos de la revisión sistemática.

## **2.3 Screening y selección de trabajos**

Dos revisores independientes (PGS, APS) realizaron búsquedas bibliográficas y manuales, los mismos revisores extrajeron los datos de las publicaciones (PGS, APS). Se excluyeron los estudios que no cumplieran con los criterios de inclusión. En caso de desacuerdo, se llegó a un consenso mediante la discusión con un tercer revisor (MPD).

## **2.4 Riesgo de sesgo en estudios individuales**

Dos revisores independientes (PGS, APS) evaluaron todos los artículos incluidos. La calidad metodológica de los estudios se evaluó mediante la herramienta de

Colaboración Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo para los ensayos clínicos aleatorizados, mientras que la herramienta ROBINS-I (Risk of Bias In Non-randomized Studies of Interventions) se utilizó para estudios no aleatorizados (34). Para cada aspecto de la evaluación de calidad, el riesgo de sesgo se basó en las recomendaciones del Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas de Intervenciones 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). Los criterios para cada entrada fueron: "sí" (= bajo riesgo de sesgo), "no" (= alto riesgo de sesgo) o "incierto" (debido a la falta de información o incertidumbre sobre el potencial de sesgo). Se consideró que un estudio tenía un riesgo "bajo" de sesgo en presencia de una secuencia adecuada de generación, ocultamiento de la asignación y cegamiento (pacientes y personal). Si no se cumplían uno o más criterios, se consideraba que el estudio tenía un riesgo de sesgo "alto". Los desacuerdos entre los revisores se resolvieron mediante discusión con un tercer asesor (DSP). El nivel de acuerdo de los revisores fue evaluado mediante el índice Kappa, e interpretado utilizando la escala de Landis y Koch (35).

## **2.5 Resumen de medidas y síntesis de resultados**

Los datos se introdujeron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.). Se recopiló la siguiente información, buscando la máxima comparabilidad entre los estudios: autores y año, tamaño de la muestra, enfoque de aumento, seguimiento en meses, instrumentos de preparación y de obturación de la cavidad retrógrada, tasa de éxito y diseño del estudio.

Definición de criterios de éxito: Los estudios incluidos evaluaron la curación de acuerdo con los criterios de Molven et al. (36,37): Curación completa, curación incompleta, curación incierta o resultado insatisfactorio. Los signos y síntomas también se registraron y clasificaron como éxito clínico, clínicamente cuestionable y fracaso clínico.

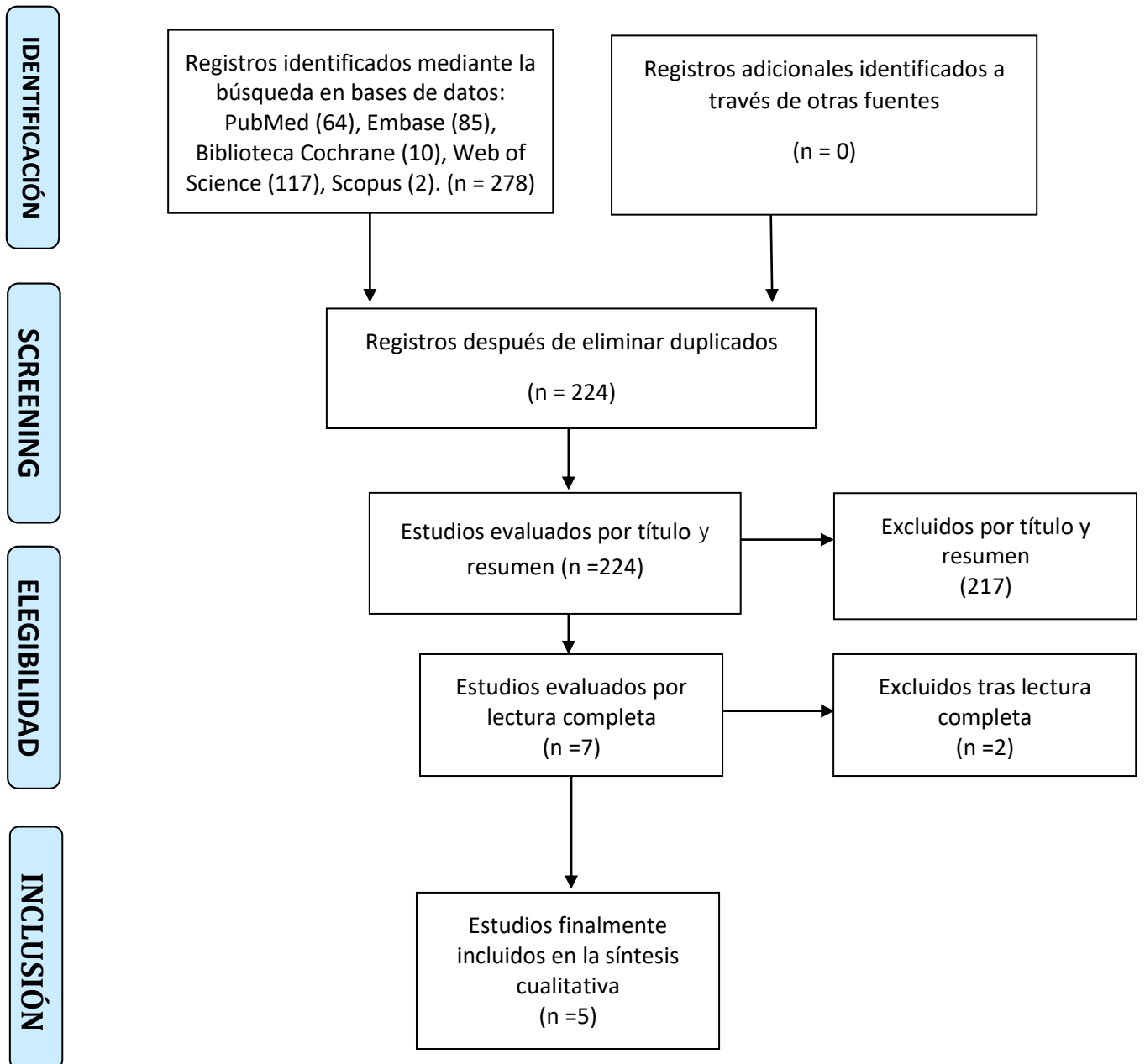
## 2.6. Resultados

### *Selección de los estudios*

Se encontraron un total de 278 artículos en la búsqueda inicial. Después de la eliminación de los duplicados, se seleccionaron 224 documentos por título y resumen y se identificaron 7 como potencialmente elegibles para su inclusión. Tras la lectura a texto completo de estos 7 estudios, se excluyeron 2 (22,38) (Tabla 1) y finalmente se incluyeron los 5 estudios restantes, que sí cumplían con los criterios de inclusión. (Fig. 1).

<b>Autor/Año</b>	<b>Razones</b>
von Arx et al. (38) 2017	<i>El estudio no evalúa el éxito de la cirugía periapical</i>
Taschieri et al. (22) 2006	<i>El estudio no evalúa el éxito de la cirugía periapical</i>

**Tabla 1.** Razones de exclusión de estudios de esta revisión sistemática.



**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA del proceso de búsqueda y selección de estudios durante la revisión sistemática.

### *Características de los estudios.*

Finalmente, se incluyeron dos ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) y 3 series de casos prospectivos (12-14,25,39). No se encontraron estudios clínicos retrospectivos en este campo. El material de obturación retrógrada incluía cemento de óxido de zinc-eugenol reforzado (SuperEBA). En el ECA publicado por Taschieri et al. (12) compararon el endoscopio con un grupo de control en el que se usaron lupas quirúrgicas. Sin embargo, en el ECA de Taschieri et al. (13) utilizaron microscopía óptica para cirugía endodóntica en el grupo control, y el ensayo prospectivo publicado por von Arx et al. no utilizó ningún dispositivo de aumento en el grupo de control (39). En el estudio realizado por von Arx y cols. la tasa de éxito en el grupo del endoscopio fue del 88,9% frente a solo el 75,4% en el grupo de control (sin dispositivo de aumento). Sin embargo, las diferencias entre los grupos no alcanzaron significación estadística (39).

En el ECA publicado por Taschieri et al. (12) compararon la cirugía endodóntica con un endoscopio versus un grupo de control en el que se usaron lupas. Aunque las diferencias entre los grupos no lograron alcanzar significación estadística, la tasa de éxito fue mayor en el grupo de endoscopia (94,9%) que en el grupo de control (90,6%). Los autores informaron que el tiempo quirúrgico fue superior con el endoscopio que con las lupas.

En otro ECA, Taschieri et al. (13) compararon el endoscopio versus un grupo de control en el que se utilizó un microscopio para aumento e iluminación. Tanto el endoscopio como el microscopio consiguieron elevadas tasas de éxito (90% y 92%, respectivamente) [6]. Las características de los cinco estudios incluidos en la revisión sistemática se describen en la Tabla 2.

Autor	N (H/M)	Edad, media ± SD (H/M)	Magnificación	Seguimiento (meses)	Preparación retrógrada	Material de obturación	CURACIÓN			DISEÑO DE ESTUDIO
							ÉXITO	FRACASOS	TASA DE ÉXITO (%)	
von Arx y cols. 2003 (39)	-	-	Endoscopio: 54	12	Ultrasonica	Super EBA	48	6	88.9	NRS
			Control: 61 (sin magnificación)	12	Ultrasonica	Super EBA	46	15	75.4	
Taschieri y cols. 2007 (25)	H: 9 M: 12	MH +- 49 M: +-37	Endoscopio: 28	12	Ultrasonica	Super EBA	26	2	92.9	NRS
			Control: -	-	-	-	-	-	-	
Taschieri y cols. 2006 (12)	H: 25 M: 34	H: +-41 M: +-38	Endoscopio: 39	12	Ultrasonica	Super EBA	37	2	94.9	ECA
			Control: 32 (vista simple)	12	Ultrasonica	Super EBA	29	3	90.6	
Taschieri y cols. 2008 (13)	H: 32 M: 38	H: +-37 M: +-43	Endoscopio: 41	24	Ultrasonica	Super EBA	37	4	90	ECA
			Control: 59 (microscopio)	24	Ultrasonica	Super EBA	54	5	92	
Taschieri y cols. 2009 (14)	H: 14 M: 20	H: +-37 M: +-43	Endoscopio: 43	24	Ultrasonica	Super EBA	39	4	90.7	NRS
			Control: -	-	-	-	-	-	-	

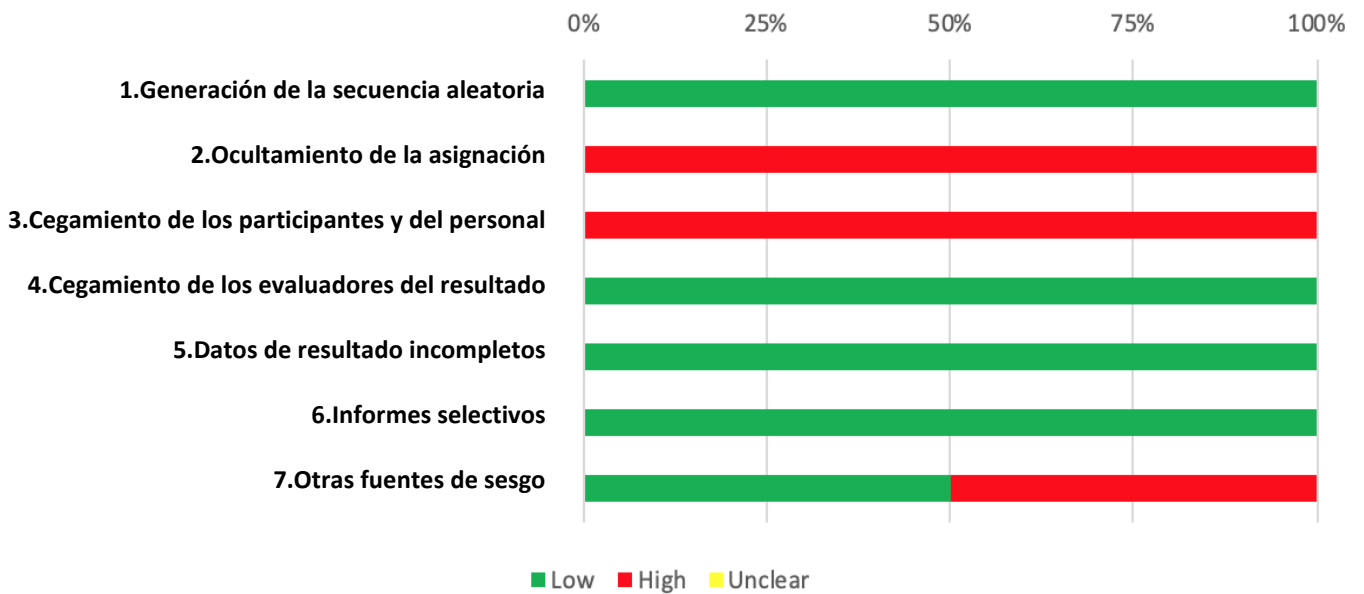
H, hombres; M, mujer; SD, desviación estándar; %, porcentaje; NRS, ensayo clínico no aleatorizado; ECA, ensayo clínico aleatorizado

**Tabla 2:** Resumen descriptivo de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

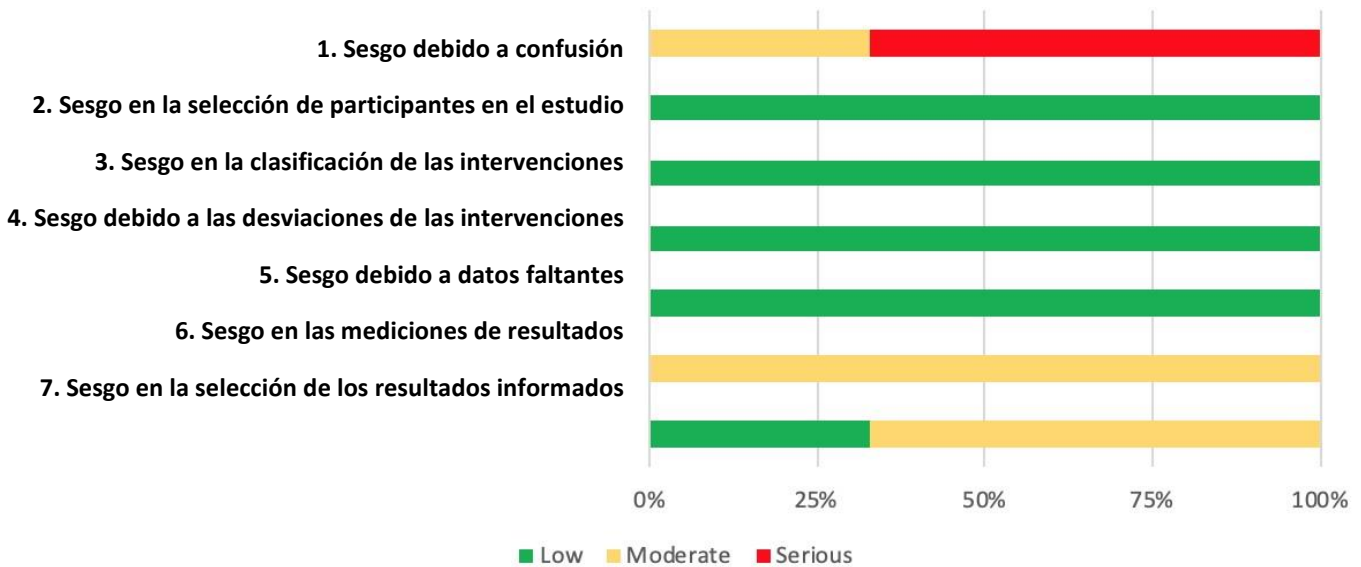
*Riesgo de sesgo de los estudios*

El ocultamiento de la asignación no se describió claramente en los ECA. El segundo elemento menos informado fue el cegamiento de los pacientes (Fig. 2). La calidad metodológica de los tres estudios no aleatorizados se evaluó mediante la herramienta ROBINS-I (34), y se encontró que los tres tenían un riesgo moderado de sesgo. El acuerdo entre revisores fue casi perfecto ( $k = 0,87$ ).

**A) Riesgo de sesgo de los estudios incluidos mediante la herramienta Cochrane**



**B) Riesgo de sesgo de los estudios incluidos mediante la herramienta ROBINS-I**



**Figura 2.** Análisis del riesgo de sesgo de los estudios.



## 2.7 Discusión

El objetivo principal de esta revisión sistemática fue evaluar la tasa de éxito de la cirugía endodóntica realizada con la ayuda de un endoscopio rígido como sistema de magnificación e iluminación, durante un período de seguimiento de al menos un año.

Se incluyeron dos ECA con alto riesgo de sesgo relacionados con el ocultamiento de la asignación y el cegamiento de los participantes y tres NRS con alto riesgo de sesgo de confusión, ya que el análisis estadístico en estos estudios no pudo controlar los factores de confusión relevantes (por ejemplo, edad y sexo del paciente). El uso de un endoscopio se asoció con una alta tasa de éxito en cirugía endodóntica (88,9-94,9%).

En la literatura endodóntica, los estudios *in vitro* mostraron que los dispositivos de aumento, como el microscopio o el endoscopio, permiten la identificación de microestructuras no visibles a simple vista (21,28,29). En un estudio experimental, von Arx et al. (28), informaron que el endoscopio identificó con precisión las microestructuras después de la resección del extremo de la raíz y la preparación del extremo de la raíz, defendiendo el endoscopio como una herramienta útil para el diagnóstico intraoperatorio en cirugía endodóntica. El mismo autor, demostró en un estudio clínico sobre cirugía endodóntica con examen endoscópico intraoperatorio de primeros molares, una alta frecuencia de istmos del canal a nivel de la resección apical. La inspección endoscópica también demostró que ninguno de los istmos estaba lleno, lo que enfatiza la dificultad de la instrumentación correcta de los conductos por vía ortógrada y el sellado de los istmos del canal (40). Este último aspecto es de suma importancia, debido al campo de visión limitado y al difícil manejo del microscopio endodóntico en zonas posteriores.

Setzer y cols. publicaron un metaanálisis en 2010 comparando la microcirugía endodóntica con el uso de dispositivos de magnificación (microscopio o endoscopio) y la técnica sin aumento o usando solo lupas. Aunque el estudio no diferenciaba entre microscopio o endoscopio, informaron que la probabilidad de éxito con dispositivos de magnificación e iluminación resultó ser significativamente mayor (1). Aunque los estudios que emplearon el endoscopio para cirugía endodóntica reportaron altas tasas de éxito, se necesitan ensayos controlados aleatorizados adicionales para confirmar estos hallazgos.

Es importante establecer un grupo de control para comparar los diferentes estudios usando el mismo procedimiento para evitar posibles sesgos en los resultados quirúrgicos.

Como ventaja, la percepción de la profundidad de campo del operador que usa un endoscopio es bastante similar a la vista simple, lo que facilita el uso del dispositivo (14,25). Sin embargo, la profundidad de campo del microscopio es fija y no puede ajustarse al objetivo desde diferentes ángulos, y en la mayoría de los casos se debe usar un espejo para visión indirecta, mientras que el endoscopio permite un ajuste fácil, con observación desde diferentes ángulos, y proporciona imágenes directas (14). von Arx et al. (2003) describieron mejores resultados quirúrgicos (aunque sin alcanzar significación estadística) con el endoscopio que cuando se utilizaron microespejos sin dispositivos de aumento (39). El endoscopio también nos permite ver detrás de las raíces en un entorno con buena iluminación, el ajuste de enfoque y zoom se puede hacer con una sola mano y es rápido y conveniente (14). En el caso del microscopio, cualquier movimiento de este último o del paciente hará que el campo quirúrgico se desplace del centro cuando se aumente la ampliación (13).

#### ***Fortaleza y limitaciones de la presente revisión.***

La principal fortaleza de esta revisión sistemática es la búsqueda en cinco bases de datos diferentes. Una limitación es la relativa falta de estudios que comparen la microcirugía endodóntica asistida por endoscopio versus sin aumento o con otros dispositivos de aumento. Con respecto a las limitaciones metodológicas, se observaron deficiencias relacionadas con el sesgo de confusión y el cegamiento de la evaluación de resultados en el diseño de NRS. En el caso de los ECA, el ocultamiento de la asignación y el cegamiento de los participantes y el personal mostraron un alto riesgo de sesgo. Sin embargo, existe evidencia de que los estudios quirúrgicos son difíciles de cegar.

#### ***Recomendaciones para futuras investigaciones.***

Se pueden hacer una serie de recomendaciones basadas en los resultados de esta revisión sistemática. Una futura recomendación es la realización de estudios que analicen la

imagen de magnificación que se obtiene con el endoscopio, con el objetivo de analizar los diferentes microhallazgos que se diagnostican como istmos, conductos no tratados, o cracks dentinarios. La dentina periférica alrededor de la obturación retrógrada puede ser otro objeto de futura investigación. Otra posible vía pueden ser futuros estudios que comparen la cirugía endodóntica asistida por endoscopio versus los grupos en los que se usan otros dispositivos de aumento, como microscopios y lupas, con el objetivo de evaluar las variaciones entre las diferentes estrategias de aumento e iluminación. Además, se requiere un tamaño de muestra suficientemente grande, con períodos de seguimiento lo suficientemente largos como para permitir sacar conclusiones claras. También sería interesante diseñar estudios controlados que involucren cirugía endodóntica en los que el microscopio se compare con un grupo donde se usan conjuntamente el microscopio y el endoscopio, así como la cirugía endodóntica en la que las lupas quirúrgicas se comparan con un grupo donde se utilizan conjuntamente lupas quirúrgicas y el endoscopio.

## **2.8 Conclusión**

En conclusión, el uso del endoscopio se asocia con altas tasas de éxito en cirugía periapical (88,9-94,9%). Este instrumento ofrece una serie de ventajas sobre otros dispositivos de magnificación, incluida una curva de aprendizaje más rápida, un manejo fácil y la capacidad de visualizar lesiones desde diferentes ángulos con una iluminación adecuada.

# JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### **3. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Justificación**

Durante los años 80, la cirugía periapical era un procedimiento con una tasa de éxito baja (alrededor del 50%). En aquella época la ostectomía y la preparación de la cavidad retrógrada se efectuaba con microcabezales, que obligaban a realizar una amplia ostectomía para poder introducir después el microcabezal y conformar la cavidad retrógrada.

Ya en los años 90, se introdujeron los ultrasonidos (10,41) que permitieron una mayor precisión a la hora de preparar la cavidad retrógrada y un acceso más simple evitando ostectomías tan amplias, elevándose la tasa de éxito hasta un 80%.

A partir del año 2000, se entró en un nuevo escenario tecnológico en el que se implementaron sistemas de iluminación y magnificación del campo quirúrgico, dando paso a la denominada microcirugía periapical. Los principales instrumentos utilizados para conseguir esta magnificación son el endoscopio y el microscopio dental, que han conseguido reducir el tamaño de la ostectomía y conformar con mayor facilidad, de manera más segura y con mayor precisión las cavidades retrógradas.

La cantidad de estudios publicados en la literatura sobre el uso del endoscopio en cirugía periapical es escasa. von Arx y cols. (39) compararon el endoscopio con la cirugía periapical tradicional sin dispositivo de aumento, reportando una tasa de éxito del 88,9% para el grupo del endoscopio y del 75,4% para el grupo sin dispositivo de aumento. Taschieri y cols. en un primer ensayo clínico aleatorizado compararon el endoscopio con el uso de lupas de aumento, consiguiendo una tasa de éxito del 94,9% con el endoscopio y del 90,6% con las lupas (12). En otro ensayo clínico aleatorizado, compararon el endoscopio con el microscopio, reportando tasa de éxito del 90% y 92% respectivamente (22).

Estos datos hacen evidente que la introducción del endoscopio como sistema de magnificación en cirugía periapical ha elevado el éxito de esta técnica quirúrgica a alrededor del 90%. Sin embargo, apenas existen estudios publicados sobre qué aspectos nos permite observar y diagnosticar el endoscopio durante la cirugía.

El primer momento de utilización del endoscopio durante la cirugía periapical es tras la apicectomía, para realizar una inspección precisa sobre el corte de la raíz del diente. Solo dos estudios clínicos, de von Arx y cols (20,38), reportan información sobre los distintos hallazgos detectables en ese momento: conductos radiculares, cracks dentinarios, craze lines, cambios en la tonalidad de la dentina, y gaps entre el material de obturación y las paredes del conducto. Sin embargo, no se ha encontrado ningún estudio clínico que estudie la relación de estos hallazgos endoscópicos con la curación de la cirugía periapical.

Otro aspecto muy poco abordado en la literatura ha sido el espesor de pared dentinaria mínimo que debe respetarse alrededor de la obturación retrógrada, para evitar posibles fracturas de estas paredes y la microfiltración bacteriana mediante los túbulos dentinarios. Se ha descrito que debe mantenerse un espesor mínimo de 1 - 2mm de pared dentinaria (42,43). Solo existe un estudio clínico (44) que analice *in vivo* el espesor dentinario alrededor de la obturación retrógrada, realizando para ello 4 mediciones sobre las paredes dentinarias y obteniendo un valor medio, a través de una TCHC. Sin embargo, este estudio no analiza la posible influencia de la zona de la pared dentinaria con menor espesor sobre la curación de la cirugía periapical.

Por todo lo anteriormente mencionado, y con el propósito de mejorar la evidencia científica al respecto, se creyó conveniente diseñar y realizar el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar los distintos hallazgos endoscópicos que pueden influir en la curación de la cirugía periapical, así como analizar la posible influencia del espesor de la pared dentinaria periférica sobre la curación.

## **3.2 Objetivos**

### **Objetivos principales**

1. Cuantificar los diferentes hallazgos endoscópicos detectados sobre la superficie radicular tras la apicectomía, y analizar si influyen en la curación de la lesión a los 12 meses.
2. Evaluar el diámetro de la superficie radicular y el espesor de las paredes dentinarias periféricas a la obturación retrógrada, y analizar si influyen en la curación de la lesión a los 12 meses.

### **Objetivos secundarios**

1. Analizar la relación entre los hallazgos endoscópicos y la edad del paciente, tipo de diente, y tipo de restauración corona (con o sin perno o poste).
2. Estudiar si la edad y el sexo del paciente influyeron en la curación de la lesión a los 12 meses.
3. Examinar si el tipo y posición del diente influyeron en la curación de la lesión a los 12 meses.

### **3.3 Hipótesis**

Se plantearon las siguientes hipótesis:

#### **Hipótesis respecto a los hallazgos endoscópicos**

1. En relación a la influencia de los hallazgos endoscópicos sobre la curación.
  - a. Hipótesis nula: los hallazgos endoscópicos no influyen sobre la curación de la lesión.
  - b. Hipótesis de trabajo: los hallazgos endoscópicos influyen sobre la curación de la lesión.
2. En relación a la frecuencia de los hallazgos endoscópicos y la edad del paciente, tipo de diente, y tipo de restauración corona (con o sin perno o poste).
  - a. Hipótesis nula: no existe relación entre la frecuencia de los hallazgos endoscópicos y la edad del paciente, tipo de diente, y tipo de restauración corona (con o sin perno o poste).
  - b. Hipótesis de trabajo: la frecuencia de los hallazgos endoscópicos se ve influenciada por la edad del paciente, tipo de diente, y tipo de restauración corona (con o sin perno o poste).

#### **Hipótesis respecto al diámetro de la superficie radicular y el espesor de las paredes dentinarias**

1. En relación al diámetro de la superficie radicular.
  - a. Hipótesis nula: el diámetro de la superficie radicular no influye sobre la curación de la lesión.
  - b. Hipótesis de trabajo: el diámetro de la superficie radicular influye sobre la curación de la lesión.
2. En relación al espesor de las paredes dentinarias.
  - a. Hipótesis nula: el espesor de la pared dentinaria periférica a la obturación retrógrada no influye sobre la curación de la lesión.
  - b. Hipótesis de trabajo: el espesor de la pared dentinaria periférica a la obturación retrógrada influye sobre la curación de la lesión.



**Hipótesis respecto a la edad, sexo, posición del diente, y tipo de diente:**

- a. Hipótesis nula: la edad del paciente, sexo, posición del diente (maxilar o mandibular) y tipo de diente no influyen sobre la curación de la lesión.
- b. Hipótesis de trabajo: la edad del paciente, sexo, posición del diente (maxilar o mandibular) y tipo de diente influyen sobre la curación de la lesión.

# MATERIAL Y MÉTODO

## **4. MATERIAL**

### **4.1 DISEÑO DEL ESTUDIO**

Se realizó un estudio retrospectivo sobre pacientes intervenidos mediante cirugía periapical en el Máster de Cirugía Bucal e Implantología (Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia, Valencia, España) entre septiembre de 2011 y diciembre de 2019. Se realizó de acuerdo a la declaración de ``Fortalecimiento del Informe de Estudios Observacionales en Epidemiología`` (STROBE) (Anexo II).

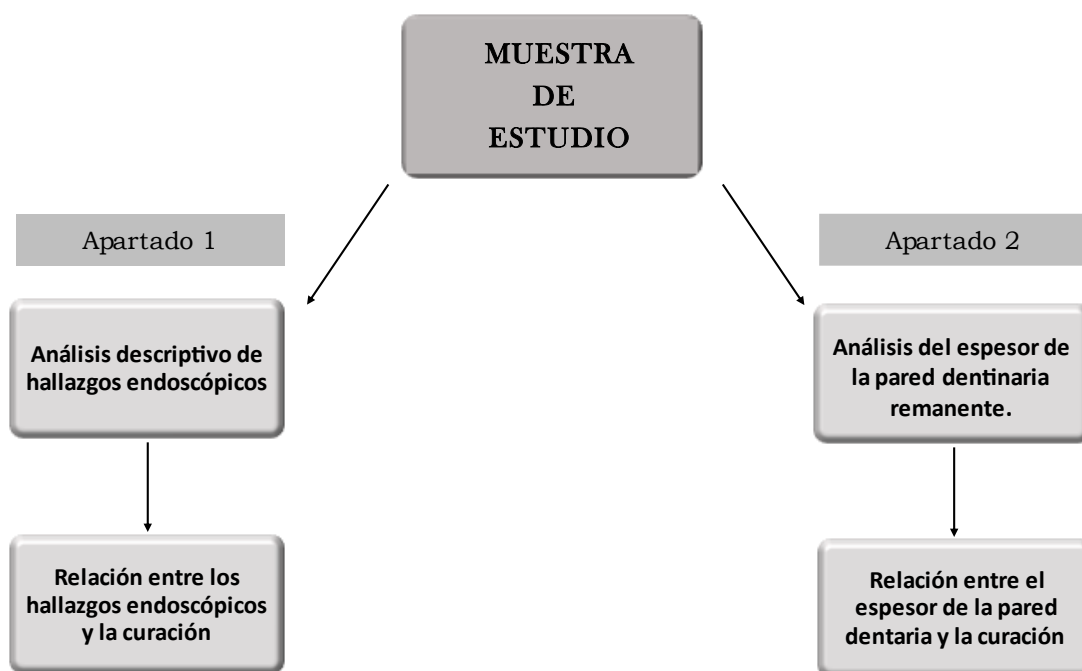
El presente trabajo de investigación se dividió en dos apartados.

#### **Apartado 1: Hallazgos endoscópicos en cirugía periapical, y relación de los mismos con la tasa de curación.**

En este apartado se cuantificaron los hallazgos endoscópicos detectados durante la inspección de la raíz dentaria acto seguido de realizarse la resección apical, y se estudió su posible influencia en la tasa de curación al año de la cirugía periapical.

#### **Apartado 2: Influencia del diámetro de la raíz y del espesor de las paredes dentinarias en la curación de la cirugía periapical.**

En este apartado se analizó la influencia tanto del diámetro radicular como del espesor remanente de la pared dentinaria tras la realización de la cavidad retrógrada, sobre la tasa de curación al año de la cirugía periapical.



**Figura 3:** Esquema representativo del diseño del estudio.

#### 4.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se fijaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Pacientes sanos sin enfermedades sistémicas y/o limitaciones funcionales, y con una situación periodontal estable.
- Dientes apicectomizados utilizándose puntas ultrasónicas para la realización de la cavidad retrógrada.
- Obturación retrógrada realizada con mineral trióxido agregado (MTA).
- Utilización de un endoscopio rígido como sistema de iluminación y magnificación del campo quirúrgico.
- Disponer de una radiografía periapical y/o una TCHC, previa a la intervención, y de un año tras la intervención, para la evaluación de la curación.

Criterios de exclusión:

- Imágenes endoscópicas de mala calidad o con la presencia de artefactos que no permitieran realizar un correcto análisis de las mismas.

- Imágenes radiográficas de control con distorsiones o artefactos que impidieran valorar la curación correctamente.
- Lesiones de gran tamaño que requirieron regeneración ósea guiada.
- Defectos apicomarginales con pérdida de toda la cortical vestibular.
- Lesiones en túnel con pérdida tanto de la cortical vestibular como la palatina o lingual.

### 4.3 CONSENTIMIENTO

Los presentes estudios se realizaron siguiendo los principios de la Declaración de Helsinki (1975 revisada en 2013) sobre investigación biomédica en seres humanos y fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universitat de València (Protocolo con referencia: 1126870). (Anexo III).

Los pacientes fueron informados de forma detallada y firmaron un consentimiento informado donde se explicaba que sus datos iban a ser empleados para un estudio de investigación. Cada paciente pudo hacer las preguntas que considerara oportunas sobre la investigación y firmó el consentimiento informado (Anexo IV) para ser incluido en el estudio.

### 4.4 MATERIALES

- **Instrumental para la preparación del campo quirúrgico, el paciente y el operador:** Set quirúrgico de aislamiento de campo y aspirador quirúrgico, guantes estériles, gorros, gafas de protección y mascarilla.
- **Instrumental de exploración clínica:** espejos intraorales, sonda de exploración y sonda periodontal.
- **Instrumental para la anestesia loco-regional:** Jeringa de anestesia autoaspirable estéril, aguja desechable de anestesia, carpules de anestesia con articaína al 4% y epinefrina 1:100000 Ultracaín® (Normon, Madrid, España).

- **Instrumental para la disección de los tejidos blandos:** Mango de bisturí Bard-Parker nº3, hojas de bisturí del nº15c, periostotomo de Molt, periostotomo de Freer, periostotomo de Prichard y separadores de Minnesota.

- **Instrumental para la ostectomía y legrado del tejido de granulación:** fresa de carburo de tungsteno de 0.27 mm (Jota, Suiza) montada en una pieza de mano irrigada con suero fisiológico estéril, ultrasonidos (Piezon® Master 400 y 700 EMS, Electro Medical Systems S.A, Suiza), curetas (Double Gracey Mini Anterior/Posterior; American Eagle Instruments, Inc., Missoula, EEUU).

- **Aparotología de magnificación e iluminación del campo quirúrgico:** microscopio (Möller® Dental 300 (Möller-Wedel GmbH & Co. KG, Wedel, Alemania) y endoscopio rígido con lente de 2.7mm de diámetro y 30° de angulación (HOPKINS® optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope®, Tuttlingen, Alemania).

- **Instrumental de sutura:** Castroviejo Needle Holder 18cm (Hu-Friedy Co. Ltd., Chicago, IL, EE.UU.), sutura poliamida 6/0 (Seralon®, Serag-Wiessner GmbH & Co, Naila, Alemania).

- **Material iconográfico:** Cámara digital (Canon EOS 70D, Canon Macro Ring Lite MR-14EX, Canon EF 100mm f/2.8 Macro USM; Tokio, Japón).

- **Exploración radiológica y visualización de las imágenes médicas:** Radiografía periapical (VistaScan, Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Alemania) con posicionador de anillos para estandarización de proyecciones XPC de Rinn® (Dentsply®, Illinois, EEUU), CBCT (Planmeca Promax 3D); Planmeca Romexis software versión 5.2.1.R, monitor 21.5" con resolución 4096x2304 (iMac, Apple, Cupertino, CA, EEUU), visualización de imágenes endoscópicas (TELE PACK™ PAL Control Unit 200430-20, Karl Storz-Endoskope®, y TELECAM® PAL color system, Karl Storz-Endoskope®).

- **Material informático:** SPSS software (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.), Cliniview® version 5.2.1 R (Instrumentarium ImagingR, Tuusula, Finlandia).

## **5. MÉTODO**

### **5.1 Selección de la muestra**

Se accedió a la base de datos de la Unidad de Cirugía Bucal de la Universitat de València, de la que se extrajo una muestra de pacientes tratados mediante cirugía periapical entre septiembre de 2011 y diciembre de 2019. Todas las cirugías fueron realizadas por el mismo cirujano (MPD) utilizando un endoscopio rígido (HOPKINS® optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope®, Tuttlingen, Alemania) como sistema de magnificación e iluminación del campo quirúrgico.

A los pacientes se les entregó un consentimiento informado sobre la utilización de sus datos clínicos para la investigación, y rellenar un protocolo en el que se relacionaron de forma ordenada y detallada los antecedentes personales de interés del paciente, sus datos clínicos y pruebas complementarias radiográficas.

### **5.2 Procedimiento quirúrgico**

Se emplearon técnicas de anestesia loco-regional con articaína 4% y epinefrina 1:100.000 para conseguir la ausencia de dolor durante el procedimiento quirúrgico. Posteriormente, se realizaron técnicas infiltrativas supra y subperiósticas para minimizar el sangrado intraoperatorio y mejorar la visibilidad del campo quirúrgico.

Se realizó una incisión submarginal y un despegamiento mucoperióstico del colgajo, para permitir el acceso al ápice y el hueso afectado, sin comprometer el aporte vascular del tejido blando (figura 5).

Para la realización de la ostectomía, se utilizó una fresa redonda de carburo de tungsteno de 0.27 mm montada en pieza de mano y con abundante irrigación con suero fisiológico estéril. El tamaño de la ostectomía depende de las dimensiones de la lesión, el tamaño del instrumental y la proximidad a estructuras anatómicas como el seno maxilar, el canal mandibular o el nervio mentoniano.

Tras el legrado de la lesión (Figura 6), se realizó la resección apical de las raíces afectadas a aproximadamente 3mm del ápice, en dirección perpendicular al eje del diente intentado crear el menor bisel posible que permita el control visual durante la cirugía.

Para la apicectomía se utilizó una fresa redonda de carburo de tungsteno de pieza de mano. Se tomaron muestras de las lesiones periapicales que fueron fijadas inmediatamente en una solución de formaldehído al 10% para su análisis histológico.

Seguidamente, se inspeccionó la raíz con un endoscopio rígido para comprobar que no existían restos de la lesión, descartar fracturas radiculares, y detectar posibles microhallazgos sobre la superficie de corte de la raíz (Figuras 7 y 8).

La hemostasia se realizó aplicando cloruro de aluminio (Expasyl, Kerr Dental, Barcelona, España) sobre las paredes óseas durante dos minutos con una espátula, o con tiras de politetrafluoretileno expandido esterilizadas.

Se preparó la cavidad retrógrada utilizando puntas de ultrasonidos diamantadas a 3mm de profundidad y siguiendo la dirección del conducto radicular (Figura 9). La conformación de la cavidad retrógrada tiene como objetivo eliminar el material de relleno, el tejido necrótico y los irritantes para crear una cavidad en la dentina radicular que pueda ser obturada posteriormente.

Se inspeccionó con el endoscopio su la correcta conformación de la cavidad, que debe tener una profundidad de aproximadamente 3mm, y mantener unas paredes dentinarias remanentes resistentes (Figura 10).

Tras el secado con puntas de papel (Figura 11), se obturó la cavidad retrógrada con Trióxido Mineral Agregado (MTA), siguiendo las indicaciones del fabricante (Figura 12). Una vez fraguado, se eliminaron los excesos de MTA con una cucharilla y se pulió la obturación con una fresa de fisura de pieza de mano (Figuras 13 y 14). Además, se verificó con el endoscopio el correcto sellado y pulido de la obturación (Figura 15).

El cierre primario se realizó con sutura 6/0 y puntos simples, evitando la tensión del colgajo (Figura 16). Inmediatamente después de la cirugía, se realizó una radiografía periapical de control.

Todas las imágenes endoscópicas de las diferentes fases quirúrgicas fueron recopiladas retrospectivamente para su análisis.





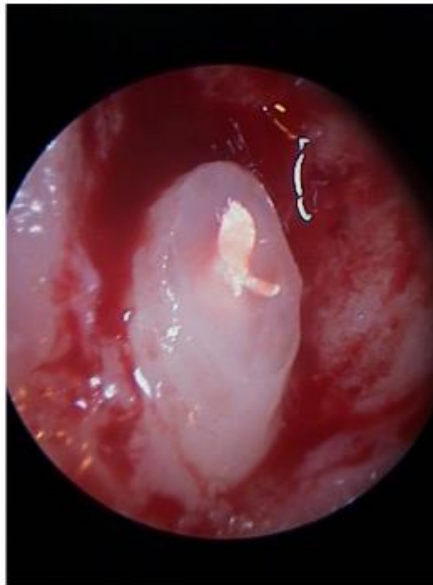
**Figura 4:** Imagen clínica inicial.



**Figura 5:** Despegamiento mucoperióstico del colgajo, incisión submarginal.

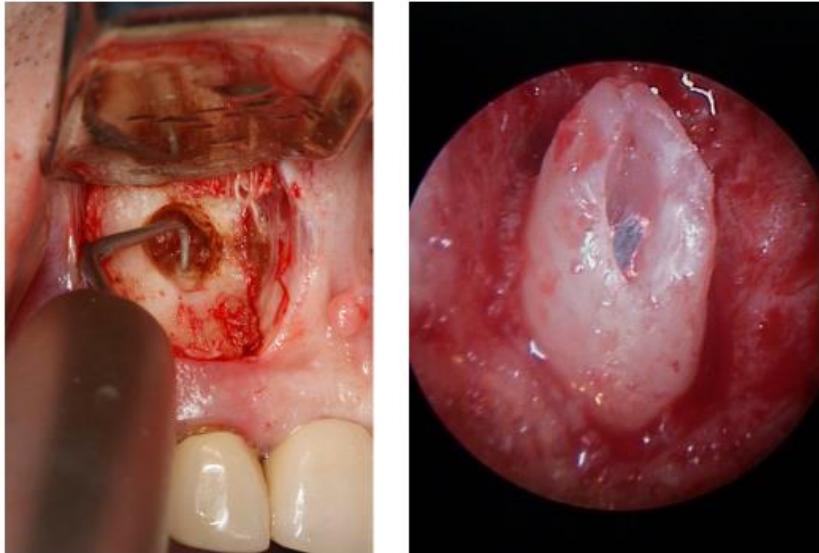


**Figura 6:** Retirada y legrado de la lesión, para su posterior análisis histológico.



**Figura 7:** Utilización del endoscopio rígido tras la resección apical para comprobar el estado de la raíz.

**Figura 8:** Imagen endoscópica de la superficie radicular tras la resección apical.



**Figura 9:** Preparación de la cavidad retrógrada con punta ultrasónica.

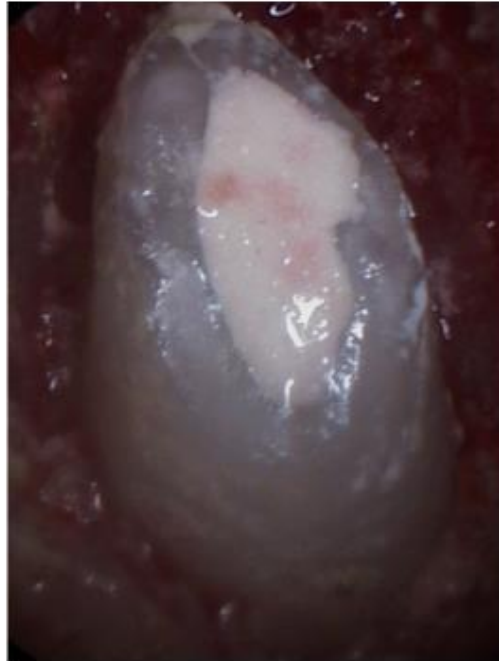
**Figura 10:** Imagen endoscópica tras la preparación de la cavidad retrógrada.



**Figura 11:** Secado de la cavidad retrógrada con puntas de secado endodónticas.

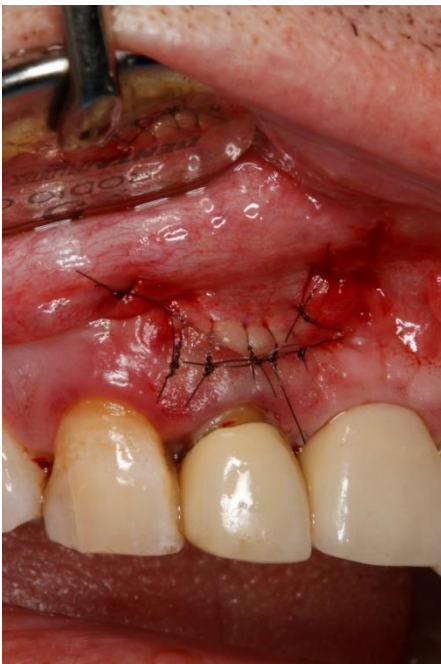
**Figura 12:** Obturación de la cavidad retrógrada con MTA.

**Figura 13:** Pulido de la obturación con fresa de carburo de pieza de mano.



**Figura 14:** Imagen clínica tras el pulido de la obturación retrógrada.

**Figura 15:** Imagen endoscópica tras el pulido de la obturación retrógrada para comprobar el sellado correcto.



**Figura 16:** Cierre del colgajo con sutura de 6/0 y puntos simples.

### **5.3 Tratamiento postoperatorio**

Todos los pacientes recibieron durante la semana del postoperatorio amoxicilina 500 mg (Amoxicilina Normon, Laboratorios Normon, Madrid, España) 1/8 horas, durante 6 días (en pacientes alérgicos se administró clindamicina 300 mg, 1/8 horas, 6 días); ibuprofeno 600 mg (BexistarR, Laboratorio Bacino, Barcelona, España), en caso de dolor; paracetamol 500 mg (Paracetamol Normon, Laboratorios Normon, Madrid, España) en comprimidos en caso de dolor; y clorhexidina al 0,12% (GUMR, John O. Butler CO, A Sunstar Company, Chicago, EEUU) en colutorio, 3 veces al día durante 7 días. Como instrucciones postoperatorias se recomendó a los pacientes tener una buena higiene oral y no fumar durante la semana del postoperatorio. Se explicaron al paciente las pautas para el cuidado postoperatorio y además se entregaron por escrito.

### **5.4 Instrucciones al paciente**

1. En caso de producirse una hemorragia: colocar una gasa en la zona de la cirugía y realizar una compresión firme durante 10 minutos en posición sentada; los movimientos masticatorios, hablar, etc., pueden favorecer el sangrado.
2. Para evitar la tumefacción: durante la primera hora tras la cirugía, el paciente se aplicará una bolsa de hielo en la mejilla correspondiente a la zona quirúrgica durante unos 15-20 minutos con intervalos de descanso; mientras dure el efecto de la anestesia, deberá evitar la aplicación prolongada del frío para evitar posibles lesiones térmicas.
3. Cepillado: debe realizarse con un cepillo quirúrgico de filamentos suaves, 24 horas después de la cirugía.
4. Comida: el primer día el paciente debe tomar dieta blanda y fría.
5. Infección: los síntomas son dolor intenso, elevación de la temperatura local, drenaje de exudado purulento; si padece esta sintomatología debe acudir a la consulta para tomar las medidas oportunas.

## **5.5 Seguimiento del paciente**

A la semana de la intervención se revisó al paciente y se retiraron los puntos de sutura.

Se realizaron controles clínicos a los 3, 6 y 12 meses.

Los controles radiográficos se realizaron a los 12 meses de la intervención, con una radiografía periapical y, en algunos de los casos, con una TCHC. El tamaño del campo de visión (FOV) fue de 5 x 5 cm (tamaño de vóxel de 0,010 mm) y de 5 x 8 cm (tamaño de vóxel de 0,150 mm). Los parámetros de exposición fueron 6,3 u 8,0 mA para cráneos de tamaño mediano y grande a 90 kV con un tiempo de exposición de 12 y 15 segundos para una rotación de 180 ° respectivamente.

## **5.6 Recogida de datos**

Se recopilaron los datos clínicos, estudios radiológicos e imágenes endoscópicas del corte de la raíz del diente realizadas tras la resección apical de los pacientes incluidos, antes de la realización de la cavidad y tras la obturación retrógrada. Las imágenes endoscópicas almacenadas en un dispositivo (Karl Storz Telepack PAL 200430 20, Tuttlingen, Alemania), fueron exportadas y visualizadas en un ordenador con monitor led (iMac Pro, Apple, Cupertino, EEUU) para comprobar la validez de las mismas en función de la nitidez, y presencia de artefactos (sangre, fluidos) que pudieran impedir su evaluación. Todas las imágenes endoscópicas fueron analizadas por dos evaluadores independientes (PGS, APS), y los desacuerdos fueron resueltos a través de consenso con un experto (MPD). El nivel de acuerdo se determinó utilizando el coeficiente de correlación intraclase (ICC) a través de la escala de Landis and Koch (35).

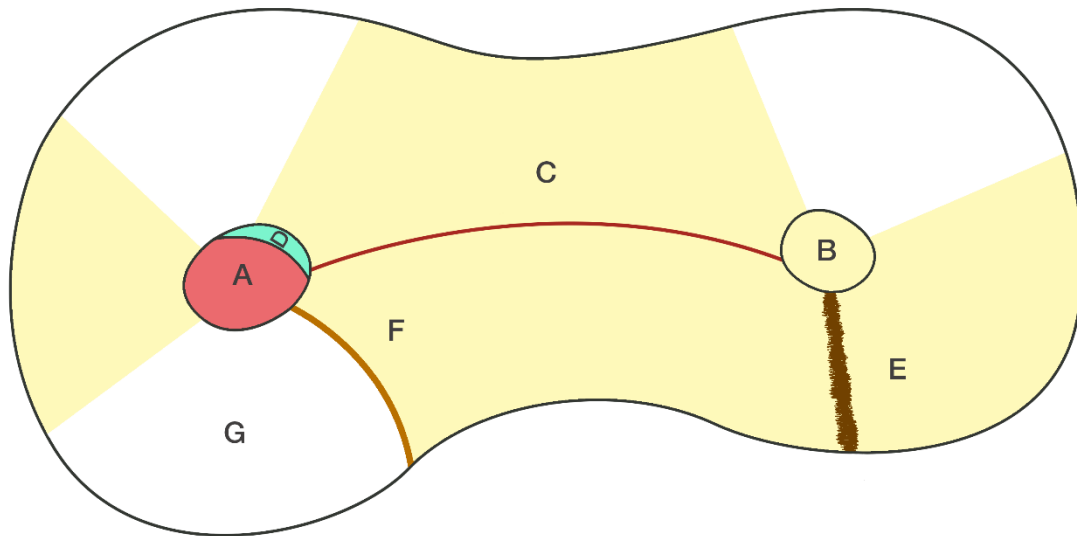
**Apartado 1:** se estudiaron los diferentes hallazgos endoscópicos de la superficie radicular (variables principales):

1. Conductos radiculares: se cuantificó la cantidad de conductos radiculares presentes en la raíz, y específicamente los que no habían sido obturados por vía ortógrada.
2. Istmos: líneas de unión entre dos o más conductos.
3. "Craze lines": líneas de tonalidad oscura que aparentemente interrumpen la integridad de la dentina radicular.
4. "Crack lines": aparentes líneas de fisura en la dentina radicular.
5. Dentina opaca: área de dentina radicular de aspecto blanquecino que contrasta con la tonalidad amarilla/grisácea convencional de la dentina.
6. Gaps: espacio que queda sin obturar entre el material de obturación del conducto radicular y la pared dentinaria.

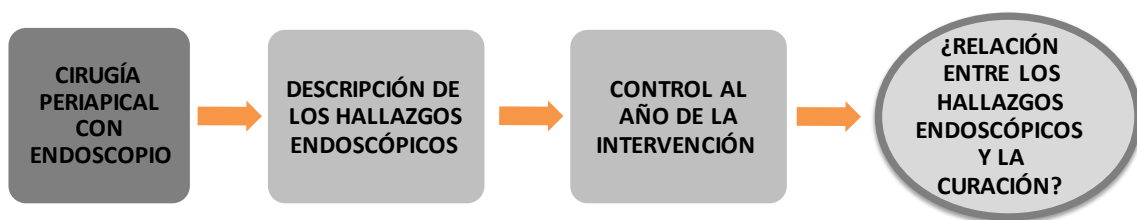
Adicionalmente, se procedió a determinar de forma precisa la localización de los "craze lines", "crack lines", dentina opaca, y gaps en la raíz, para lo que se establecieron cuatro zonas: vestibular, lingual, mesial y distal.

Las variables secundarias de estudio fueron:

1. Edad del paciente <45 años o  $\geq 45$  años.
2. Tipo de diente tratado: la muestra fue dividida en; dientes anteriores (incisivos centrales y laterales, y caninos) y dientes posteriores (premolares y molares).
3. Presencia de restauración dental mediante un poste o un perno.



**Figura 17:** Imagen ilustrativa de hallazgos endoscópicos. A: conducto obturado por vía ortógrada, B: conducto no tratado, C: Istmo de unión, D: Gap, E: crack line, F: craze line, G: dentina opaca.



**Figura 18:** Diseño de flujo del apartado 1.



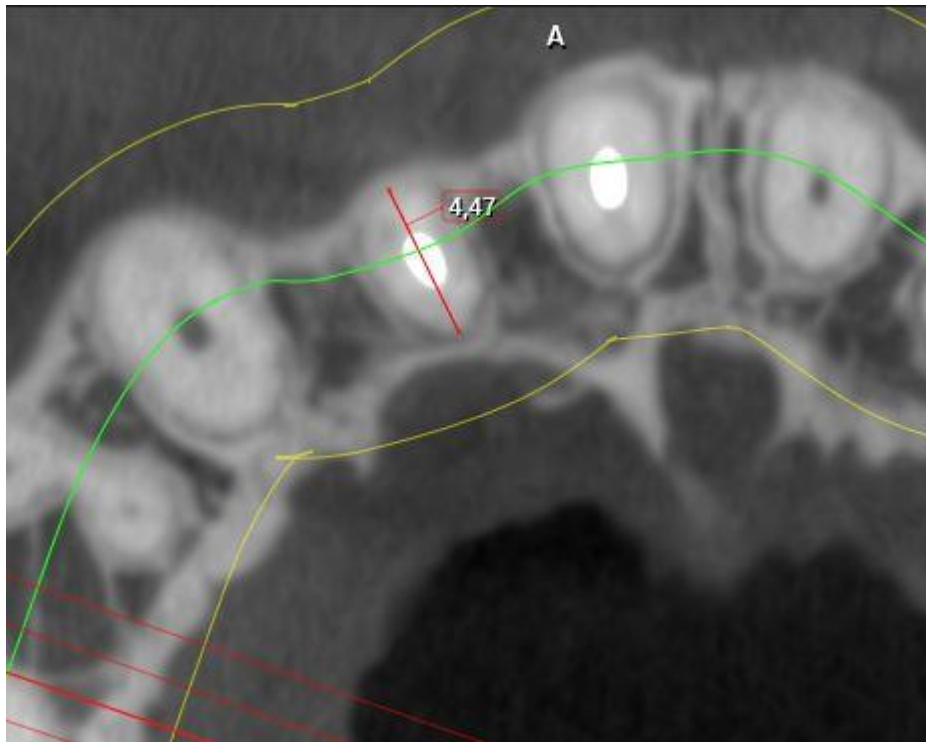
**Apartado 2:** Se analizó la influencia tanto del diámetro radicular como del espesor remanente de la pared dentinaria tras la realización de la cavidad retrógrada, sobre la tasa de curación al año de la cirugía periapical.



**Figura 19:** Imágenes clínicas (izquierda) y endoscópicas (derecha) de 8 de los dientes incluidos en el apartado 2 del estudio.

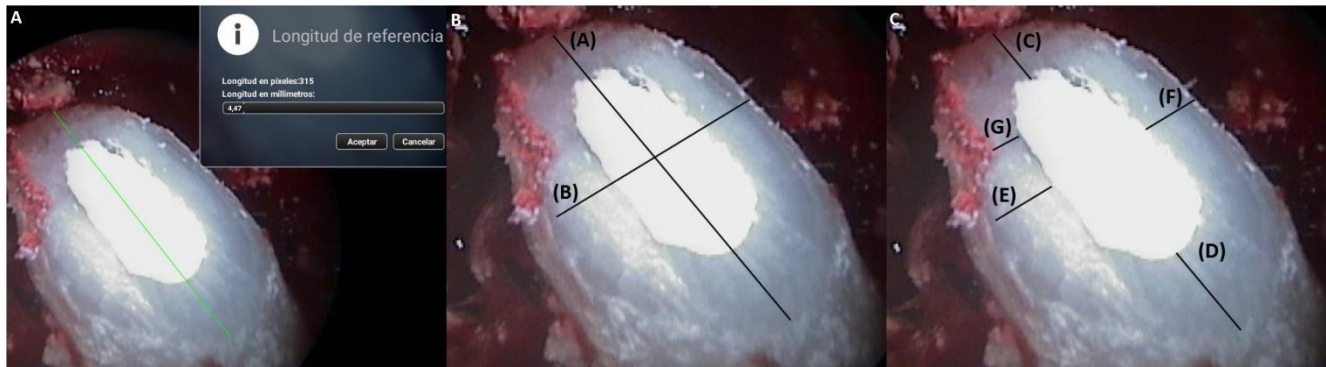
Las imágenes endoscópicas se calibraron a través de la TCHC de control, realizado un año después de la intervención (ProMax 3D, Planmecca, Helsinki, Finlandia), midiendo

el diámetro máximo radicular en el plano axial mediante la aplicación Romexis 5.2.1.R (Planmeca, Helsinki, Finlandia) (Figura 20).



**Figura 20:** Corte axial de la tomografía computarizada de haz cónico. Medición del diámetro mayor radicular, a nivel de la zona más apical de la raíz tras la apicectomía.

Este mismo software sirvió para transferir el diámetro máximo de la raíz (medido en la TCHC) a la imagen endoscópica intraoperatoria (Figura 21A). El resto de las mediciones se realizaron sobre la imagen endoscópica calibrada: diámetro menor radicular y espesores medio y mínimos de la pared dentinaria, de nuevo con la aplicación Romexis 5.2.1.R (fig. 21B). Las mediciones fueron realizadas por dos observadores calibrados independientes (PGS, APS) y la repetibilidad de la medición entre evaluadores se determinó mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC). La curación se evaluó utilizando la misma exploración de TCHC al año de seguimiento.



**Figura 21. 21A)** Calibración de la imagen endoscópica con la medición del diámetro radicular obtenida en la TCHC.

**21B)** Mediciones endoscópicas de los diámetros radiculares:

(A): diámetro mayor de la raíz.

(B): diámetro menor de la raíz.

**21C)** Mediciones endoscópicas del espesor dentinario:

(C) + (D) + (E) + (F): espesor medio de dentina.

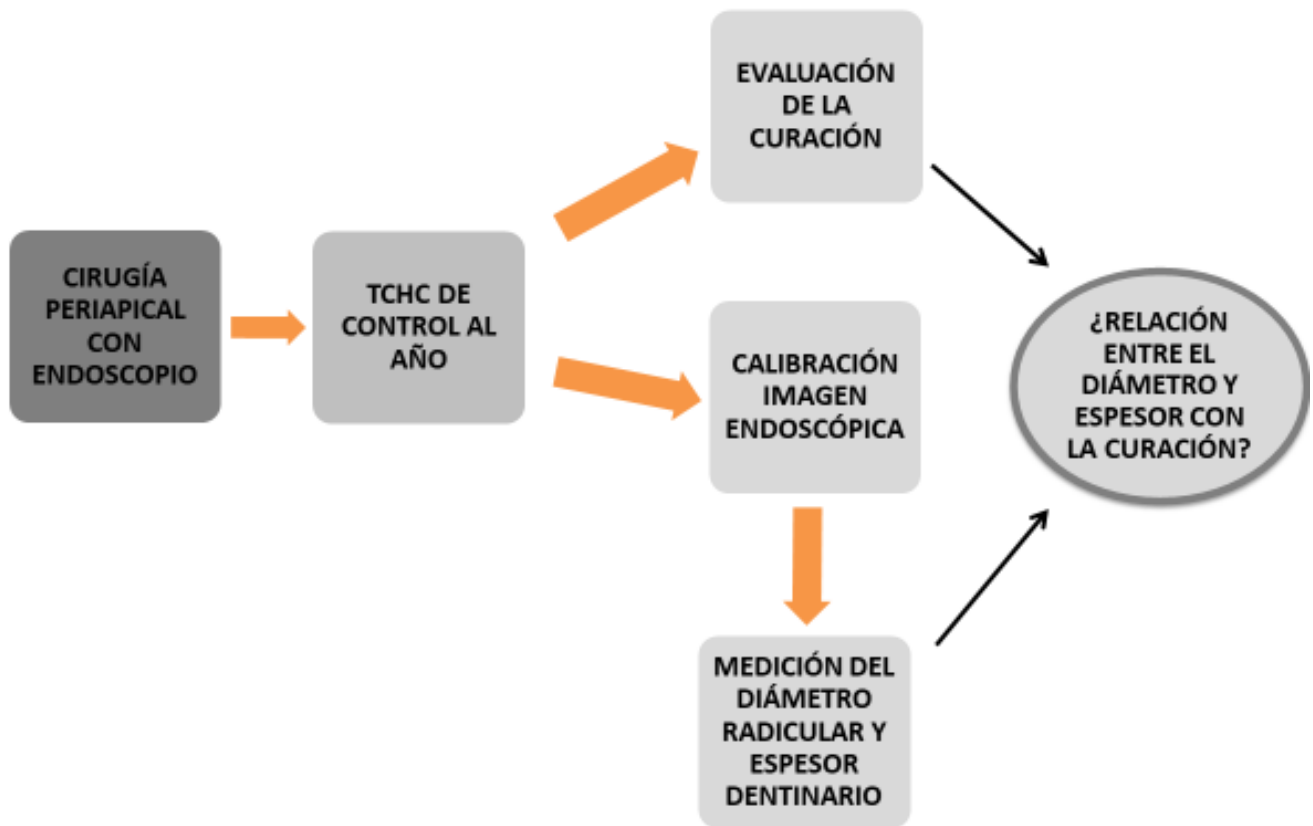
(G): espesor mínimo de dentina.

Las variables principales del estudio fueron:

1. Diámetro mayor o vestíbulo – lingual/palatino radicular.
2. Diámetro menor o mesio – distal radicular.
3. Espesor medio de dentina periférica alrededor de la obturación retrógrada: calculado con la media de 4 mediciones realizadas sobre la pared dentinaria.
4. Espesor mínimo de dentina periférica.

Las variables secundarias del estudio fueron:

1. Tipo de diente intervenido: incisivos, caninos, premolares y molares.
2. La posición del diente: maxilar o mandibular.



**Figura 22:** Diseño de flujo del apartado 2.

### 5.7 Curación de la lesión

Se evaluó la curación de la lesión al año de la intervención quirúrgica, y su posible relación con los hallazgos endoscópicos (conductos, istmos, "craze lines", "crack lines", dentina opaca y gaps), con diámetro radicular y con el espesor remanente de la pared dentinaria tras la realización de la cavidad retrógrada.

La curación de la lesión se evaluó independientemente a nivel de cada raíz, de forma clínica, con radiografías periapicales y/o con tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

- **Clínica:** Los signos y síntomas clínicos como dolor, sensibilidad a la percusión o palpación del diente, la presencia de fístula, y la inflamación fueron clasificados como casos de fracaso de la cirugía periapical.

- **Radiografías periapicales:** se utilizaron los criterios de von Arx y kurt (10), que dividen la curación en 3 subgrupos claramente diferenciados:
  - 1: Curación completa: regeneración ósea >90% de la lesión.
  - 2: Mejoría: regeneración ósea entre el 50% y el 90%
  - 3: Fracaso: regeneración ósea < 50%.
  
- **Tomografía computarizada de haz cónico:** se utilizaron los criterios de Penn modificados, descritos por Schloss y cols. (11), que dividen la curación en 4 subgrupos (detallados anteriormente en introducción; página número 9)



**Figura 23:** Subdivisiones del criterio de curación PENN 3D modificado por Schloss y cols. (11) A: curación completa, B: curación limitada, C: curación incierta, D: curación insatisfactoria

Para poder evaluar la curación en la TCHC de la forma más objetiva posible, el plano sagital se situó paralelo al eje mesiodistal del diente; el plano coronal se alineó junto con el conducto radicular; y ambos planos pasaron por el medio del extremo radicular apicectomizado.

## 5.8 Análisis estadístico

**Apartado 1:** Se realizó un análisis descriptivo de las variables recogidas en la investigación. Se llevó a cabo un análisis inferencial para estudiar la asociación entre la prevalencia de los hallazgos y el tipo de diente, edad del paciente, y restauración con perno o poste, para lo que se aplicó el test Chi-cuadrado de independencia. Para determinar que hallazgos presentaban una mayor tendencia a aparecer en unas zonas de la raíz frente a otras, se aplicó el test Chi cuadrado de igualdad de proporciones. Se llevó a cabo un análisis inferencial para estudiar la asociación entre las variables de estudio y la curación de la lesión, realizándose para ello una regresión ordinal simple mediante GEE (ecuaciones de estimación generalizadas). Para estudiar la relación de cada hallazgo endoscópico con la curación, se realizó una comparación entre las raíces que presentaron ese hallazgo y las que no. En el caso del número de conductos, se compararon las raíces que solo presentaron un solo conducto, con las que presentaron más de un conducto.

Los efectos se evaluaron a partir del estadístico de Wald. Se estimó el índice Kappa para evaluar la concordancia a la hora de valorar la curación con radiografía periapical y tomografía computarizada de haz cónico.

El nivel de significatividad empleado en los análisis fue del 5%, siendo cualquier p-valor < 0.05 indicativo de una relación estadísticamente significativa.

**Apartado 2:** Se realizó un análisis descriptivo de las variables de estudio (Diámetro mayor diámetro menor, espesor medio de dentina periférica alrededor de la obturación retrógrada, espesor mínimo de dentina periférica) con determinación del correspondiente intervalo de confianza del 95% (IC 95%) para los parámetros lineales. Se realizó un análisis inferencial de los parámetros lineales, con exploración de la asociación

entre el resultado del tratamiento y las variables independientes. Se utilizaron modelos de Ecuación de Estimación Generalizada (GEE) para analizar la probabilidad de fracaso del tratamiento según cada una de las variables independientes. Se estimaron los odds ratios (OR) no ajustados y el efecto se midió mediante la estadística de Chi cuadrado de Wald.

El nivel de significancia estadística se estableció en 5% ( $\alpha = 0.05$ ). La concordancia absoluta entre evaluadores se evaluó utilizando un modelo de efectos mixtos bidireccional para las medias de ( $k = 3$ ) evaluadores, y se interpretó según lo propuesto por Shrout y Fleiss (45). Se informaron las estimaciones medias junto con los intervalos de confianza del 95% (IC del 95%) para cada CCI, con la siguiente interpretación: pobre  $<0,50$ ; regular  $0.50-0.75$ ; bueno  $0,75-0,90$ ; y excelente  $> 0,90$ .



# RESULTADOS

## 6.RESULTADOS

**Apartado 1: Hallazgos endoscópicos en cirugía periapical, y relación de los mismos con la tasa de curación.**

### 6.1.1 Datos generales de la muestra

La muestra inicial de estudio consistió en 182 pacientes intervenidos mediante cirugía periapical. Tras un primer análisis de las imágenes endoscópicas del corte de la raíz del diente tras la apicectomía, fueron excluidas del estudio 14 raíces debido a su baja nitidez. La muestra final consistió en 168 pacientes, con 177 dientes y un total de 206 raíces. 93 pacientes fueron mujeres (55,4%) y 75 hombres (44,6%), con una edad media global  $46,7 \pm 13,8$  años y un rango entre los 18 y 81.

El diente más frecuentemente tratado fue el incisivo lateral superior (16.4%), seguido del incisivo central superior (14.1%) y del primer molar superior (12.4%). Del total de dientes intervenidos, 74,8% fueron maxilares y 25,2% mandibulares. Los premolares superiores presentaron una o dos raíces, mientras que los premolares inferiores fueron siempre unirradiculares. La raíz de dientes posteriores más veces intervenida fue la raíz mesiovestibular del primer molar superior (8.7%). La distribución de los dientes y raíces tratados aparece descrita en la Tabla 3.

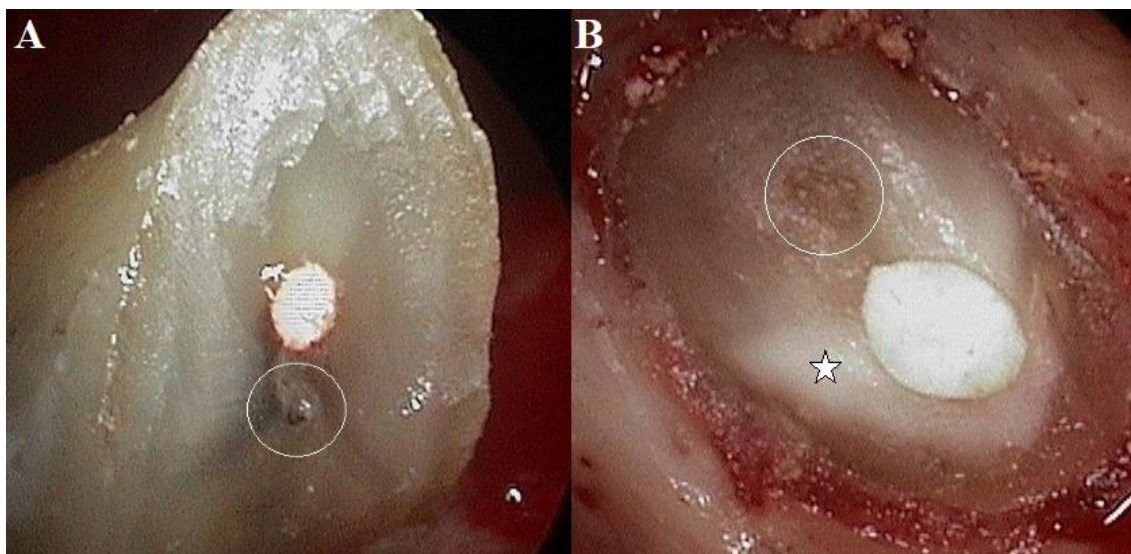
				RAÍCES			Un conducto		Dos conductos		Tres conductos		Raíces con istmos	
ARCADA	DIENTE	N	(%)	RAÍZ	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
MAXILAR	Total	134	75.7	Total	154	74.8	115	74.7	38	24.7	1	0.6	24	15.6
	Incisivo central	25	14.1	Unirradicular	25	12.1	24	96	1	4	-	-	-	-
	Incisivo lateral	29	16.4		29	14.1	26	89.7	3	10.3	-	-	2	6.9
	Canino	15	8.5		15	7.3	15	100	-	-	-	-	-	-
	Primer premolar	20	11.3	Unirradicular	11	5.3	3	27.3	8	72.7	-	-	5	45.5
				Vestibular	10	4.9	9	90	1	10	-	-	1	10
				Palatina	8	3.9	8	100	-	-	-	-	-	-
	Segundo premolar	19	10.7	Unirradicular	17	8.3	8	47.1	9	52.9	-	-	5	29.4
				Vestibular	2	1	1	50	1	50	-	-	-	-
				Palatina	1	0.5	1	100	-	-	-	-	-	-
	Primer molar	22	12.4	Mesio-vestibular	18	8.7	6	33.3	11	61.1	1	5.6	9	50
				Disto-vestibular	9	4.4	8	88.9	1	11.1	-	-	-	-
				Palatina	1	0.5	1	100	-	-	-	-	-	-
Segundo molar	4	2.3	Mesio-vestibular	4	1.9	1	25	3	75	-	-	2	50	
			Disto-vestibular	4	1.9	4	100	-	-	-	-	-	-	
MANDIBULAR	Total	43	24.3	Total	52	25.2	24	46.20	27	51.9	1	1.9	23	44.2
	Incisivo central	4	2.3	Unirradicular	4	1.9	2	50	2	50	-	-	1	25
	Incisivo lateral	3	1.7		3	1.5	3	100	-	-	-	-	-	-
	Canino	3	1.7		3	1.5	3	100	-	-	-	-	-	-
	Primer premolar	4	2.3	Unirradicular	5	2.4	3	60	2	40	-	-	1	20
	Segundo premolar	8	4.5	Unirradicular	8	3.8	6	71.4	2	28.6	-	-	1	12.5
	Primer molar	17	9.6	Mesial	17	8.23	-	-	16	94.1	1	5.9	16	94.1
				Distal	7	3.4	5	71.4	2	28.6	-	-	1	14.3
	Segundo molar	4	2.3	Mesial	3	1.5	-	-	3	100	-	-	2	66
Distal				2	1	2	100	-	-	-	-	-	-	

n: número de dientes/raíces; %: porcentaje

**Tabla 3:** Distribución de dientes (n = 177) y raíces tratadas (n = 206), y frecuencia de conductos radiculares e istmos en función del tipo de raíz.

### 6.1.2 Análisis descriptivo de los hallazgos endoscópicos:

Se encontraron conductos no tratados en 14 raíces (6.8%), de las cuales 5 pertenecían a dientes anteriores: 3 incisivos laterales maxilares, un incisivo central maxilar, y un incisivo central mandibular (Fig. 24) y se encontraron tres conductos en una raíz mesiovestibular de un primer molar maxilar, y en una raíz mesial de un primer molar mandibular.

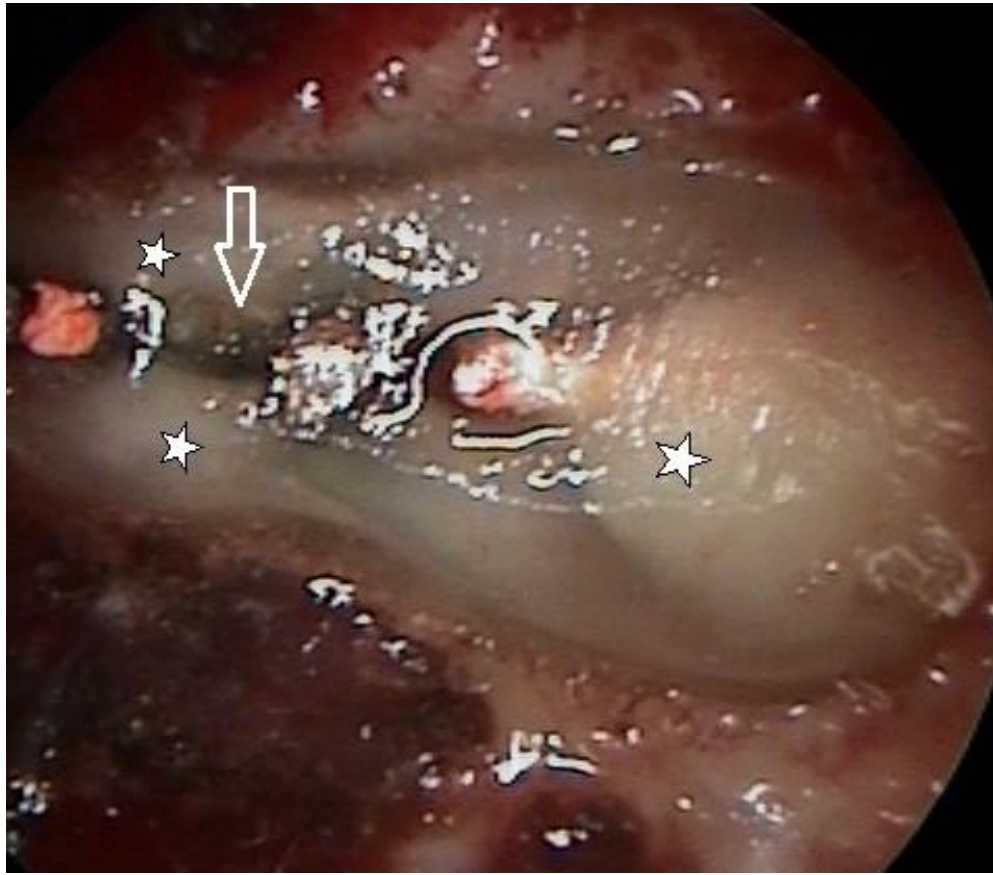


**Figura 24:**

A: Conducto no tratado por vía ortógrada (○) en un incisivo lateral maxilar.

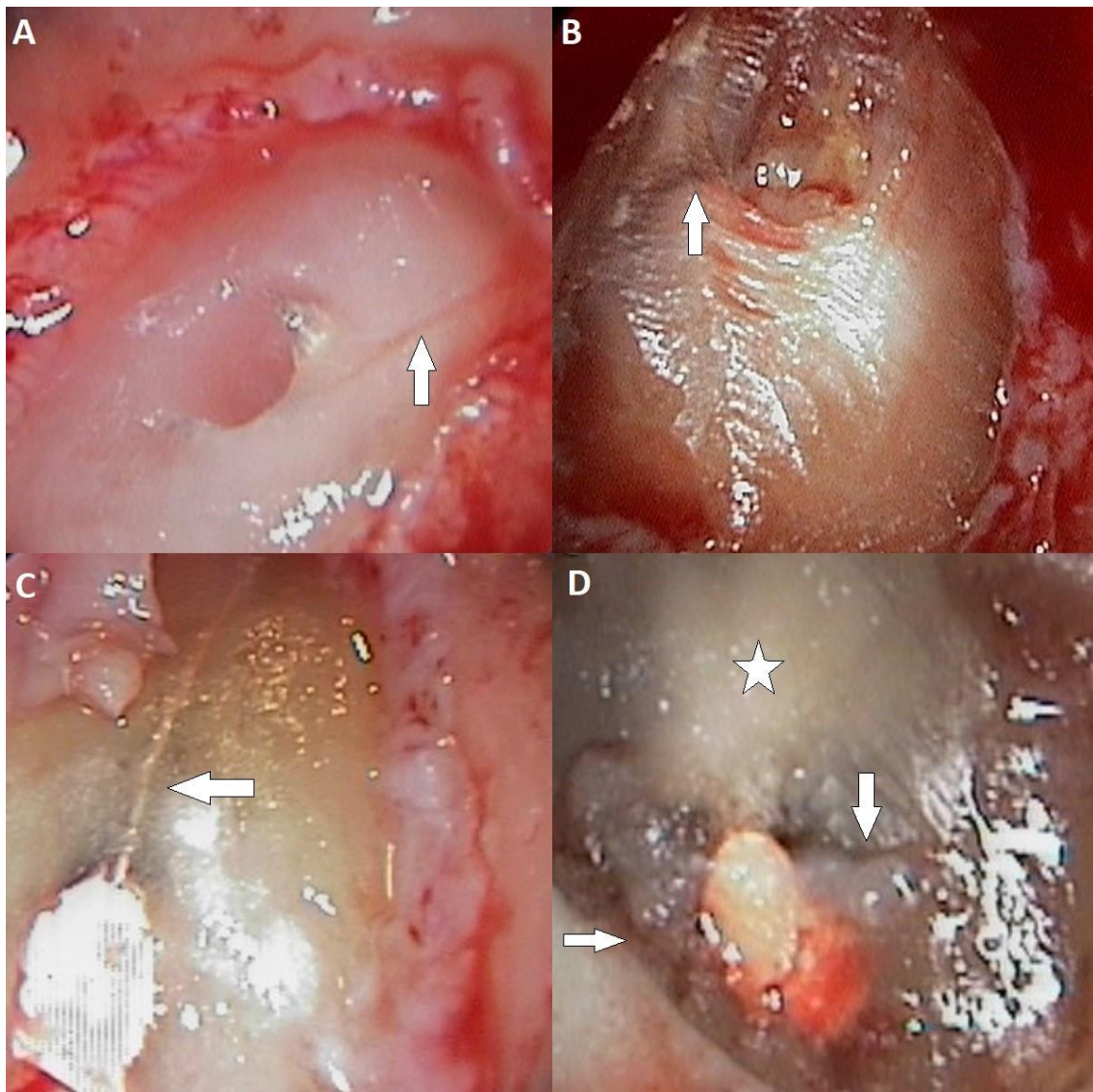
B: Conducto no tratado por vía ortógrada (○) en un incisivo central maxilar. Obsérvese la presencia de dentina opaca (☆).

Se observaron istmos en 74 raíces (35.9%), siendo detectados aproximadamente en la mitad de los molares (47,7%), especialmente en la raíz mesiovestibular del primer molar mandibular (94,1%) (Fig. 24), y en un 21% de los premolares.



**Figura 25:** Istmo de unión entre dos conductos (→) en la raíz mesial de un molar inferior. También pueden observarse zonas de dentina opaca (☆).

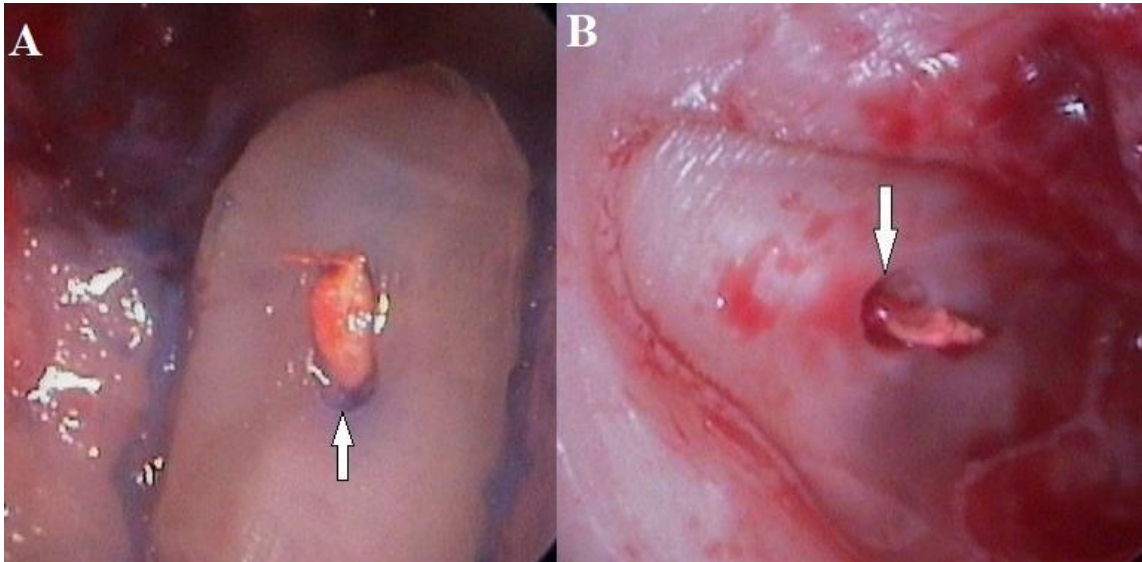
Se encontraron "craze lines" (Fig. 26A y 26B) en 17 de las 206 raíces (8.3%). En 2 de las 17 raíces se observaron 2 "craze lines", y en otra de ellas 3. Fueron más frecuentes en las áreas mesial (33.3%) y distal (33.3%) de las raíces respecto a la vestibular (19%) y lingual (4.8%). En cuanto a los "cracks" dentinarios (Fig. 26C y 26D), se detectaron en 8 de las de las 206 raíces (3.9%), observándose en una ellas dos "cracks" y en otra tres. Fueron encontrados con mayor frecuencia en las zonas vestibulares de las raíces (62.5%), seguida de la lingual (25%), distal (25%) y mesial (12.5%).



**Figura 26:** A: Craze line (→) en un canino maxilar. B: Craze line (→) en la raíz distal de un primer molar maxilar. C: Cracks dentinarios (→) en la raíz mesial de un primer molar mandibular. Obsérvese la presencia de dentina opaca (☆). D: Cracks dentinarios (→) en la raíz distal de un primer molar maxilar. También se observa dentina opaca (☆).

Respecto a la dentina opaca (Figs. 24B, 25 y 26D), fue observada en 152 raíces (73.8%). La zona radicular con mayor presencia de dentina opaca fue la mesial (30.2%), seguida de la vestibular (25.4%), lingual (22.8%) y distal (21.6%).

Se detectaron gaps (Fig. 27) en 110 raíces (53.4%), siendo ligeramente mayor el número de gaps en las regiones vestibular (34.5%) y lingual (25.4%) de la raíz, que en la mesial (20.9%) y distal (19.1%).



**Figura 27:**

A: Gap entre el material de obturación y la pared dentinaria en la raíz vestibular de un primer premolar maxilar.

B: Gap entre el material de obturación y la pared dentinaria en la raíz distal de un primer molar maxilar.

La distribución de "craze lines", "crack lines", dentina opaca y gaps en función de las diferentes áreas radiculares aparece descrita en la siguiente tabla (tabla 4):

	CRAZE LINES		CRACK LINES		DENTINA OPACA		GAPS	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
TOTAL	21	100	11	100	265	100	110	100
VESTIBULAR	5	23.8	6	54.6	68	25.4	38	34.5
LINGUAL	2	9.6	2	18.2	61	22.8	28	25.4
MESIAL	7	33.3	1	9.1	81	30.2	23	20.9
DISTAL	7	33.3	2	18.2	58	21.6	21	19.1

N: número de hallazgos; %: porcentaje

**Tabla 4:** Distribución de hallazgos endoscópicos en función de las diferentes áreas de la raíz.

### 6.1.3 Asociación entre los hallazgos endoscópicos y la edad del paciente, tipo de diente, y restauración coronal del diente:

Edad del paciente: 148 raíces (71.8%) pertenecieron al grupo de pacientes con edad igual o superior a 40 años. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al relacionar la presencia de "craze lines" ( $p = 0.07$ ), "cracks" ( $p = 0.315$ ), dentina opaca ( $p = 0.325$ ) y gaps ( $p = 0.529$ ) con los dos grupos de edad (Tabla 5).

Tipo de diente: la presencia de dentina opaca fue significativamente superior en dientes posteriores (90.3% en premolares y 86.2% en molares), que en dientes anteriores (50.6%) ( $p < 0.001$ ). La presencia de "craze lines" ( $p = 0.652$ ) y "crack lines" ( $p = 0.157$ ) fue ligeramente superior en dientes posteriores, pero no se alcanzaron diferencias estadísticamente significativas. No se encontraron diferencias en la presencia de gaps en función del tipo de diente (Tabla 5).

Diente restaurado con/sin perno/poste: no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la presencia de "craze lines" ( $p = 0.09$ ), "crack lines" ( $p = 0.105$ ), dentina opaca ( $p = 0.375$ ) y gaps ( $p = 0.425$ ) (Tabla 5).

		CRAZE LINES		CRACK LINES		DENTINA OPACA		GAPS	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
EDAD	TOTAL (n= 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Raíces de pacientes < 45 años (n= 58)	8	13.8	1	1.7	40	69	33	56.9
	Raíces de pacientes > 45 años (n= 148)	9	6.1	7	4.7	112	75.7	77	52
TIPO DE DIENTE	TOTAL (n= 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Raíces de dientes anteriores (n= 79)	6	7.6	2	2.6	40	50.6	49	62
	Raíces de premolares (n = 62)	4	6.5	2	3.2	56 *	90.3*	30	48.4
	Raíces de molares (n = 65)	7	10.8	4	6.2	56 *	86.2*	31	47.7
PRESENCIA DE POSTE/PERNO	TOTAL (n = 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Raíces con perno/poste (n= 25)	3	12	2	8	20	80	18	72
	Raíces sin perno/poste (n = 181)	14	7.7	6	3.3	132	72.9	92	50

N: raíces, %: porcentaje, Diferencia estadísticamente significativa: \* P = 0.001

**Tabla 5:** Distribución de craze lines, crack lines, dentina opaca y gaps en función de la edad del paciente, tipo de diente, y restauración del diente con o sin perno o poste.



#### **6.1.4: Asociación entre los hallazgos endoscópicos y la curación**

De la muestra de 168 pacientes, fueron excluidos: 41 por no acudir a la cita de control al año, 7 por presentar lesiones en túnel, 8 por presentar defectos apicomarginales, y 4 por presentar lesiones de gran tamaño que fueron tratadas con procedimiento de regeneración ósea. La muestra final para el análisis de la curación se compuso por 108 pacientes, 114 dientes y 128 raíces. 56 fueron mujeres (51.8%) y 52 hombres (48.2%), con una edad media global  $43,5 \pm 11,8$  años y un rango entre los 19 y 79. De los 114 dientes, 41 fueron incisivos, 16 caninos, 26 premolares y 31 molares. De las 128 raíces, 57 pertenecieron a dientes anteriores (incisivos y caninos) y 71 a dientes posteriores (premolares y molares). Los 108 pacientes contaron con radiografía periapical de control, y 51 de ellos (62 raíces) dispusieron de TCHC de control al año.

#### **Tasa de curación con criterios de von Arx & Kurt (clínicos y radiográficos).**

El 61,3% de las raíces mostraron una curación completa, el 30,6% mejoría, y el 8.1% fracaso. La mejoría de la lesión según von Arx & Kurt (10) es considerada una situación de éxito, por lo que el porcentaje de curación (completa + mejoría) al año fue del 91.9%.

La distribución de las raíces en función de los hallazgos endoscópicos, sexo, edad, tipo de diente, y de los diferentes subgrupos de curación aparece descrita en la tabla 6.

No se encontró ninguna relación estadísticamente significativa entre la tasa de curación evaluada con radiografía periapical al año y los hallazgos endoscópicos, edad, sexo y tipo de diente (Tabla 7).

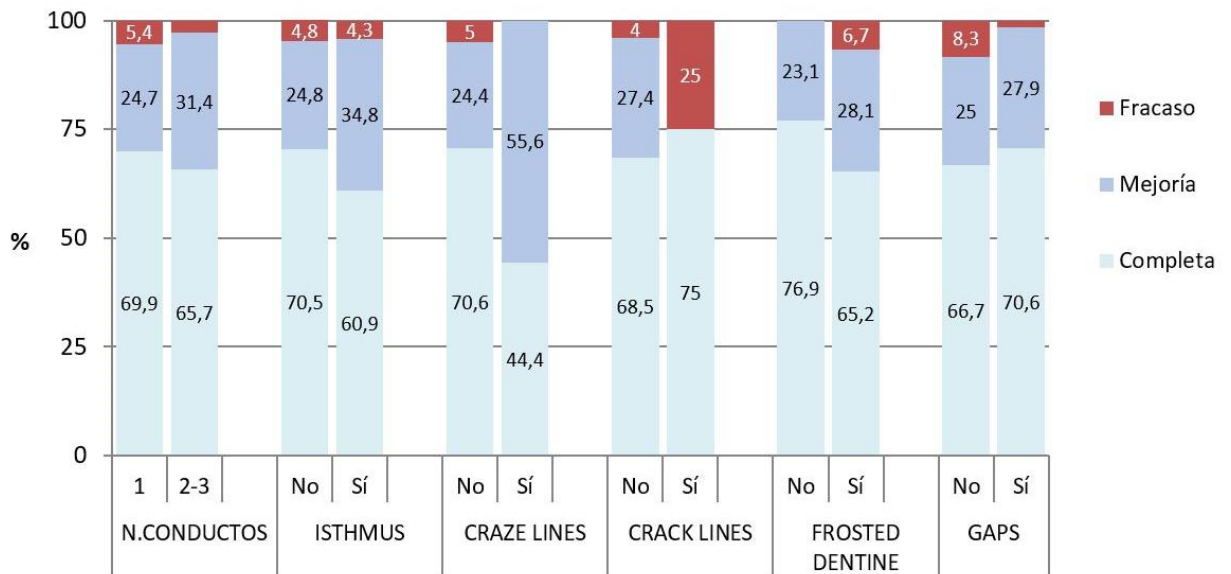
Sin embargo, una de las cuatro raíces que presentaron crack lines no curaron (Figura 28).

RAÍCES (n)		von Arx & Kurt				Modificados de PENN 3D				
		TOTAL	COMPLETA	MEJORÍA	FRACASO	TOTAL	COMPLETA	LIMITADA	INCIERTA	INSATIS- FACTORIA
		n=128	n= 88	n=34	n=6	n=62	n=34	n=17	n=7	n=4
NÚMERO DE CONDUCTOS	1	93	65	23	5	44	24	14	3	3
	>1	35	23	11	1	18	10	3	4	1
ISTMOS	No	105	74	26	5	48	26	15	4	3
	Si	23	14	8	1	14	8	2	3	1
CRAZE LINES	No	119	84	29	6	59	34	14	7	4
	Si	9	4	5	0	3	0	3	0	0
CRACK LINES	No	124	85	34	5	58	31	17	8	2
	Si	4	3	0	1	4	2	0	0	2
DENTINA OPACA	No	39	30	9	0	23	15	6	2	0
	Si	89	58	25	6	39	19	11	5	4
GAPS	No	60	40	15	5	26	14	6	2	4
	Si	68	48	19	1	36	20	11	5	0
EDAD	<45	66	39	24	3	32	16	12	2	2
	>45	62	49	10	3	30	18	5	5	2
SEXO	Hombre	63	40	19	4	36	19	11	4	2
	Mujer	65	48	15	2	26	15	6	3	2
TIPO DE DIENTE	Anterior	57	40	16	1	31	17	11	3	0
	Posterior	71	48	18	5	31	17	6	4	4

**Tabla 6:** Distribución de las raíces (n) en función de los hallazgos endoscópicos, edad, sexo, tipo de diente y de la curación evaluada con los criterios de von Arx y Kurt, y modificados de PENN 3D.

	von Arx y Kurt			Modificados de PENN 3D		
	BETA	IC 95%	p - VALOR	BETA	IC 95%	p - VALOR
NÚMERO DE CONDUCTOS	0.14	-0.68 - 0.96	0.734	0.17	-0.88 - 1.21	0.751
ISTMOS	0.39	-0.54 - 1.32	0.411	0.12	-1.01 - 1.26	0.832
CRAZE LINES	0.87	-0.45 - 2.19	0.195	0.94	-1.17 - 3.06	0.383
CRACK LINES	0.02	-2.09 - 2.14	0.983	1.48	-1.08 - 4.03	0.257
DENTINA OPACA	0.64	-0.23 - 1.50	0.149	0.79	-0.25 - 1.83	0.135
GAPS	-0.27	-1.01 - 0.47	0.476	-0.29	-1.26 - 0.68	0.556
TIPO DE DIENTE	0.19	-0.56 - 0.94	0.624	0.32	-0.64 - 1.28	0.516
SEXO	-0.50	-1.25 - 0.25	0.189	-0.10	-1.07 - 0.87	0.840
EDAD	-0.90	-1.67 - 0.12	0.450	-0.44	-1.43 - 0.54	0.375

**Tabla 7:** Asociación de la curación de las raíces (criterios de von Arx y Kurt, y criterios modificados PENN 3D) y los hallazgos endoscópicos, edad, sexo y tipo de diente. Resultados de modelo de regresión ordinal simple mediante GEE (ecuaciones de estimación generalizadas) con p-valor del test de Wald.

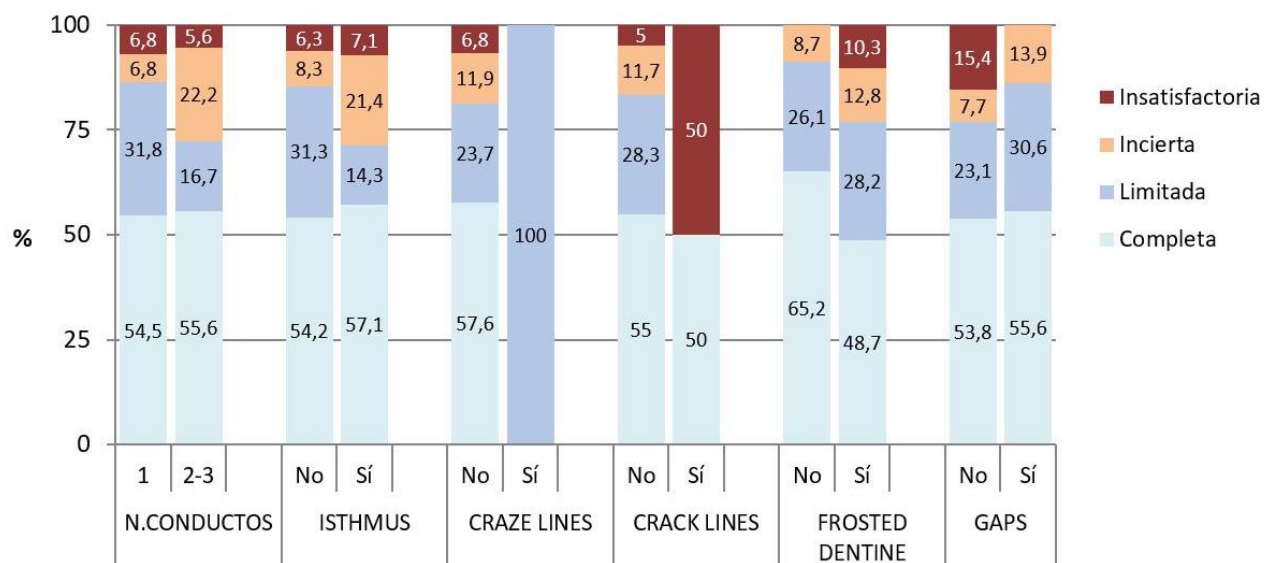


**Figura 28:** Distribución (%) de las raíces en función de los hallazgos endoscópicos y de la curación, evaluada con los criterios de von Arx & Kurt.

**Tasa de curación con los criterios modificados de PENN 3D (tomográficos).**

El 54.8% de las raíces mostraron una curación completa, el 27.4% curación limitada, el 11.3% curación incierta, y el 6.5% una curación insatisfactoria. Se consideró que la curación (completa + limitada) fue del 82.2%.

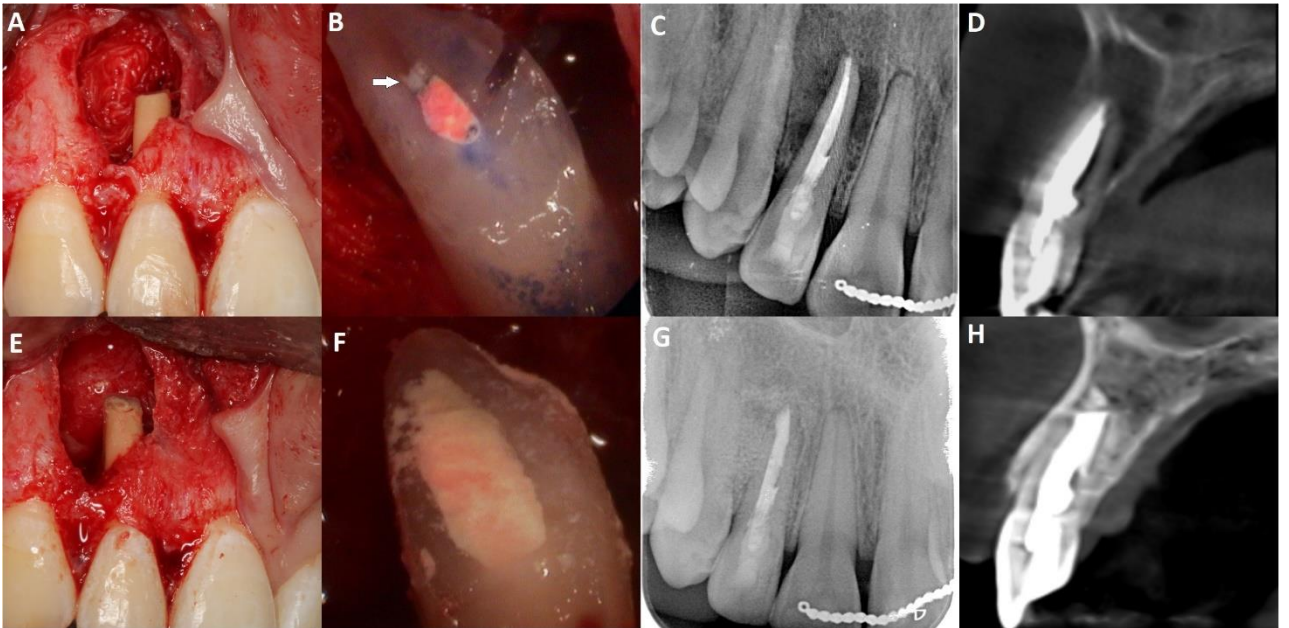
No se encontró ninguna relación estadísticamente significativa entre la tasa de curación evaluada con TCHC y los hallazgos endoscópicos, edad, sexo y tipo de diente (Tabla 7). Sin embargo, dos de las cuatro raíces que presentaron crack lines no curaron (Figura 29).



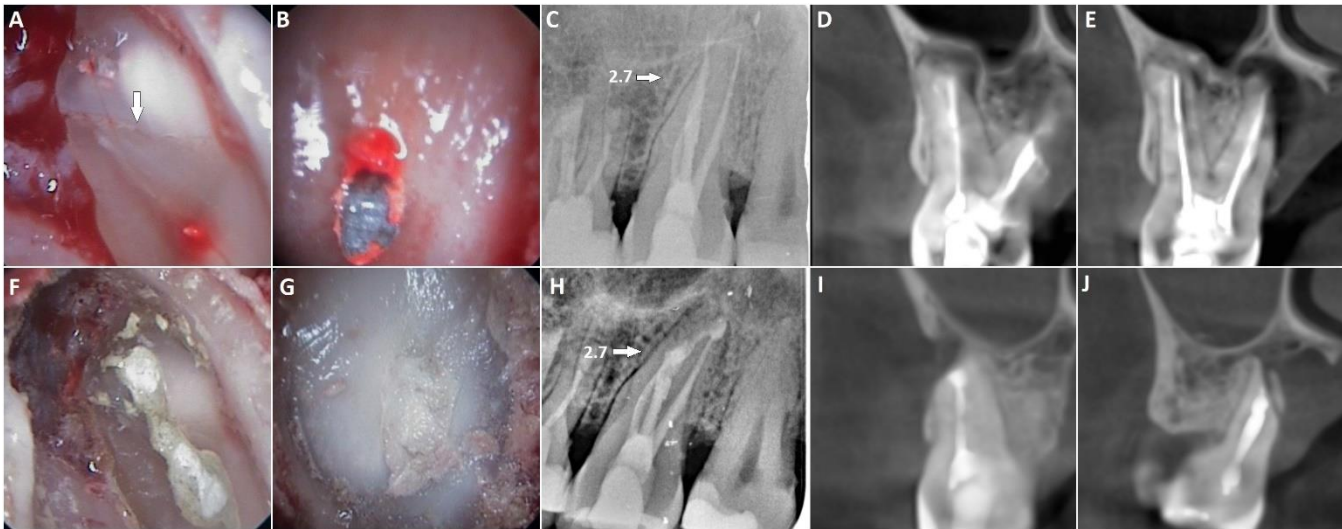
**Figura 29:** Distribución (%) de las raíces en función de los hallazgos endoscópicos y de la curación, evaluada con los criterios modificados de PENN 3D.

#### **Concordancia entre la curación al año evaluada con radiografía periapical y con TCHC.**

La tasa de curación con TCHC (82.2%) fue inferior a la obtenida con radiografía periapical (91.9%), y no hubo hallazgos endoscópicos determinantes en ninguno de los casos. En buena parte de los casos, la curación de la lesión fue completa tanto en la evaluación mediante radiografía periapical (61.3%) como con TCHC (54.8%) (Figura 30). Sin embargo, hubo casos discrepantes donde a partir de la radiografía periapical se concluyó que la lesión había curado, pero no a partir de la TCHC (Figura 31), haciendo que el grado de concordancia entre los criterios de curación de von Arx y Kurt (2D) y los modificados de Penn (3D) fuera moderada (Kappa = 0.58) (tabla 8).



**Figura 30:** Ejemplo de curación completa de un incisivo lateral (1.2) en radiografía periapical y TCHC. A: imagen clínica intraoperatoria tras la resección apical. B: imagen endoscópica intraoperatoria tras la resección apical, junto con la aplicación de azul de metileno en la que se observa un gap. C: radiografía periapical preoperatoria. D: corte sagital de la TCHC preoperatoria. E: imagen clínica intraoperatoria tras la realización de la obturación retrógrada con MTA. F: imagen endoscópica intraoperatoria tras la obturación de la cavidad retrógrada con MTA, G: radiografía periapical de control al año de la intervención donde se observa la regeneración ósea completa de la lesión, H: corte sagital de la TCHC de control al año donde se observa la regeneración ósea completa de la lesión.



**Figura 31:** Ejemplo de discrepancia del grado de curación entre la radiografía periapical y la TCHC en las raíces mesiovestibular y palatina de un segundo molar superior (2.7). A: imagen endoscópica tras la resección apical de la raíz mesiovestibular en la que se observa un crack dentinario (←). B: imagen endoscópica de la raíz palatina tras la resección apical. C: radiografía periapical prequirúrgica del 2.7. D: corte sagital de la TCHC prequirúrgica en la que se observa la periodontitis periapical crónica a nivel de la raíz mesiovestibular. E: corte sagital de la TCHC prequirúrgica en la que se observa la periodontitis periapical crónica a nivel de la raíz palatina F: imagen endoscópica tras la obturación retrógrada de la raíz mesiovestibular. G: imagen endoscópica tras la obturación retrógrada de la raíz palatina. H: radiografía periapical de control al año donde aparentemente existe una curación completa de la lesión. I: corte sagital de la TCHC postquirúrgica en la que se observa la curación insatisfactoria a nivel de la raíz mesiovestibular. J: corte sagital de la TCHC postquirúrgica en la que se observa la curación insatisfactoria a nivel de la raíz palatina.

		von Arx & Kurt							
		TOTAL		COMPLETA		MEJORÍA		FRACASO	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Modificados de PENN 3D	TOTAL	62	100	38	61.3	19	30.6	5	8.1
	COMPLETA	34	54.8	33	53.2	1	1.6	0	0
	LIMITADA	17	27.4	5	8.1	12	19.4	0	0
	INCIERTA	7	11.3	0	0	6	9.7	1	1.6
	INSATISFA CTORIA	4	6.5	0	0	0	0	4	6.5

**Tabla 8:** Concordancia entre el criterio de curación de radiografía periapical (von Arx y Kurt) y el de TCHC (criterio modificado de PENN 3D).



## **Apartado 2: Influencia del diámetro de la raíz y del espesor de las paredes dentinarias en la curación de la cirugía periapical.**

### **6.2.1 Datos generales de la muestra**

Se incluyeron los 51 pacientes con TCHC de control al año en el estudio, que aportaron un total de 52 dientes y 62 raíces. De los 51 pacientes, 31 fueron mujeres (60,7%) y 20 hombres (39,3%), con una edad media de  $47,0 \pm 14,9$  años (rango 18-76) (Tabla 9).

SEXO	n (%)
Hombre	20 (39.3)
Mujer	31 (60.7)
EDAD	
Media (SD)	$47.0 \pm 14.9$
Mediana	48
Mínima	18
Máxima	76

SD: desviación estándar

**Tabla 9:** Tabla demográfica de los pacientes incluidos.

De las 62 raíces incluidas, 41 fueron maxilares (66,1%) y 21 mandibulares (33,9%). 21 pertenecieron a incisivos (40,8%), 8 caninos (11,4%), 14 premolares (20%) y 20 molares (28,6%). A nivel de las raíces, 55 fueron maxilares (66,2%), 28 mandibulares (33,8%); 28 pertenecientes a incisivos (33,9%), 6 a caninos (9,7%), 13 a premolares (20,9%) y 22 a molares (35,5%) (Tabla 10).

	N (%)	Diámetro mayor radicular media (SD)	Diámetro menor radicular media (SD)	Espesor medio de dentina periférica media (SD)	Espesor mínimo de dentina periférica media (SD)
Total	62 (100)	4.13 (0.84)	2.46 (0.72)	0.77 (0.20)	0.42 (0.19)
Incisivo	21(33.9)	4.01 (0.91)	2.46 (0.67)	0.74 (0.17)	0.39 (0.12)
Canino	6 (9.7)	4.39 (0.79)	2.76 (0.57)	0.86 (0.15)	0.45 (0.22)
Premolar	13 (20.9)	4.25 (0.68)	2.88 (0.99)	0.84 (0.28)	0.58 (0.25)
Molar	22 (35.5)	4.12 (0.88)	2.19 (0.52)	0.75 (0.20)	0.38 (0.18)
Maxilar	41 (66.1)	4.20 (0.81)	2.47 (0.77)	0.75 (0.18)	0.41 (0.16)
Mandibular	21 (33.9)	4.00 (0.91)	2.43 (0.62)	0.81 (0.24)	0.45 (0.25)
N: raíces, %: porcentaje SD: desviación estandar					

**Tabla 10:** Distribución de raíces (n) en función de las diferentes mediciones y del tipo de diente al que pertenecen y a su posición (maxilar o mandibular).

### 6.2.2 Diámetro radicular y espesor dentinario

El diámetro mayor y menor de la raíz fue de  $4.1 \pm 0.8$  mm y  $2.5 \pm 0.7$  mm respectivamente (Tabla 10). Con respecto a las mediciones realizadas, la concordancia entre evaluadores fue casi perfecta para ambos parámetros (ICC = 0,92, IC del 95% [0,88; 0,94]) y (ICC = 0,96, IC del 95% [0,93; 0,99]). No se observaron diferencias significativas en las dimensiones radiculares en cuanto a la posición y tipo de diente.

El espesor medio de dentina fue de  $0,77 \pm 0,2$  mm y el espesor mínimo dentinario de  $0,4 \pm 0,2$  mm (Tabla 10). La concordancia del CCI para los evaluadores fue casi perfecta en ambas mediciones (CCI = 0,98, IC del 95% [0,96; 1,00]) y (CCI = 0,90, IC del 95% [0,87; 0,93]). Las raíces de los premolares mostraron un grosor mínimo de la pared dentinaria significativamente mayor ( $0,58 \pm 0,25$ ) que las raíces de los incisivos ( $p < 0,003$ ). Con respecto a la posición de los dientes, no se observaron diferencias significativas con respecto a los espesores dentinarios.

### **6.2.3 Curación**

Se observó una curación completa en el 54.8% de las raíces, curación limitada en el 27.4%, curación incierta en el 11.3% y curación insatisfactoria en el 6.5%.

En base a la dicotomización de los subgrupos en 2 grupos (éxito y fracaso), la tasa de éxito final al año de seguimiento fue del 82.2%. Las diferentes mediciones realizadas y su distribución entre los subgrupos aparecen descritas en la tabla 11.

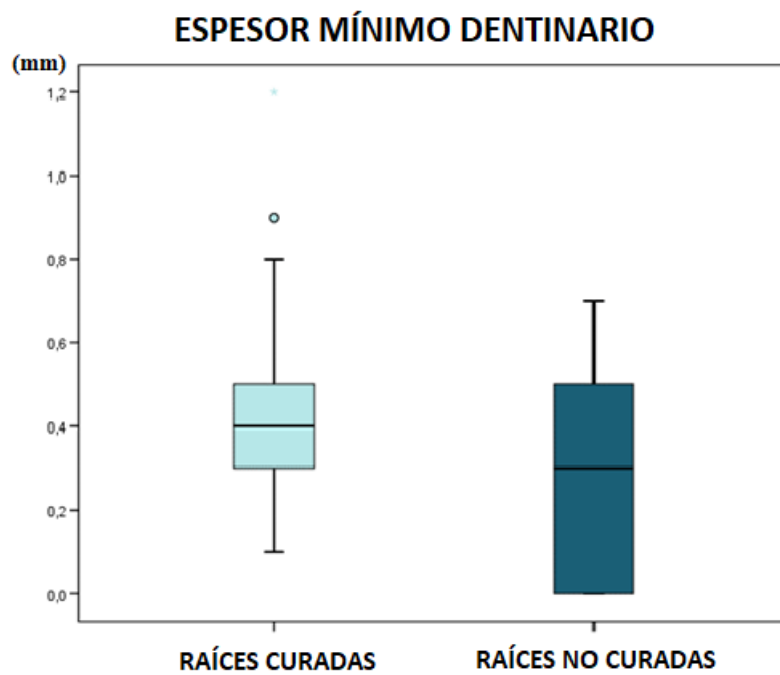
El análisis GEE no encontró una asociación significativa entre la curación y las variables independientes de estudio. Las asociaciones entre la curación y cada parámetro aparecen descritas en la tabla 12. El espesor mínimo de dentina no influyó significativamente sobre la curación ( $p > 0,05$ ), sin embargo, se observó que las raíces no curadas presentaron valores de espesor mínimo de dentina menores que las que curaron correctamente (Figura 32).

		Total	Curación completa	Curación limitada	Curación incierta	Curación insatisfactoria
Diámetro mayor radicular	N	62	34	17	7	4
	Media	4.13	4.1	4.31	3.48	4.19
	DE	0.84	0.84	0.9	0.37	0.31
	Min.	2.4	2.47	2.4	3.06	3.89
	Max.	6.26	5.62	6.26	3.76	4.5
	Mediana	4.17	4.16	4.31	3.63	4.18
Diámetro menor radicular	N	62	34	17	7	4
	Media	2.46	2.53	2.34	1.93	2.49
	DE	0.72	0.77	0.62	0.25	0.37
	Min.	1.1	1.2	1.1	1.7	2.06
	Max.	4.4	4.4	3.4	2.2	2.7
	Mediana	2.3	2.4	2.3	1.9	2.7
Espesor medio de dentina periférica	N	62	34	17	7	4
	Media	0.77	0.81	0.79	0.80	0.74
	DE	0.2	0.32	0.33	0.5	0.4
	Min.	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
	Max.	1.6	1.5	1.6	1.3	1.2
	Mediana	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4
Espesor mínimo de dentina periférica	N	62	34	17	7	4
	Media	0.42	0.46	0.35	0.37	0.23
	DE	0.19	0.18	0.17	0.15	0.4
	Min.	0	0.1	0.1	2	0
	Max.	1.2	1.2	0.7	0.5	0.7
	Mediana	0.4	0.4	0.4	0.4	0
N: número; DE: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo						

**Tabla 11:** Asociación entre la curación y las diferentes dimensiones radiculares (mm).

	Categoría	OR	95% IC	p-valor
Diámetro mayor radicular		0.66	0.34 – 1.30	0.231
Diámetro menor radicular		0.5	0.19 – 1.31	0.157
Espesor medio dentinario		0.01	0.00 – 3.33	0.121
Espesor mínimo dentinario		0.01	0.001 – 4.09	0.14
Arcada	Maxilar (ref.)	1		
	Mandibular	0.9	0.08 – 10.0	0.932
Tipo de diente	Incisivo	1		
	Canino	0.86	0.08 – 9.35	0.899
	Premolar	0.92	0.14 – 5.99	0.933
	Molar	0.76	2.33 – 42.9	0.750
p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001				
OR: odds ratio; IC: intervalo de confianza; ref.: referencia				

**Tabla 12:** Asociación entre la curación y las variables independientes. Regresión logística binaria a través de modelos lineales de Ecuación de Estimación Generalizada (GEE).



**Figura 32:** Diagrama de cajas. Relación entre el espesor mínimo dentinario y la curación de la lesión.

# DISCUSIÓN

## **7. DISCUSIÓN**

### **7.1 Justificación de la metodología empleada**

El objetivo del presente estudio se dividió en dos apartados claramente diferenciados. Por una parte, se describieron los diferentes hallazgos endoscópicos detectados sobre la superficie radicular tras la apicectomía, y la influencia de los mismos sobre la curación de la lesión. Por otra parte, se estudió la influencia del diámetro radicular y del espesor de la pared dentinaria periférica a la obturación retrograda, sobre la curación. La presente tesis doctoral se realizó con los datos obtenidos de 182 pacientes intervenidos con cirugía periapical en la Unidad de Cirugía Bucal del Departamento de Estomatología de la Universitat de València. Respecto a la metodología del estudio, se realizaron dos estudios retrospectivos para analizar las distintas variables relacionadas con la cirugía periapical.

Con el fin de homogeneizar la muestra, se excluyeron los casos en los que se llevaron a cabo procedimientos de regeneración ósea guiada como lesiones en túnel, defectos apicomarginales y lesiones de gran tamaño.

Apenas existen publicaciones sobre los hallazgos endoscópicos en cirugía periapical y sobre el espesor de la pared dentinaria periférica a la obturación retrógrada, que analicen amplias muestras de pacientes. El presente estudio, además de partir de una gran muestra de pacientes intervenidos, es el primero que analiza la influencia de los hallazgos endoscópicos sobre la curación de la lesión y que estudia clínicamente la zona de la pared dentinaria periférica a la obturación retrógrada con menor espesor, así como la influencia de la misma sobre la curación.

### **7.2 Hallazgos endoscópicos en cirugía periapical, y relación de los mismos con la tasa de curación.**

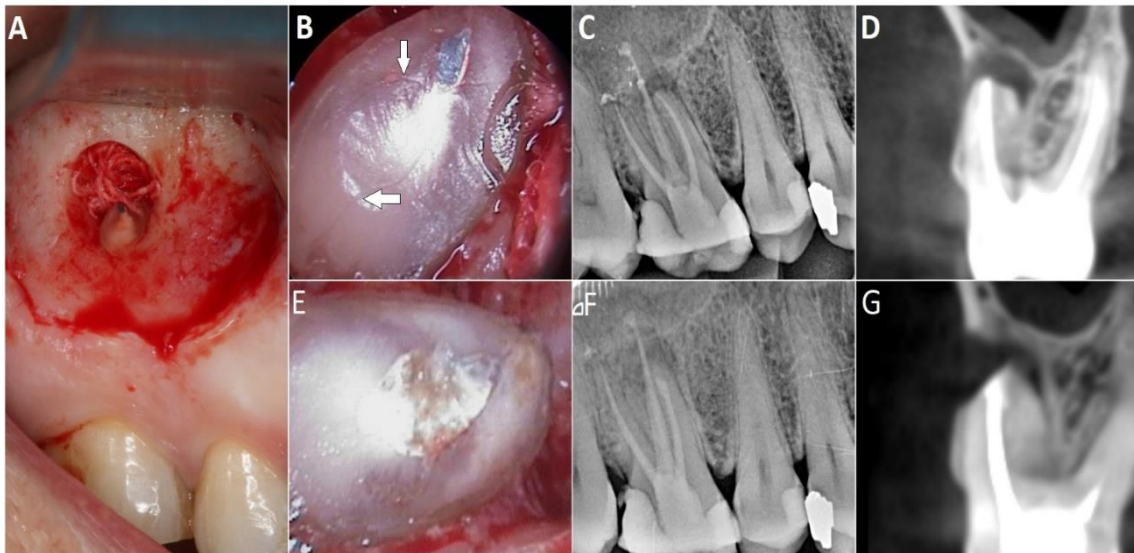
En la primera parte del estudio se realizó una inspección del corte de la raíz tras la resección apical mediante un endoscopio rígido con el fin de detectar diferentes hallazgos no visibles sin magnificación, y correlacionarlos con la edad del paciente, el tipo de diente y la presencia de postes o pernos en los dientes intervenidos. Posteriormente, se analizó la correlación entre los hallazgos endoscópicos y la curación de la lesión al año.



La presencia de más de un conducto radicular y, especialmente, aquellos que presentan istmos de unión, puede aumentar las probabilidades de fracaso de la cirugía periapical (46). En este trabajo se observó que la frecuencia de istmos fue del 47.7% en los molares, destacando la raíz mesial del primer molar inferior (91.1%), estando esto en concordancia con datos ya publicados anteriormente sobre la elevada frecuencia de istmos en la raíz mesial del primer molar inferior (20,40,47). El diagnóstico con magnificación y una correcta preparación de la cavidad retrógrada en las raíces que presentan istmos es crucial para poder realizar un tratamiento predecible. En el presente trabajo, no se encontraron diferencias significativas en la curación al año entre las raíces con sólo un conducto o más, ni entre las que presentaron istmos o no.

Con respecto a la incidencia de "craze lines" y "crack lines", se ha visto que el origen de este tipo de defectos dentinarios (48) puede deberse tanto al tratamiento de conductos por vía ortógrada (49,50), como a la preparación de la cavidad retrógrada durante la cirugía periapical (51,52). A día de hoy, solo existen tres estudios clínicos de cirugía periapical que hayan estudiado de forma intraoperatoria la posible causa de fracaso del tratamiento endodóntico convencional (20,38,53). En 2011, Song *et al.* detectaron un 1.2% de "cracks dentinarios" en las raíces que inspeccionaron mediante microscopio (53). En el mismo año, von Arx *et al.* mediante la magnificación con endoscopio rígido, reportaron un 6.5% de "craze lines" y 3% de "crack lines", ubicándose la mayor parte de ellos en la sección vestibular de la raíz (20). En 2017, von Arx *et al.* publicaron otro estudio clínico en el que observaron mediante endoscopio "crack lines" en un 10% de las raíces (38). En el presente estudio, se detectó una presencia de "craze lines" de un 8.3%, frente a un 3.9% de "crack lines", datos similares a los reportados por von Arx *et al.* (20,38). El significado clínico de los "crack lines" es especulativo, se ha descrito que pueden ser un lugar de colonización bacteriana (54), pueden afectar al sellado de la cavidad retrógrada (55), e incluso progresar a una fractura vertical (27,48). En concordancia con von Arx *et al.* (20), no se encontró correlación entre la edad del paciente y la ocurrencia de "crack lines" y "craze lines", y también se ha observado que la mayor parte de los "cracks" dentinarios se encontraban en la zona vestibular de la raíz (62.5%). Sin embargo, no se ha encontrado asociación con la presencia de restauración con poste o perno, y tampoco ha sido más frecuente la aparición de "cracks" en los premolares que en otro tipo de diente

(20) . Esta falta de correlación, puede ser debida a la baja cantidad de dientes restaurados con postes o pernos presente en la muestra de estudio. Con respecto a la curación, los crack lines se asociaron con un porcentaje de curación menor (figura 33), fracasando uno de los cuatro casos evaluados con radiografía periapical, y dos de los cuatro casos evaluados con TCHC.



**Figura 33:** Ejemplo de curación insatisfactoria en radiografía periapical y TCHC de la raíz mesiovestibular de un primer molar superior (1.6). A: imagen clínica intraoperatoria tras la resección apical. B: imagen endoscópica intraoperatoria tras la resección apical en la que se observan dos cracks dentinarios (←). C: radiografía periapical preoperatoria. D: corte sagital de la TCHC preoperatoria. E: imagen endoscópica intraoperatoria tras la obturación de la cavidad retrógrada con MTA, F: radiografía periapical de control al año de la intervención donde se observa la persistencia de la lesión, G: corte sagital de la TCHC de control al año donde se observa la persistencia de la lesión, no existiendo regeneración ósea del defecto.

La dentina opaca fue otro de los hallazgos analizados, consistente en un cambio del color amarillo o grisáceo hacia un color blanquecino. Fue identificada tras la realización de la resección apical en 2003 por Slaton CC. *et al* (21) en su estudio "in vitro" sobre la formación de "cracks" dentinarios, defendiendo los autores la aparición de esta dentina opaca en zonas de tensión. Más tarde, Paqué *et al.* (56) realizaron un estudio en 2006 en el que asociaron la presencia de dentina opaca a zonas con los túbulos dentinarios

permeabilizados en lugar de esclerotizados. Russel *et al.* (57) estudiaron en 2013 lo que denominaron como "efecto mariposa"; un fenómeno óptico que se da en una visión transversal de la raíz tras la resección apical, y encontraron que la densidad de los túbulos era significativamente mayor en las áreas vestibulolinguales (opacas) en comparación con las áreas mesiodistales (translúcidas), esta última correspondiente a lo que denominaron "alas de la mariposa". Posteriormente, los mismos autores estudiaron la dureza de la dentina de este efecto mariposa (58) , encontrando una dureza significativamente más alta en las zonas mesial y distal (alas de la mariposa) en comparación con las zonas vestibulolinguales. Los autores concluyeron que esto podría explicar la alta prevalencia de fracturas de raíces verticales que se producen en sentido vestíbulo-lingual (54,57,58) , por lo que el significado clínico de la dentina opaca a día de hoy no está claro, ya que quizás sea precursora de "cracks" o fracturas dentinarias en esas zonas radiculares.

von Arx *et al.* reportaron una prevalencia de dentina opaca del 79.8% (20) y del 84.1% (38), siendo más frecuente en dientes posteriores y en la región vestibular de la raíz. En el presente estudio, y en concordancia con los datos publicados por von Arx *et al.* (20,38) , se detectó la presencia de dentina opaca en 152 raíces (73.8%), siendo más frecuente en dientes posteriores de forma estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ). Sin embargo, la distribución por zonas de la raíz fue bastante homogénea, sin haber diferencias claras que corroboren la mayor cantidad de dentina opaca en algunas zonas de la raíz que en otras. No se encontró correlación en cuanto a la presencia de postes o pernos, y a la edad del paciente. En el presente estudio, no se encontró una asociación significativa entre la dentina opaca y la curación.

Se ha visto que una de las principales causas de fracaso del tratamiento endodóncico convencional, es la presencia de un gap entre el material de obturación y las paredes del conducto radicular. Fueron encontrados un total de 110 gaps (53.4%), siendo ligeramente mayor el número de gaps en las regiones vestibular (34.5%) y lingual (25.4%) de la raíz, comparado a la mesial (20.9%) y distal (19.1%). Estos resultados están en concordancia con los publicados por von Arx *et al.* (20,38) , que reportaron una mayor incidencia de gaps en las secciones vestibular y lingual de las raíces, achacando estos datos a la especulación de que la instrumentación y obturación de los conductos es más sencilla en

las zonas mesiales y distales que en la vestibular y palatina, y a la forma ovalada de los canales radiculares. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la curación al año entre las raíces con o sin gaps. Esto puede deberse a la realización de la cavidad retrógrada y su posterior sellado, eliminando el gap preexistente y causante de la periodontitis periapical crónica persistente.

Con respecto a las variables secundarias de estudio, la revisión sistemática realizada por Serrano-Giménez et al. (7), sugiere que no existe evidencia de que la edad sea un factor pronóstico de la tasa de éxito. Kreisler et al. (59) observaron en su estudio mejores resultados de curación (95%) en aquellos pacientes con edad comprendida entre 31 y 40 años. Sin embargo, Barone et al. (60) encontraron una tasa de curación en pacientes mayores de 45 años del 84%, en comparación con el 68% para los más jóvenes. En el presente estudio, no se encontró relación estadísticamente significativa entre la edad de los pacientes y la curación de la lesión.

No se encontró relación estadísticamente significativa entre el tipo de diente y la curación, sin embargo, si se observó un menor número de fracasos en dientes anteriores, en concordancia con varios estudios que reportan mejor pronóstico en dientes anteriores debido al acceso más sencillo a la zona apical (6,60-62).

En cuanto a la evaluación de la curación de la lesión, la tasa de curación con TCHC (82,3%) fue inferior a la estimada con RX PA (95,3%), existiendo casos en los que la regeneración ósea evaluada a través de la TCHC fue menor a lo que se observaba en la radiografía periapical convencional (figura 31).

### **7.3 Influencia del diámetro de la raíz y del espesor de las paredes dentinarias en la curación de la cirugía periapical.**

En este apartado del estudio se analizó el ancho radicular y el espesor dentinario periférico a la obturación retrógrada a nivel de la superficie radicular tras la resección apical, utilizándose para ello la TCHC de control al año y las imágenes endoscópicas

intraoperatorias obtenidas tras la realización de la obturación retrógrada. Los diámetros mayor (buco – lingual/palatino) y menor (mesio-distal), y el espesor medio y mínimo de pared dentinaria fueron correlacionados con la curación de la cirugía periapical. La curación radiográfica de la lesión se evaluó utilizando la TCHC, que ha demostrado ser la prueba radiográfica más precisa para diagnosticar y determinar el tamaño de las lesiones periapicales (63). Se utilizaron los criterios modificados de PENN 3D, ya que son los criterios radiográficos de curación más actuales en cirugía periapical (11).

Se ha descrito en la literatura que la apicectomía debe realizarse a 3mm del ápice, y la posterior cavidad retrógrada con una profundidad de 3mm (23). Sin embargo, a día de hoy, no se ha establecido si debe mantenerse un ancho radicular mínimo que sea capaz de albergar una obturación retrógrada estable. Así mismo, tampoco está claro si el espesor de la pared dentinaria remanente a la obturación retrógrada, espesor claramente determinado por la superficie radicular disponible, influencia sobre la curación.

En el presente estudio, no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre el ancho de la superficie radicular y la curación de la lesión al año. En concordancia con von Arx et al. (44), tampoco se encontró una asociación significativa entre el espesor periférico de dentina y la curación. Sin embargo, se realizó una medición adicional sobre la zona más estrecha de la pared dentinaria, denominada espesor mínimo de dentina, concepto no estudiado clínicamente hasta la fecha. Arens et al. (43) propusieron en 1998 mantener un mínimo de 2 mm de dentina periférica alrededor de la obturación retrógrada. En el mismo año, Lin et al. (64) llevaron a cabo un estudio "in vitro" sobre molares humanos extraídos del maxilar, después de la endodoncia, apicectomía y preparación de la cavidad retrógrada, y observaron que el espesor mínimo de dentina fue de 0.42 mm.

En 2006, Gutmann et al. propusieron mantener 1 mm alrededor de la obturación (65) . Dos años después, Roy et al. (66) realizaron un estudio para analizar el grosor de la dentina en 30 dientes anteriores (incisivos y caninos), y observaron que ninguno de los incisivos centrales tenía 2 mm de dentina periférica tras realizar la apicectomía de 3 mm, y ninguno de los caninos tenía 2 mm de dentina incluso después de realizar la apicectomía a 6mm. En base en estos resultados, concluyeron que las recomendaciones

de preservar 2 mm de estructura alrededor de las cavidades retrógradas no eran realistas, y propusieron mantener aproximadamente 1 mm de espesor de dentina.

En base a los resultados del presente estudio y de acuerdo con Lin et al. (64) y Roy et al. (66), no se registró un espesor mínimo de dentina igual o superior a 2mm en ninguna raíz. Todas las raíces que curaron correctamente presentaron un espesor mínimo dentinario menor a 1mm, siendo este el espesor mínimo propuesto en la literatura actualmente (43,65). En consecuencia, no sería necesario realizar la apicectomía al nivel de la raíz requerido para asegurar esos 2 mm de dentina periférica, lo que permitiría mantener la máxima longitud radicular posible y, por tanto, asegurar un mejor soporte óseo del diente. No obstante, si se observó una tendencia hacia la significación para el espesor mínimo dentinario respecto a la curación. El diagrama de cajas mostró que aquellas raíces que no curaron presentaron valores de espesor mínimo dentinario por debajo del grupo de raíces que curaron correctamente (Figura 32).

Además, algunos estudios in vitro han demostrado que la presencia de paredes dentinarias estrechas puede favorecer la formación de cracks dentinarios (67-69). Sin embargo, existe una considerable controversia respecto a ello, ya que otras publicaciones reportan que no hay relación (27,70-72). Por tanto, el vínculo entre el grosor de la dentina y la formación de grietas en la dentina sigue sin estar claro, y se requiere más investigación a este respecto

#### **7.4 Limitaciones del estudio**

Es pertinente mencionar que este estudio presenta una serie de limitaciones, tanto clínicas como metodológicas.

La principal limitación del estudio es que algunos hallazgos endoscópicos (ej: crack lines y craze lines) y el fracaso de la curación son eventos poco frecuentes, viéndose reducida la amplia muestra inicial de raíces a una muestra final mucho más limitada. Probablemente, con una muestra final más amplia, sí que se hubieran encontrado relaciones estadísticamente significativas. El diseño de este trabajo es retrospectivo, ya que analiza

una muestra de pacientes que ya han sido intervenidos con cirugía periapical. Debido a ello, no se dispone de TCHC de control al año en todos los pacientes, lo que hace que se reduzca notablemente la muestra de estudio siendo menos probable encontrar relaciones estadísticamente significativas, y habiéndose demostrado a día de hoy una mayor precisión de la TCHC para evaluar la curación de la lesión que la radiografía periapical convencional (11).

También existen limitaciones en cuanto al uso del endoscopio, como el empañamiento de la lente o la necesidad de enfocar correctamente la raíz cada vez que se utiliza el instrumento. Respecto a las mediciones, existe un pequeño margen de error a la hora de realizar la medición del diámetro mayor radicular sobre la TCHC, y de transferirlo a la imagen endoscópica para la calibración de la misma.

### **7.5 Recomendaciones para futuros estudios**

Los crack lines presentaron una tendencia a estar relacionados con una peor curación, por lo que nuevos estudios que amplíen el tamaño muestral de raíces con alteraciones endoscópicas, pudieran dar lugar a relaciones estadísticamente significativas.

Una posible recomendación de investigación futura es el estudio de la curación a largo plazo de aquellas raíces que presentan dentina opaca, "craze lines", o "crack lines", en comparación con un grupo control en el que no aparezcan dichas alteraciones, para ver si existe influencia de las mismas sobre la curación a largo plazo.

Debido a las altas tasas de éxito que ofrece la cirugía periapical en la actualidad, se requiere una muestra suficiente de casos con resultados fallidos para evaluar la relación tanto de los hallazgos endoscópicos, como del espesor de dentina periférica, con el éxito o fracaso de la cirugía periapical, y poder así generalizar los resultados obtenidos.

# CONCLUSIONES



## **8. CONCLUSIONES**

### **Conclusiones principales**

1. Los hallazgos endoscópicos (conductos radiculares, istmos de unión, crack lines, craze lines, dentina opaca y gaps) no influyeron significativamente sobre la curación de la lesión a los 12 meses, pero se observó un porcentaje menor de curación en las raíces que presentaron crack lines.
2. Ni el diámetro de la superficie radicular, ni el espesor de dentina periférico a la obturación retrógrada influyeron sobre la curación de la lesión a los 12 meses. Sin embargo, se observó que las raíces que no curaron correctamente presentaron valores de espesor mínimo dentinario inferiores a las que sí curaron aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

### **Conclusiones secundarias**

1. La presencia de dentina opaca fue más frecuente en dientes posteriores que en anteriores. El tipo de diente, la edad del paciente, y las restauraciones con postes o pernos no influyeron sobre los hallazgos endoscópicos.
2. Ni la edad ni el sexo del paciente influyeron sobre la curación de la lesión a los 12 meses.
3. Ni el tipo ni la posición del diente influyeron en la curación de la lesión a los 12 meses.

# BIBLIOGRAFÍA

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature--part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2010 Nov;36(11):1757-1765.
- (2) von Arx T. Failed root canals: the case for apicoectomy (periradicular surgery). *J Oral Maxillofac Surg* 2005 Jun;63(6):832-837.
- (3) The Tenth Edition of the AAE Glossary of Endodontic Terms. American Association of Endodontics.
- (4) Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M. Ultrasonic root-end preparation: clinical and radiographic evaluation of results. *J Oral Maxillofac Surg* 1996 May;54(5):590-593.
- (5) Martí-Bowen E, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Periapical surgery using the ultrasound technique and silver amalgam retrograde filling. A study of 71 teeth with 100 canals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005 Apr 1;10 Suppl 1:E67-73.
- (6) von Arx T, Peñarrocha M, Jensen S. Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis. *J Endod* 2010 Jun;36(6):957-973.
- (7) Serrano-Giménez M, Sánchez-Torres A, Gay-Escoda C. Prognostic factors on periapical surgery: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2015 Nov 1;20(6):e715-22.
- (8) Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995 Mar;21(3):109-112.
- (9) Menéndez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. New perspectives in periapical surgery: Hemostasis. *Journal of Oral Science Rehabilitation*. 2018 Sep;4(3): 46–49.
- (10) von Arx T, Kurt B. Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 1999 Jun;57(6):656-661.
- (11) Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC. A Comparison of 2- and 3-dimensional Healing Assessment after Endodontic Surgery Using Cone-beam Computed Tomographic Volumes or Periapical Radiographs. *J Endod* 2017 Jul;43(7):1072-1079.

- (12) Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *J Oral Maxillofac Surg* 2006 Feb;64(2):235-242.
- (13) Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008 Nov;37(11):1022-1026.
- (14) Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Braz Oral Res* 2009 Jan-Mar;23(1):23-30.
- (15) Tsesis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *J Endod* 2009 Nov;35(11):1505-1511.
- (16) Kim S. Principles of endodontic microsurgery. *Dent Clin North Am* 1997 Jul;41(3):481-497.
- (17) Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod* 2006 Jul;32(7):601-623.
- (18) Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature--Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod* 2012 Jan;38(1):1-10.
- (19) Christiansen R, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling--1-year follow-up. *Int Endod J* 2009 Feb;42(2):105-114.
- (20) von Arx T, Steiner RG, Tay FR. Apical surgery: endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. *Int Endod J* 2011 Apr;44(4):290-302.
- (21) Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, Parker MH, Kimbrough WF, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *J Endod* 2003 Aug;29(8):519-522.
- (22) Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Use of a surgical microscope and endoscope to maximize the success of periradicular surgery. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006 Apr;18(3):193-8; quiz 200.

- (23) Martí Bowen E, Peñarrocha M. An update in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006 Nov 1;11(6):E503-9.
- (24) Reiling J. Endoscope specifications. In: Reiling J ed. *Technical Endoscopy: Systems, Components, Applications*. . Endoscope specifications. In: Reiling J ed. *Technical Endoscopy: Systems, Components, Applications*. Landsberg, Germany: Verlag Moderne Industrie, pp. 33–41.
- (25) Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007 Apr;45(3):242-244.
- (26) Cambruzzi JV, Marshall FJ, Pappin JB. Methylene blue dye: an aid to endodontic surgery. *J Endod* 1985 Jul;11(7):311-314.
- (27) De Bruyne MA, De Moor RJ. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *Int Endod J* 2005 May;38(5):310-319.
- (28) von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J* 2003 Oct;36(10):691-699.
- (29) von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod* 2010 Sep;36(9):1563-1568.
- (30) von Arx T, Hunenbart S, Buser D. Endoscope- and video-assisted endodontic surgery. *Quintessence Int* 2002 Apr;33(4):255-259.
- (31) Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009 Jul 21;6(7):e1000097.
- (32) Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 2017 Sep 21;358:j4008.
- (33) Greenhalgh T, Peacock R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. *BMJ* 2005 Nov 5;331(7524):1064-1065.

- (34) Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* 2016 Oct 12;355:i4919.
- (35) Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics* 1977 Jun;33(2):363-374.
- (36) Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987 Aug;16(4):432-439.
- (37) Molven O, Halse A, Grung B. Incomplete healing (scar tissue) after periapical surgery-radiographic findings 8 to 12 years after treatment. *J Endod* 1996 May;22(5):264-268.
- (38) Arx TV, Bosshardt D, Bingisser AC, Bornstein MM. Endoscopic Evaluation of Cut Root Faces and Histologic Analysis of Removed Apices Following Root Resection: A Clinical Study. *Eur Endod J* 2017 Dec 22;3(1):18-23.
- (39) von Arx T, Frei C, Bornstein MM. Periradicular surgery with and without endoscopy: a prospective clinical comparative study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003;113(8):860-865.
- (40) von Arx T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J* 2005 Mar;38(3):160-168.
- (41) Carr GB. Ultrasonic root end preparation. *Dent Clin North Am* 1997 Jul;41(3):541-554.
- (42) Gutmann JL, Pitt Ford TR. Management of the resected root end: a clinical review. *Int Endod J* 1993 Sep;26(5):273-283.
- (43) Arens DE, Torabinejad M, Chivian N, Rubinstein R. Arens DE, Torabinejad M, Chivian N, Rubinstein R (1998) *Practical lessons in endodontic surgery*. Quintessence Pub Co Inc, Chicago.
- (44) Von Arx T, Marwik E, Bornstein MM. Effects of Dimensions of Root-End Fillings and Peripheral Root Dentine on the Healing Outcome of Apical Surgery. *Eur Endod J* 2019 Jul 18;4(2):49-56.
- (45) Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979 Mar;86(2):420-428.

- (46) Kim S, Jung H, Kim S, Shin SJ, Kim E. The Influence of an Isthmus on the Outcomes of Surgically Treated Molars: A Retrospective Study. *J Endod* 2016 Jul;42(7):1029-1034.
- (47) Yoon J, Cho BH, Bae J, Choi Y. Anatomical analysis of the resected roots of mandibular first molars after failed non-surgical retreatment. *Restor Dent Endod* 2018 Mar 5;43(2):e16.
- (48) Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod* 1999 Aug;25(8):567-570.
- (49) Monga P, Bajaj N, Mahajan P, Garg S. Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dent J* 2015 Dec;36:29-33.
- (50) Wei X, Hu B, Peng H, Tang M, Song J. The incidence of dentinal cracks during root canal preparations with reciprocating single-file and rotary-file systems: A meta-analysis. *Dent Mater J* 2017 May 31;36(3):243-252.
- (51) Del Fabbro M, Tsesis I, Rosano G, Bortolin M, Taschieri S. Scanning electron microscopic analysis of the integrity of the root-end surface after root-end management using a piezoelectric device: a cadaveric study. *J Endod* 2010 Oct;36(10):1693-1697.
- (52) Tawil PZ. Periapical Microsurgery: Can Ultrasonic Root-end Preparations Clinically Create or Propagate Dentinal Defects? *J Endod* 2016 Oct;42(10):1472-1475.
- (53) Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod* 2011 Nov;37(11):1516-1519.
- (54) Wright HM,Jr, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Waller J, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of transillumination and dyes. *J Endod* 2004 Oct;30(10):712-715.
- (55) De Bruyne MA, De Moor RJ. Influence of cracks on leakage and obturation efficiency of root-end filling materials after ultrasonic preparation: an in vitro evaluation. *Quintessence Int* 2008 Sep;39(8):685-692.
- (56) Paqué F, Luder HU, Sener B, Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *Int Endod J* 2006 Jan;39(1):18-25.

- (57) Russell AA, Chandler NP, Hauman C, Siddiqui AY, Tompkins GR. The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. *J Endod* 2013 Feb;39(2):208-210.
- (58) Russell AA, Chris He LH, Chandler NP. Investigation of dentin hardness in roots exhibiting the butterfly effect. *J Endod* 2014 Jun;40(6):842-844.
- (59) Kreisler M, Gockel R, Aubell-Falkenberg S, Kreisler T, Weihe C, Filippi A, et al. Clinical outcome in periradicular surgery: effect of patient- and tooth-related factors--a multicenter study. *Quintessence Int* 2013 Jan;44(1):53-60.
- (60) Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod* 2010 Jan;36(1):28-35.
- (61) von Arx T, Jensen SS, Hänni S, Friedman S. Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *J Endod* 2012 May;38(5):570-579.
- (62) Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Prognostic Factors after Endodontic Microsurgery: A Retrospective Study of 111 Cases with 5 to 9 Years of Follow-up. *J Endod* 2021 Mar;47(3):397-403.
- (63) Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol* 1999 Aug;15(4):186-189.
- (64) Lin CP, Chou HG, Kuo JC, Lan WH. The quality of ultrasonic root-end preparation: a quantitative study. *J Endod* 1998 Oct;24(10):666-670.
- (65) Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdhal PE. *Problems solving in endodontics*. . 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosb; 2006.
- (66) Roy R, Chandler NP, Lin J. Peripheral dentin thickness after root-end cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008 Feb;105(2):263-266.
- (67) Tawil PZ, Saraiya VM, Galicia JC, Duggan DJ. Periapical microsurgery: the effect of root dentinal defects on short- and long-term outcome. *J Endod* 2015 Jan;41(1):22-27.
- (68) Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995 Aug;80(2):207-213.



(69) Frank RJ, Antrim DD, Bakland LK. Effect of retrograde cavity preparations on root apexes. *Endod Dent Traumatol* 1996 Apr;12(2):100-103.

(70) Gondim E,Jr, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *J Endod* 2002 Sep;28(9):646-650.

(71) Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004 Aug;98(2):237-242.

(72) Tobón-Arroyave SI, Restrepo-Pérez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero ML, García-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J* 2007 Aug;40(8):590-602.

**DOCUMENTOS**  
**ANEXOS**

## 10. DOCUMENTOS ANEXOS

### 10.1 ANEXO 1. PRISMA Checklist.



#### PRISMA 2009 Checklist

Section/topic	#	Checklist item	Reported on page #
<b>TITLE</b>			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	1
<b>ABSTRACT</b>			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	1
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	2
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	2
<b>METHODS</b>			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	2
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	2
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	2
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	2
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	2
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	2
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	2
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	2
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	2
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., $I^2$ ) for each meta-analysis.	2

## 10.2 ANEXO II. STROBE Statements

STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cross-sectional studies*

	Item No	Recommendation
<b>Title and abstract</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract
		(b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>Introduction</b>		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding
		(b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions
		(c) Explain how missing data were addressed
		(d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy
		(e) Describe any sensitivity analyses
<b>Results</b>		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included

		in the study, completing follow-up, and analysed
		(b) Give reasons for non-participation at each stage
		(c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders
		(b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included
		(b) Report category boundaries when continuous variables were categorized
		(c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
<b>Discussion</b>		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>Other information</b>		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

**STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cohort studies***

	<b>Item No</b>	<b>Recommendation</b>
<b>Title and abstract</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract
		(b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found

<b>Introduction</b>		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up  (b) For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding  (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions  (c) Explain how missing data were addressed  (d) If applicable, explain how loss to follow-up was addressed  (e) Describe any sensitivity analyses
<b>Results</b>		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed  (b) Give reasons for non-participation at each stage  (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders  (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest

		(c) Summarise follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures over time
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included
		(b) Report category boundaries when continuous variables were categorized
		(c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period
Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
<b>Discussion</b>		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>Other information</b>		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

### 10.3 ANEXO III. Comisión de ética de investigación

**D. José María Montiel Company**, Profesor Contratado Doctor del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

**CERTIFICA:**

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 18 de julio de 2019, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado: *"Utilidad del endoscopio en cirugía periapical"*, número de procedimiento 1126870, cuyo responsable es D. Miguel Peñarrocha Diago, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a veinticuatro de julio de dos mil diecinueve.





## 10.4 ANEXO IV. Hoja informativa y consentimiento informado del estudio

*El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula:*

“Utilidad del endoscopio en cirugía periapical”.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le ruego que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda exprese la, antes de firmar este documento, al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico. Los datos del investigador principal del proyecto aparecen también en el presente documento.

La información básica que debe conocer es la siguiente:

### **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Objetivo General:

El objetivo principal del presente estudio es determinar los beneficios de la utilización del endoscopio rígido como sistema de magnificación del campo operatorio en cirugía periapical.

Objetivos específicos:

Describir los diferentes hallazgos endoscópicos detectados sobre la superficie radicular tras la apicectomía, y analizar si influyen en la curación de la lesión a los 12 meses.

Evaluar el diámetro de la superficie radicular y el espesor de las paredes dentinarias periféricas a la obturación retrógrada, y analizar si influyen en la curación de la lesión a los 12 meses.

Analizar la relación entre los hallazgos endoscópicos y la edad del paciente, tipo de diente, y tipo de restauración corona (con o sin perno o poste).

Estudiar si la edad y el sexo del paciente influenciaron en la curación de la lesión a los 12 meses.

Examinar si el tipo y posición del diente influenciaron en la curación de la lesión a los 12 meses.

Los resultados de los proyectos de investigación pueden derivar del uso de estas muestras biológicas pueden contribuir a la mejora en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Tanto

las muestras como los datos asociados a las mismas serán custodiados y en su caso cedidos a terceros con fines de investigación biomédica en los términos previstos en la Ley 14/2007, de 3 de julio, y en el Real Decreto 1716/2011, de 18 de noviembre.

## **METODOLOGÍA**

Se trata de un estudio de seguimiento clínico, de carácter retrospectivo. Se recopilarán de la historia clínica que obra en el Departamento de Cirugía Bucal de la Universidad de Valencia los siguientes datos: edad del paciente, sexo, fecha de la cirugía, antecedentes generales, alergias, índice de higiene oral, índice de sangrado, tabaquismo, dientes tratados mediante cirugía periapical, número de lesiones radiotransparentes, síntomas un mes antes de la cirugía, signos de los tejidos blandos antes de la intervención, profundidad de sondaje, tipo de incisión realizada, tipo de anestesia empleada, método de hemostasia, material de relleno de la cavidad retrógrada, imágenes endoscópicas, imágenes radiológicas, duración del acto quirúrgico.

Toda ésta información, está en la historia clínica y no se le van a realizar pruebas o exploraciones adicionales.

El acceso a la historia clínica, la realizará una persona en formación, debidamente autorizada y con un código de registro de acceso, que conoce la normativa emanada de la *Orden SSI/81/2017, de 19 de enero, por la que se publica el Acuerdo de la Comisión de Recursos Humanos del Sistema Nacional de Salud, por el que se aprueba el protocolo mediante el que se determinan pautas básicas destinadas a asegurar y proteger el derecho a la intimidad del paciente por los alumnos y residentes en Ciencias de la Salud. (en caso de que se trate de otra persona, especificar)*

En ningún caso se compartirá la información recopilada utilizando sistemas de información y/o herramientas informáticas/redes sociales, que no se encuentren sujetos a los sistemas de seguridad del Centro y estará supervisado por el responsable de los procesos asistenciales en el centro, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 104 de la LGS en relación con lo previsto en el Real Decreto 1558/1986.

## **BENEFICIOS ESPERADOS**

Los resultados de este proyecto de investigación pueden contribuir a la mejora en la realización de intervenciones de cirugía periapical, lo que puede influir en un aumento de la tasa de éxito de esta, así como en la calidad de vida postoperatoria de los pacientes sometidos a estas intervenciones.

## **CONSECUENCIAS PREVISIBLES DE SU NO PARTICIPACIÓN Y DERECHO DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO**

La participación en este estudio es voluntaria y puede cancelarse en cualquier momento. Si rechaza participar, no habrá consecuencias negativas para usted. Si se retira del proyecto, puede decidir si los datos utilizados hasta éste momento, deben borrarse o si se pueden seguir utilizando tras haberlos convertido en anónimos (p. ej., eliminando los datos de la información identificativa, incluido el código, para que resulte imposible volver a identificarlos). No percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por participar en ésta investigación.

## **PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES Y CONFIDENCIALIDAD**

*Indicar los detalles del tratamiento que se dará a los datos de carácter personal del paciente, para ello consultar el siguiente documento disponible en la página web:*

***Protocolo para el cumplimiento de la normativa de protección de datos en la realización de Prácticas Externas y Trabajos Fin de Estudios***

Se han adoptado las medidas oportunas para garantizar la completa confidencialidad de los datos personales de los sujetos de experimentación que participen en este estudio, de acuerdo con la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) 3/2018, de 5 de diciembre.

A cada participante se le asignará un código numérico, que no guardará relación con el número de historia ni con ningún dato identificativo del paciente, por lo que el tratamiento de los datos se realizará de forma anónima por parte de los investigadores. Dicho código le será asignado por el responsable del Centro, Consulta, Departamento o Unidad Clínica.

En el caso que se utilicen los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resultarán identificados o identificables.

El titular de los datos personales podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición al tratamiento de datos de carácter personal, y de revocación del consentimiento, en los términos previstos en la normativa aplicable. *(Si lo considera oportuno, puede detallar más esas medidas)*

### ***INFORMACIÓN DE CONTACTO***

Si tienen alguna pregunta sobre este proyecto de investigación, puede consultar en cualquier momento al Investigador responsable del estudio: Pablo Glera Suárez tf:638068240 email: pablossk32@gmail.com. Si deciden participar en este proyecto, rellenen y firmen el formulario de consentimiento que aparece a continuación.

**PACIENTE***Si la persona es mayor de edad, se recomienda utilizar esta fórmula:*

D./Dña. \_\_\_\_\_ mayor de edad, titular del DNI:  
\_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

*Si la persona es menor de edad o está incapacitada legalmente, se recomienda utilizar esta fórmula:*

D./Dña. \_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI:  
\_\_\_\_\_, [padre, madre o tutor legal de \_\_\_\_\_], por  
el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

**DECLARO**

- Que he leído la hoja de información que se me ha entregado.
- Que he comprendido las explicaciones que se me han facilitado.
- Que he podido realizar observaciones y me han sido aclaradas las dudas que he planteado.
- Que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto tenga ninguna repercusión negativa.
- Que de forma libre y voluntaria cedo los datos que se hallan recogidos en la historia clínica de mi hijo para el estudio que se me ha propuesto
- Que puedo incluir restricciones sobre el uso de las mismas.

**CONSIENTO**

Que se utilicen los datos que se hallan recopilados en mi historia clínica para el mencionado estudio.

Que el investigador pueda acceder a mis datos en la medida en que sea necesario y manteniendo siempre su confidencialidad.

Que el personal del centro me contacte en el futuro en caso de que se estime oportuno añadir nuevos datos a los recogidos y/o tomar nuevas muestras.  Sí  No

Deseo incluir la siguiente restricción al uso de mis datos:

.....

Nombre y apellidos	Nombre y apellidos
Firma PADRE / MADRE / TUTOR <i>Sólo utilizar en caso de que sea menor o tenga declaración de incapacidad</i>	Firma

**Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni**

incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

**Declaración Investigador:**

He informado debidamente al representante legal y/o y al paciente arriba mencionado

Fdo.: ..... DNI .....

En ..... a ..... de ..... de 20...

**REVOCACIÓN**

Fdo.: D./Dña .....

Revoco el consentimiento cedido para la utilización de los datos de mi hijo/a para el estudio propuesto

En ..... a ..... de ..... de 20...

**EJEMPLAR PARA EL CENTRO**

*Si la persona es mayor de edad, se recomienda utilizar esta fórmula:*

D./Dña. \_\_\_\_\_ mayor de edad, titular del DNI:  
\_\_\_\_\_, por el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

*Si la persona es menor de edad o está incapacitada legalmente, se recomienda utilizar esta fórmula:*

D./Dña. \_\_\_\_\_, mayor de edad, titular del DNI:  
\_\_\_\_\_, [padre, madre o tutor legal de \_\_\_\_\_], por  
el presente documento manifiesto los siguientes consentimientos:

**DECLARO**

- Que he leído la hoja de información que se me ha entregado.
- Que he comprendido las explicaciones que se me han facilitado.
- Que he podido realizar observaciones y me han sido aclaradas las dudas que he planteado.
- Que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto tenga ninguna repercusión negativa.
- Que de forma libre y voluntaria cedo los datos que se hallan recogidos en la historia clínica de mi hijo para el estudio que se me ha propuesto
- Que puedo incluir restricciones sobre el uso de las mismas.

**CONSIENTO**

Que se utilicen los datos que se hallan recopilados en mi historia clínica para el mencionado estudio.

Que el investigador pueda acceder a mis datos en la medida en que sea necesario y manteniendo siempre su confidencialidad.

Que el personal del centro me contacte en el futuro en caso de que se estime oportuno añadir nuevos datos a los recogidos y/o tomar nuevas muestras.  Sí  No

Deseo incluir la siguiente restricción al uso de mis datos:

.....

Nombre y apellidos	Nombre y apellidos
Firma PADRE / MADRE / TUTOR <i>Sólo utilizar en caso de que sea menor o tenga declaración de incapacidad</i>	Firma

**Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni**

incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

**Declaración Investigador:**

He informado debidamente al representante legal y al paciente arriba mencionado

Fdo.: ..... DNI .....

En ..... a ..... de ..... de 20...

**REVOCACIÓN**

Fdo.: D./Dña .....

Revoco el consentimiento cedido para la utilización de los datos de mi hijo/a para el estudio propuesto

En ..... a ..... de ..... de 20.....

# PRODUCCIÓN CIENTÍFICA



## 11. Producción científica del autor sobre el tema de la tesis doctoral

### 11.1 Artículos publicados

- **Glera-Suárez P**, Pallarés-Serrano A, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. Is Healing of Periapical Surgery Influenced by Endoscopic Findings Detected on the Cut Root Surface? J Oral Maxillofac Surg. 2022;80(5):902-912.

- **Glera-Suárez P**, Pallarés-Serrano A, Soto-Peñaloza D, Tarazona-Álvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Endoscopic findings in periapical surgery. A cross-sectional study of 206 roots. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2022 Jul 1;27(4):e375-e382.

- **Glera-Suárez P**, Pallarés-Serrano A, Soto-Peñaloza D, Tarazona-Alvarez B, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Oltra D. Influence of root width and dentin wall thickness evaluated by endoscopy upon the outcome of periapical surgery. A cohort study. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2022 Jul 1;27(4):e383-e391.

- **Glera-Suarez P**, Serra-Pastor B, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Gay-Escoda C. Periapical Microsurgery with an Endoscope and Microscope of Two Upper Central Incisors Already Subjected to Periapical Surgery 25 Years Ago. Case Rep Dent. 2020 Dec 1;2020:8885568.

- Pallarés-Serrano A, **Glera-Suarez P**, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review. J Clin Exp Dent. 2020 Oct 1;12(10):e972-e978.

### 11.2 Comunicaciones científicas

- **Glera-Suarez P**, Pallarés-Serrano A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Relación entre el espesor de pared dentinaria radicular tras la obturación a retro y el éxito en cirugía periapical. XVII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Bucal. Sevilla (24 - 26 de octubre de 2019).

- **Glera-Suárez P**, Pallarés-Serrano A, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. Curación al año en cirugía periapical en relación a los hallazgos endoscópicos de la superficie radicular. XVIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Bucal. Online (24 y 25 de septiembre de 2021).

# ARTÍCULOS PUBLICADOS

# Is Healing of Periapical Surgery Influenced by Endoscopic Findings Detected on the Cut Root Surface?



Pablo Glera-Suárez, DDS, MS,\* Antonio Pallarés-Serrano, DDS, MS,\*  
David Penarrocha-Oltra, DDS, MS, PhD,<sup>†</sup>  
Miguel Penarrocha-Diago, MD, DDS, MS, PhD,<sup>‡</sup> and  
María Penarrocha-Diago, DDS, MS, PhD<sup>‡</sup>

**Purpose:** An analysis was made of the association between the endoscopic findings of the sectioned root end surface and healing of the lesion 1 year after periapical surgery, although no studies appear to have analyzed them in relation to healing after periapical surgery.

**Methods:** A retrospective cohort study was made of patients subjected to periapical surgery between 2011 and 2019. After apicoectomy, the root end surface was examined, evaluating the number of canals, isthmuses, dentin cracks and craze lines, opaque dentin, and gaps between the filling material and the root canal wall. An analysis (using Generalized Estimating Equation models) was made of the association between the endoscopic findings and healing evaluated by von Arx and Kurt criteria and the modified PENN 3D criteria. The possible influence of patient age and gender and the type of tooth involved on healing was evaluated.

**Results:** A total of 108 patients (114 teeth and 128 roots) were subjected to periapical surgery. Two or more canals were detected in 27.3% of the roots (8.6% not subjected to orthograde filing), and isthmuses were identified in 18%, craze lines in 7%, cracks in 3.1%, opaque dentin in 69.5%, and gaps in 53.1% of the roots. The healing rate at 1 year according to the criteria of von Arx and Kurt was 95.4% versus 82.2% according to the modified PENN 3D criteria. Failure was more common in roots with cracks, although statistical significance was not reached (odds ratio [95% confidence interval]: 0.20 [0.01 to 4.04];  $P = .200$ ). The rest of the endoscopic findings as well as patient age and gender and the type of tooth did not influence healing ( $P > .05$ ).

**Conclusions:** In the present sample, no statistically significant associations were observed between the endoscopic and healing at 1 year after periapical surgery. Failure was more common in roots with cracks, however.

© 2022 American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons  
*J Oral Maxillofac Surg* 80:902-912, 2022

The aim of periapical surgery is to secure periapical tissue regeneration, and its success rates have increased over the years.<sup>1</sup> In 1996, Sumi et al.<sup>2</sup> described periapical

surgery as one of the least widespread and most inadequately performed procedures in oral surgery, with a reported success rate of approximately 50%.

\*Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain.

†Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain; Researcher of the IDIBELL Institute, Barcelona, Spain.

‡Full Professor and Chairman, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain; Researcher of the IDIBELL Institute, Barcelona, Spain.

Conflict of Interest Disclosures: There are no funding issues or conflicts of interest regarding the publication of this article.

Address correspondence and reprint requests to Dr Penarrocha-Oltra, Universitat de València, Clínica Odontológica, Unidad de Cirugía Bucal, Gascó Oliag 1, 46010 Valencia, Spain; e-mail: david.penarrocha@uv.es

Received September 26 2021

Accepted January 13 2022

© 2022 American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons

0278-2391/22/00066-0

<https://doi.org/10.1016/j.joms.2022.01.011>

However, starting in the year 2000, the scenario changed thanks to the introduction of novel surgical field magnification and illumination systems, such as the endoscope or the microscope.<sup>3,4</sup> With the evolution of the technique toward microperiapical surgery, the success rates at 1 year have since reached about 92%.<sup>5</sup> One of the advantages of the endoscope with high magnification (14 to 26×) is the detection of root microfindings after apical resection, such as the number of canals, joining isthmuses, craze lines, cracks, opaque dentin, or gaps—the clinical significance of which remains unclear to date.<sup>3</sup>

Some of these microfindings, such as opaque dentin and cracks, were described in 2003 by Slaton et al.,<sup>6</sup> endorsing the endoscope as one of the best magnification systems in periapical surgery. Posteriorly, in 2011 and 2017, von Arx et al.<sup>7,8</sup> published the only 2 clinical studies analyzing the microfindings on the sectioned root end surface after apicoectomy. In these studies, using the rigid endoscope as magnification system, the authors reported the presence of opaque dentin in 79.8 to 84.1% of the roots and of craze lines and cracks in 3.5 to 10.1%.

It has been described in the literature that opaque dentin and cracks may be precursors of root fractures,<sup>9</sup> and it has also been reported that cracks may be susceptible to bacterial colonization<sup>10</sup> and might not allow correct sealing of the retrograde cavity.<sup>11</sup> The available clinical studies<sup>7,8</sup> offer information on the prevalence of these findings, although no studies appear to have analyzed them in relation to healing after periapical surgery in one same sample.

The purpose of this study was to analyze the association between the endoscopic findings of the sectioned root end surface and healing of the lesion 1 year after periapical surgery. The investigators hypothesized that some of the endoscopic findings may have a negative effect on the healing rate. The specific aims of this study were 1) to analyze the association between the endoscopic findings and healing; 2) to study whether the prevalence of the findings varies depending on the age, gender, or type of tooth; and 3) to evaluate the concordance between healing at 1 year according to the criteria of von Arx and Kurt and the modified PENN 3D criteria.

## Materials and Methods

### STUDY DESIGN

To address the research purpose, the investigators designed and implemented a retrospective cohort study at the Oral Surgery and Implantology Unit (Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain). The study was conducted in abidance with the Declaration of Helsinki (1975 as revised in 2013) regarding biomed-

ical research in human subjects and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia (Protocol ref.: 1,126,870). The present study is reported according to the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology statement for cohort studies ([www.strobe-statement.org](http://www.strobe-statement.org)).

### SAMPLE SELECTION

The study population was composed of patients subjected to periapical surgery between September 2011 and December 2019.

The inclusion criteria were healthy patients without serious systemic diseases or functional limitations, with stable periodontal conditions subjected to endodontic microsurgery using ultrasonic tips, a rigid endoscope as surgical field magnification and illumination system, mineral trioxide aggregate (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) as retrograde filling material, and with 1 year of clinical and periapical radiographic and/or cone-beam computed tomography (CBCT) follow-up after surgery. The exclusion criteria were patients failing to come to the control visits, through-and-through lesions, apicomarginal defects, and cases with regeneration of the bone defect.

### SURGICAL TECHNIQUE

In all cases, local infiltration anesthesia was provided with 4% articaine and epinephrine (1:100,000; Inibsa; Llica of Vall, Barcelona, Spain), and all surgeries were performed using a dental operating microscope (Möller Dental 300, Wedel, Germany) and a rigid endoscope with 30° forward view and 2.7 mm in diameter (HOPKINS optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope, Tuttlingen, Germany) as magnification and illumination devices. Paramarginal or submarginal incisions were performed. After mucoperiosteal flap release, an ostectomy was carried out using round 0.27 mm tungsten-carbide drills (Jota, Switzerland) mounted in a 1:1 handpiece (WandH, Bürmoos, Austria) under irrigation with sterile saline solution. Hemostasis was secured with Expasyl (Pierre Rolland, Merignac, France) or sterile polytetrafluoroethylene strips.<sup>12</sup>

The apical portion was resected 3 mm, as perpendicular as possible to the longitudinal axis of the tooth, and the root end surface was inspected with the endoscope. Images were captured and processed using a documentation device providing 5,600 K daylight coloration, with a 50 W (1,000 lumens) halogen lamp illumination source (TELE PACK PAL Control Unit 200430-20; Karl Storz-Endoskope) and using a digital camera with Parfocal Zoom Lens,  $f = 25$  to 50 mm (2×; TELECAM PAL color system, Karl Storz-Endoskope). The retrograde cavities were then prepared 3 mm in depth with ultrasonic retrotips

(Piezomed, WandH, Bürmoos, Austria), followed by retrofilling with mineral trioxide aggregate (Dentsply, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA). Intraoperative photographs were obtained using the rigid endoscope with the highest possible magnification. Tension-free flap closure was performed using 6-0 suture material (Polinyl, Sweden, and Martina, Carrare, Italy). The surgical technique has been further detailed in previous publications.<sup>12</sup>

#### VARIABLES

The primary predictor variables comprised the different endoscopic findings of periapical surgery: number of root canals, isthmuses (joining lines between 2 or more canals), craze lines (dark lines appearing to disrupt the integrity of the root dentin), opaque or "frosted" dentin (whitish dentin areas contrasting with the normal yellow/gray hue of the root dentin), and gaps (unfilled spaces between the root canal filling material and the dentin wall). Figure 1 shows clinical images of the different endoscopic findings.

The primary outcome variable was healing evaluated 1 year after periapical surgery.

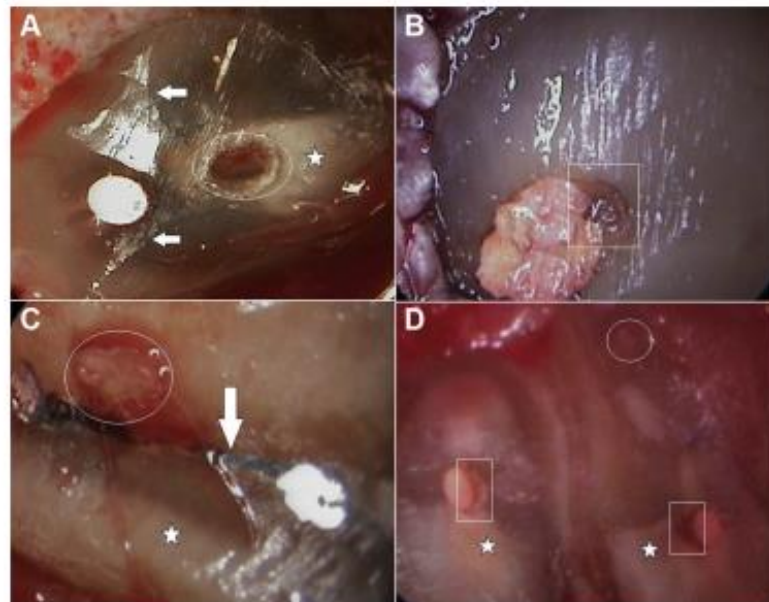
The covariates were patient age (<45 or >45 years) and gender (male or female) and the type of treated tooth (anterior [central and lateral incisors, and canines] and posterior [premolars and molars]).

#### DATA COLLECTION

Clinical, radiological, and endoscopic imaging data of the root end surface after apical resection were collected from the patients enrolled in the study. The endoscopic images stored in a device (Karl Storz Telepack PAL 200430 20, Tuttlingen, Germany) were exported and visualized on an LED computer screen (iMac Pro; Apple, Cupertino, CA, USA) to check them for clarity and the possible presence of artifacts (blood and fluids) that could adversely affect their assessment. All the endoscopic images were analyzed by 2 evaluators (P.G.S. and A.P.S.), and any disagreements were resolved by consulting an expert (M.P.D.).

#### HEALING

Healing of each root was evaluated because the endoscopic findings were independent for each root. Evaluation was made 1 year after surgery based on the clinical data and periapical radiographs obtained with a Rinn XCP Ring positioner (Dentsply, Konstanz, Germany) based on the criteria of von Arx and Kurt,<sup>15</sup> who classified healing into 3 clearly differentiated subgroups: success (clinical score: 0, with bone regeneration >90% of the lesion), improvement (clinical score: 0, with bone regeneration 50 to 90%), and failure (clinical score 1 or bone regeneration <50%). Pain, sensitivity in response to palpation or percussion,



**FIGURE 1.** Clinical images of different endoscopic findings at the root end surface after apicoectomy. (○): canal without orthograde filling, (★): opaque dentin, (+): dentin cracks, (+): isthmus, (◻): gaps.

Glenn-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2022.

inflammation, and the presence of a fistula were taken to represent surgical failure.

From June 2017, healing at 1 year was also evaluated by means of a control CBCT study, following the publication of the modified PENN 3D criteria described by Schloss et al.,<sup>14</sup> which classifies healing into 4 subgroups: complete healing, limited healing, uncertain healing, and unsatisfactory healing. The CBCT volumes were taken using a Planmeca ProMax 3D Classic device (Planmeca, Helsinki, Finland). The field of view was either 5 × 5 cm (voxel size 0.010 mm) or 5 × 8 cm (voxel size 0.150 mm). The exposure parameters were 6.3 or 8.0 mA for medium and large size skulls at 90 kV, with an exposure time of 12 and 15 seconds for 180° rotation, respectively. To evaluate healing with CBCT as objectively as possible, the sagittal plane was positioned parallel to the mesiodistal axis of the tooth; the coronal plane was aligned with the root canal; and both planes passed through the middle of the apicoectomized root end. Concordance between the criteria of von Arx and Kurt and the modified PENN 3D criteria was analyzed.

The association between the endoscopic findings and healing was evaluated by comparing the roots that presented a certain endoscopic finding versus those without that finding (eg, roots with cracks vs roots without cracks). In the case of the number of canals, comparison was made of the roots with a single canal versus those with more than one canal.

#### STATISTICAL ANALYSIS

A descriptive analysis was made of the study variables. Inferential analysis was used to explore the associations between the study variables and healing of the lesion, based on simple ordinal regression analysis using Generalized Estimating Equation models. The effects were evaluated from the Wald statistic. The same method was used to study the association between covariates and endoscopic findings and thus detect potential confounders that were considered in multiple binary logistic regressions. The kappa index ( $k$ ) was calculated to assess concordance in evaluating healing based on the periapical radiographs and CBCT scans. Statistical significance was considered for  $P$  of less than .05.

#### Results

The initial sample consisted of 168 patients, of which the following were excluded: 41 patients who failed to come to the control visit at 1 year, 7 through-and-through lesions, 8 patients with apico-marginal defects, and 4 patients with bone defect regeneration. The final study sample thus consisted of 108 patients (114 teeth and 128 roots) with 1 year

of follow-up. There were 56 women (51.8%) and 52 men (48.2%), with an overall mean age of  $43.5 \pm 11.8$  years (range 19 to 79). Of the 114 teeth, 41 were incisors, 16 canines, 26 premolars, and 31 molars. Of the 128 roots, 57 corresponded to anterior teeth (incisors and canines) and 71 to posterior teeth (premolars and molars). Control periapical radiographs were available for the 108 patients, and 51 of them (62 roots) had a control CBCT scan at 1 year.

With regard to the endoscopic findings, 27.3% of the roots had 2 or more canals (8.6% of the canals had not been subjected to orthograde filing), 18% presented isthmuses, 7% showed craze lines, 3.1% cracks, 69.5% opaque dentin, and 53.1% presented gaps.

The distribution of the roots according to the endoscopic findings, gender, age, type of tooth, and the different healing subgroups is reported in Table 1. Table 2 shows the association between endoscopic findings (primary predictor variables) and covariates (age, gender, and type of tooth). The prevalence rate of crack lines in women (7.2%) and in men (0%) was significantly different ( $P = .008$ , Fisher's test). The prevalence rates of more than 1 canal, isthmus, and opaque dentin were higher in posterior teeth compared with anterior ( $P < .01$ ).

#### HEALING RATE BASED ON THE CRITERIA OF VON ARX AND KURT (CLINICAL AND RADIOGRAPHIC)

A total of 68.8% of the roots showed complete healing, 26.6% improvement, and 4.6% failure. In one of the failed cases, the patient suffered pain and sensitivity in response to percussion, whereas in another case, an active fistula with inflammation was detected. Both these teeth were extracted. The other 4 failures according to radiographic criteria were asymptomatic, and these teeth were not extracted. No nervous or antral complications associated with periapical surgery were reported. According to von Arx and Kurt,<sup>13</sup> lesion improvement is considered to represent clinical success; consequently, the healing rate (complete healing + improvement) at 1 year was 95.4%.

No statistically significant associations were observed between healing rate assessed from the periapical radiographs at 1 year and the endoscopic findings, age, gender, and type of tooth. However, 1 of the 4 roots with cracks failed to heal (Fig. 2A).

#### HEALING RATE BASED ON THE MODIFIED PENN 3D CRITERIA (TOMOGRAPHIC)

A total of 54.8% of the roots showed complete healing, 27.4% showed limited healing, 11.3% showed uncertain healing, and 6.5% showed unsatisfactory healing (one of the cases presented active fistula with

**Table 1. DISTRIBUTION OF THE ROOTS (N) ACCORDING TO THE PRESENCE OF ENDOSCOPIC FINDINGS, PATIENT AGE AND GENDER, TYPE OF TOOTH, AND HEALING AS ASSESSED BY THE CRITERIA OF VON ARX AND KURT AND THE MODIFIED PENN 3D CRITERIA**

	von Arx and Kurt				Modified PENN 3D Criteria				
	Total	Complete	Improvement	Failure	Total	Complete	Limited	Uncertain	Unsatisfactory
Roots	n = 128	n = 88	n = 34	n = 6	n = 62	n = 34	n = 17	n = 7	n = 4
Number of root canals									
1	93	65	23	5	44	24	14	3	3
>1	35	23	11	1	18	10	3	4	1
Isthmuses									
No	105	74	26	5	48	26	15	4	3
Yes	23	14	8	1	14	8	2	3	1
Craze lines									
No	119	84	29	6	59	34	14	7	4
Yes	9	4	5	0	3	0	3	0	0
Crack lines									
No	124	85	34	5	58	31	17	8	2
Yes	4	3	0	1	4	2	0	0	2
Opaque dentin									
No	39	30	9	0	23	15	6	2	0
Yes	89	58	25	6	39	19	11	5	4
Gaps									
No	60	40	15	5	26	14	6	2	4
Yes	68	48	19	1	36	20	11	5	0
Age									
<45	66	39	24	3	32	16	12	2	2
>45	62	49	10	3	30	18	5	5	2
Gender									
Male	63	40	19	4	36	19	11	4	2
Female	65	48	15	2	26	15	6	3	2
Type of tooth									
Anterior	57	40	16	1	31	17	11	3	0
Posterior	71	48	18	5	31	17	6	4	4

n: number of roots.

Glera-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2022.

inflammation). The healing rate (complete + limited healing) was 82.2%.

No statistically significant associations were observed between healing rate assessed from the CBCT scans and the endoscopic findings, age, gender, and type of tooth (Table 3). The 4 subgroups were dichotomized into healed and nonhealed categories. Cases classified as complete or limited healing were regarded as healed, whereas those classified as uncertain or unsatisfactory healing were grouped as nonhealed. However, 2 of the 4 roots with cracks failed to heal (Fig. 2B).

The estimation of multiple models for each finding showed that the primary predictor variable is not associated with the primary outcome variable after adjusting for potential confounders or effect modifiers (Table 4).

#### CONCORDANCE BETWEEN HEALING AT 1 YEAR ACCORDING TO THE CRITERIA OF VON ARX AND KURT AND THE MODIFIED PENN 3D CRITERIA

The healing rate based on the modified PENN 3D criteria (82.2%) was lower than that obtained according to the criteria of von Arx and Kurt (95.4%), and there were no determinant endoscopic findings in any of the cases. In a large proportion of the cases, lesion healing was seen to be complete based on both the periapical radiographs (68.8%) and the CBCT study (54.8%; Fig. 3). However, there were also discrepant cases where the periapical radiographs evidenced lesion healing, although not so the CBCT scans (Fig. 4); as a result, concordance between the healing criteria of von Arx and Kurt (2D) and the modified PENN 3D criteria was moderate (kappa = 0.58).

**Table 2. ASSOCIATION BETWEEN ENDOSCOPIC FINDINGS AND COVARIATES**

Endoscopic Finding	N	Gender		Age		Type of Tooth	
		OR (95%CI)	P Value	OR (95%CI)	P Value	OR (95%CI)	P Value
<b>Number of roots</b>							
1	93	0.76 (0.43-1.34)	.341	0.76 (0.43-1.33)	.329	11.3 (4.54-27.8)	<.001***
>1	35						
<b>Isthmuses</b>							
No	105	0.86 (0.45-1.65)	.658	0.70 (0.36-1.33)	.273	13.4 (3.98-45.3)	<.001***
Yes	23						
<b>Craze lines</b>							
No	119	0.74 (0.26-2.16)	.583	0.53 (0.17-1.66)	.528	1.15 (0.39-3.38)	.794
Yes	9						
<b>Crack lines</b>							
No	124	.....	.008**	1.02 (0.25-4.16)	.978	0.61 (0.15-2.49)	.610
Yes	4						
<b>Opaque dentine</b>							
No	39	0.67 (0.34-1.31)	.242	1.19 (0.62-2.30)	.602	7.28 (3.55-14.9)	<.001***
Yes	89						
<b>Gaps</b>							
No	60	1.15 (0.68-1.92)	.607	0.65 (0.39-1.10)	.106	0.57 (0.32-1.01)	.053
Yes	68						

\* $P < .5$ ; \*\* $P < .1$ ; \*\*\* $P < .01$ .

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio.

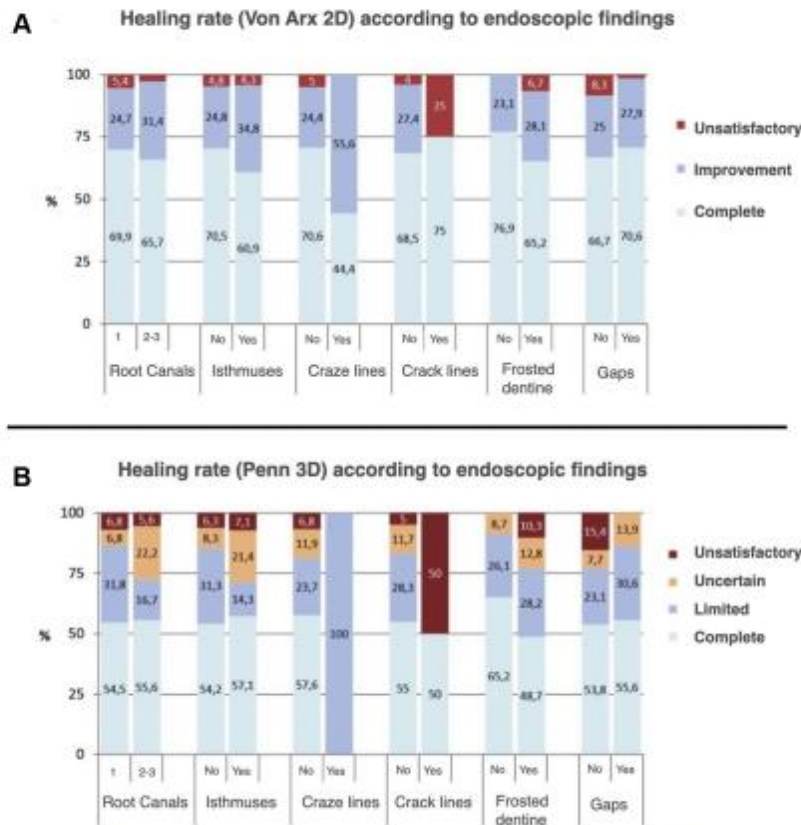
Glera-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2022.

## Discussion

The purpose of this study was to analyze the association between the endoscopic findings of the sectioned root end surface and healing of the lesion 1 year after periapical surgery. The investigators hypothesized that some of the endoscopic findings may have a negative effect on the healing rate. The specific aims of this study were 1) to analyze the association between the endoscopic findings and healing; 2) to study whether the prevalence of the findings varies depending on the age, gender, or type of tooth; and 3) to evaluate the concordance between healing at 1 year according to the criteria of von Arx and Kurt and the modified PENN 3D criteria. After the examination of 128 roots and lesion healing at 1 year of follow-up, it was identified a total of 35 roots with 2 or more canals (3 of which had not been subjected to orthograde filling), 23 isthmuses, 9 craze lines, 4 cracks, 89 roots with the presence of opaque dentin, and 68 gaps. The periapical radiographic and CBCT healing rate at 1 year was 95.4% and 82.2%, respectively. No statistically significant associations were observed between the healing rate at 1 year and the endoscopic findings, age, gender, and type of tooth. The prevalence rate of crack lines in women (7.2%) and in men (0%) was significantly different ( $P = .008$ , Fisher's test). The prevalence rates of more than 1 canal, isthmus, and opaque dentin were higher in posterior teeth compared with anterior ( $P < .01$ ).

The rigid endoscope has been shown to be a very useful tool in periapical surgery, affording correct illumination and magnification of the surgical field<sup>3</sup> and allowing the precise identification of root canals, isthmuses, dentin cracks, craze lines, opaque dentin, and gaps.<sup>3,8,15</sup> The presence of more than one root canal, and especially of joining isthmuses, can increase the risk of periapical surgery failure.<sup>16</sup> It is therefore essential to establish a correct diagnosis of canals and isthmuses through adequate magnification and to guarantee optimum retrograde cavity preparation to ensure good sealing. In the present study, we detected 2 or more canals in 35 roots (27.3%; including 3 that had not been subjected to orthograde filling, as commented previously) and 23 isthmuses (18%). There were no statistically significant differences in healing rate at 1 year between the roots with 1 canal and those with more than 1 canal or between roots with and without isthmuses. Nine roots had craze lines (7%), and 4 presented cracks (3.1%). The presence of these features has been investigated by different authors,<sup>7,8,17</sup> with a reported incidence of between 1.2 and 10%. The clinical significance of such findings remains unclear, although it has been suggested that they may be susceptible to bacterial colonization,<sup>10</sup> can affect sealing of the retrograde cavity,<sup>11</sup> and may even progress toward vertical fracture.<sup>9,18</sup> In our study, the roots with cracks (Fig. 5) were associated with a lower healing rate (1 of the 4 cases evaluated





**FIGURE 2.** Distribution (%) of the roots according to the endoscopic findings and healing rate evaluated by the criteria of von Arx and Kurt (A) and the modified PENN 3D criteria (B).

Glera-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2022.

by periapical radiography failed, versus 2 of the 4 cases evaluated by CBCT).

Another microfinding that has been described as a possible precursor of dentin cracks is opaque dentin (or frosted dentin), which was detected in 89 roots (69.5%) and consists of whitish or grayish areas first identified *in vitro* in 2003 by Slaton et al.<sup>6</sup> Opaque dentin may be seen on examining the root end after apical resection, particularly in posterior teeth.<sup>7</sup> Russel et al.<sup>19,20</sup> found opaque dentin to be of lesser hardness, with a greater prevalence in the buccal and lingual zones of the root, and concluded that this type of dentin may be a precursor of vertical root fractures with a mesiodistal orientation. No significant association was found between opaque dentin and healing. Gaps were identified between the orthograde filling material (guttapercha) and the dentin wall of the canal in 68 roots (53.1%). There were no statistically significant differences in the healing success rate at 1 year between the roots with or without gaps. This

may be because of retrograde filling and posterior sealing, eliminating the pre-existing gap responsible for chronic periapical periodontitis. The systematic review conducted by Serrano-Giménez et al.<sup>21</sup> suggested no evidence of patient age as a predictor of treatment success. Kreisler et al.<sup>22</sup> recorded a higher healing rate (95%) in patients aged between 31 and 40 years. In contrast, Barone et al.<sup>23</sup> found the healing rate in individuals aged older than 45 years to be 84% versus 68% in younger patients. In our study, no statistically significant association was observed between the age of the patients and healing of the lesion.

No statistically significant association was observed between the type of tooth and the healing rate, although failure proved less frequent in anterior teeth. This is consistent with the observations of other authors who have reported an improved prognosis of anterior teeth, attributable to easier access to the apical zone.<sup>24-26</sup> With regard to the evaluation of the healing rate, CBCT reflected a lower healing rate

**Table 3. ASSOCIATION BETWEEN ROOT HEALING (MODIFIED PENN 3D CRITERIA) AND THE ENDOSCOPIC FINDINGS, PATIENT AGE AND GENDER, AND TYPE OF TOOTH**

Studied Variable	Modified PENN 3D Criteria			OR (95% CI)	P Value
	Total n = 62	Healed n = 34	Not Healed n = 17		
<b>Number of root canals</b>					
1	44	38	6	0.41 (0.10-1.62)	.203
>1	18	13	5		
<b>Isthmuses</b>					
No	48	41	7	0.43 (0.10-1.77)	.241
Yes	14	10	4		
<b>Craze lines</b>					
No	59	48	11	....	1.000
Yes	3	3	0		
<b>Crack lines</b>					
No	58	48	10	0.20 (0.01-4.04)	.200
Yes	4	2	2		
<b>Opaque dentin</b>					
No	23	21	2	0.32 (0.06-1.57)	.317
Yes	39	30	9		
<b>Gaps</b>					
No	26	20	6	1.86 (0.50-6.90)	.354
Yes	36	31	5		
<b>Age</b>					
<45	32	28	4	0.37 (0.09-1.52)	.166
>45	30	23	7		
<b>Gender</b>					
Male	36	30	6	0.84 (0.20-3.47)	.810
Female	26	21	5		
<b>Type of tooth</b>					
Anterior	31	28	3	0.31 (0.08-1.18)	.086
Posterior	31	23	8		

Note. Results of the simple ordinal regression analysis using generalized estimating equation (GEE) models, OR (95% CI), and P value.

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio.

Glera-Suárez et al. *Endoscopic Findings in Periapical Surgery: J Oral Maxillofac Surg* 2022.

(82.2%) than when periapical radiographs were used (95.4%). In some cases, bone regeneration assessed by CBCT was less than that evidenced by conventional radiography (Fig. 4).

#### STUDY LIMITATIONS

The main limitation of our study is the fact that some of the endoscopic findings (eg, cracks and craze lines) and healing failure were infrequent, thereby reducing

**Table 4. ASSOCIATION BETWEEN HEALING AND ENDOSCOPIC FINDINGS: RESULTS OF BINARY LOGISTIC REGRESSION MODELS WITH HEALING OUTCOME ACCORDING TO EACH TYPE OF FINDING AND ADJUSTED FOR SECTOR/SEX USING GEE (GENERALIZED ESTIMATION EQUATIONS), OR (95% CI), AND P VALUE**

Regression Model	OR	95% CI	P Value
<b>Model 1</b>			
Number of root canals (>1)	0.62	0.11-3.61	.619
Type of tooth (posterior)	0.37	0.06-2.18	.373
<b>Model 2</b>			
Isthmuses (yes)	0.70	0.13-3.88	.686
Type of tooth (posterior)	0.36	0.07-1.85	.355
<b>Model 3</b>			
Craze lines (yes)	-	-	-
Type of tooth (posterior)	-	-	-
<b>Model 4</b>			
Crack lines (yes)	0.35	0.01-10.6	.542
Type of tooth (posterior)	0.33	0.08-1.37	.127
Gender (female)	0.88	0.18-4.28	.879
<b>Model 5</b>			
Frosted dentine (yes)	0.47	0.07-2.96	.420
Type of tooth (posterior)	0.41	0.09-1.92	.257
<b>Model 6</b>			
Gaps (yes)	1.92	0.51-7.29	.339
Type of tooth (posterior)	0.30	0.08-1.16	.081

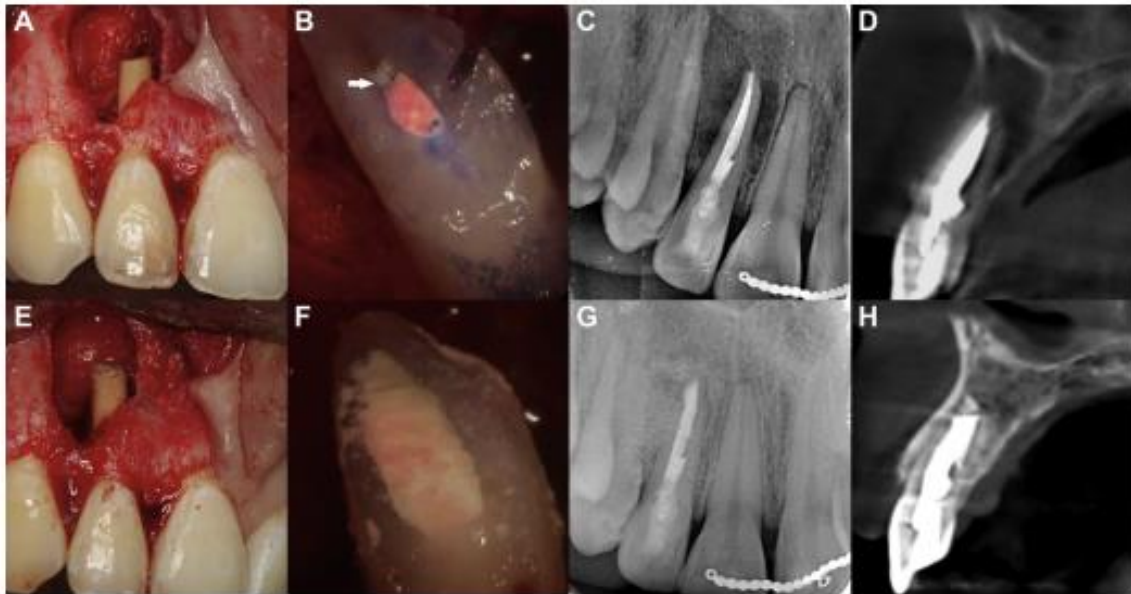
Note. The reference categories are the absence of the finding, the anterior sector, and the female gender.

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio.

Glera-Suárez et al. *Endoscopic Findings in Periapical Surgery: J Oral Maxillofac Surg* 2022.

the large initial study sample to a much smaller sample size that precluded the drawing of firm conclusions. The retrospective nature of the study is another important limitation because it conditions the available endoscopic images. For example, it might have happened that a crack was detected but not documented, and then the surgeon removed more teeth coronally until the crack was no longer visible. Such a case would not be reported as a finding in this study. Nevertheless, cracks tended to be associated with poorer healing performance. Further studies involving a larger sample of roots with endoscopic alterations and carried out prospectively are therefore needed to identify possible statistically significant associations. Another limitation is the fact that control CBCT scans at 1 year of follow-up were not available in all cases. In this regard, CBCT has been shown to be more precise in evaluating healing after periapical surgery than conventional periapical radiographs.<sup>13</sup>

In the present sample, no significant association was observed between the endoscopic findings (number of canals, isthmuses, craze lines, cracks, opaque dentin, and gaps) and the periapical surgery healing rate at 1 year. Nevertheless, although statistical

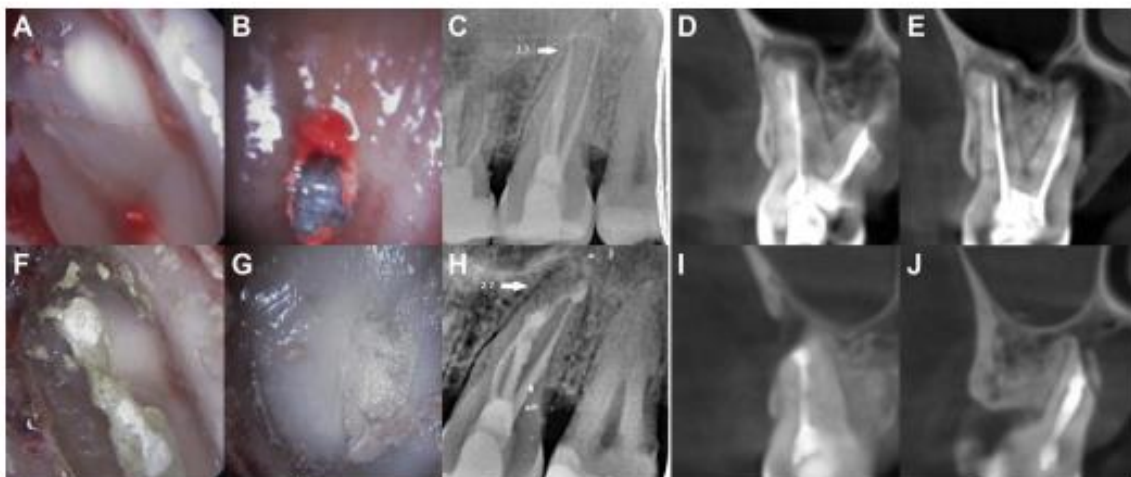


**FIGURE 3.** Example of complete healing of a lateral incisor [1.2] in a periapical radiograph and CBCT scan. A, Intraoperative clinical view after apical resection. B, Intraoperative endoscopic view after apical resection, together with the application of methylene blue evidencing a gap. C, Preoperative periapical radiograph. D, Preoperative sagittal CBCT scan. E, Intraoperative clinical view after retrograde filling with MTA. F, Intraoperative endoscopic view after retrograde filling with MTA. G, Control periapical radiograph at 1 year of follow-up, showing complete bone regeneration of the lesion. H, Control sagittal CBCT scan at 1 year of follow-up, showing complete bone regeneration of the lesion.

*Glera-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2022.*

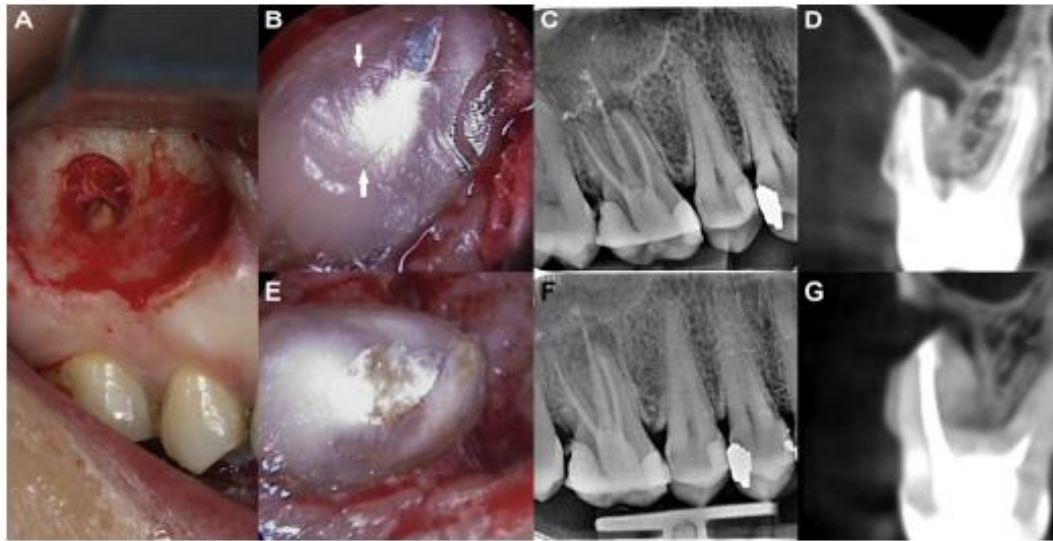
significance was not reached, roots with cracks were associated with a poorer healing rate. Patient age and gender and the type of tooth exhibited no influence on the healing rate. Some of the endoscopic findings

and the failure of periapical surgery were infrequent; further studies involving larger sample sizes are therefore needed to explore the possible associations more in depth.



**FIGURE 4.** Example of discrepancy in healing rate between periapical radiography and CBCT in the mesiobuccal and palatine roots of an upper second molar [2.7]. A, Endoscopic view of the mesiobuccal root after apical resection, showing a dentin crack (-). B, Endoscopic view of the palatine root after apical resection. C, Preoperative periapical radiograph of 2.7. D, Preoperative sagittal CBCT view showing chronic periapical periodontitis at mesiobuccal root level. E, Preoperative sagittal CBCT view showing chronic periapical periodontitis at palatine root level. F, Endoscopic view after retrograde filling of the mesiobuccal root. G, Endoscopic view after retrograde filling of the palatine root. H, Control periapical radiograph at 1 year showing apparent complete healing of the lesion. I, Postoperative sagittal CBCT view showing unsatisfactory healing at mesiobuccal root level. J, Postoperative sagittal CBCT view showing unsatisfactory healing at palatine root level.

*Glera-Suárez et al. Endoscopic Findings in Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2022.*



**FIGURE 5.** Example of unsatisfactory healing in a periapical radiograph and CBCT scan of the mesiobuccal root of an upper first molar.<sup>16</sup> A, Intraoperative clinical view after apical resection. B, Intraoperative endoscopic view after apical resection, showing 2 dentin cracks (+). C, Preoperative periapical radiograph. D, Preoperative sagittal CBCT view. E, Intraoperative endoscopic view after retrograde filling with MTA. F, Control periapical radiograph at 1 year showing persistence of the lesion. G, Control sagittal CBCT view at 1 year showing persistence of the lesion; no bone regeneration of the defect is observed.

Glera-Suárez et al. *Endoscopic Findings in Periapical Surgery: J Oral Maxillofac Surg* 2022.

## References

1. von Arx T: Failed root canals: The case for apicoectomy (periradicular surgery). *J Oral Maxillofac Surg* 63:832, 2005
2. Sumi Y, Hattori H, Hayashi K, Ueda M: Ultrasonic root-end preparation: Clinical and radiographic evaluation of results. *J Oral Maxillofac Surg* 54:590, 1996
3. Pallarés-Serrano A, Glera-Suárez P, Soto-Peñaloza D, et al: The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review. *J Clin Exp Dent* 12:e972, 2020
4. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, et al: Outcome of endodontic surgery: A meta-analysis of the literature—part I: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 36:1757, 2010
5. Peñarocha-Diogo M, Ortega-Sánchez B, García-Mira B, et al: Evaluation of healing criteria for success after periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 13:E143, 2008
6. Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, et al: Identification of resected root-end dentinal cracks: A comparative study of visual magnification. *J Endod* 29:519, 2003
7. von Arx T, Steiner RG, Tay FR: Apical surgery: Endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. *Int Endod J* 44:290, 2011
8. Von Arx T, Bosshardt D, Bingisser AC, Bornstein MM: Endoscopic evaluation of cut root faces and histologic analysis of removed apices following root resection: A clinical study. *Eur Endod J* 3:18, 2017
9. Morgan LA, Marshall JG: A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod* 25:567, 1999
10. Wright HM Jr, Loushine RJ, Weller RN, et al: Identification of resected root-end dentinal cracks: A comparative study of transillumination and dyes. *J Endod* 30:712, 2004
11. De Bruyne MA, De Moor RJ: Influence of cracks on leakage and obturation efficiency of root-end filling materials after ultrasonic preparation: An in vitro evaluation. *Quintessence Int* 39:685, 2008
12. Peñarocha-Oltra D, Soto-Peñaloza D, Peñarocha-Diogo M, et al: Hemostatic Agents in endodontic surgery: A Randomized Controlled Pilot study of polytetrafluoroethylene strips as an Adjuvant to epinephrine Impregnated Gauze versus Aluminum Chloride. *J Endod* 45:970, 2019
13. von Arx T, Kurt B: Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: A 1-year followup study. *J Oral Maxillofac Surg* 57:656, 1999
14. Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC: A comparison of 2- and 3-dimensional healing assessment after endodontic surgery using cone-beam computed tomographic volumes or periapical radiographs. *J Endod* 43:1072, 2017
15. von Arx T, Kunz R, Schneider AC, et al: Detection of dentinal cracks after root-end resection: An ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod* 36:1563, 2010
16. Kim S, Jung H, Kim S, et al: The influence of an isthmus on the outcomes of surgically treated molars: A retrospective study. *J Endod* 42:1029, 2016
17. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E: Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod* 37:1516, 2011
18. von Arx T, Bosshardt D: Vertical root fractures of endodontically treated posteroortodonts. *Swiss Dent J* 127:14, 2017
19. Russell AA, Chandler NP, Hauman C, et al: The butterfly effect: An investigation of sectioned roots. *J Endod* 39:208, 2013
20. Russell AA, Chris He LH, Chandler NP: Investigation of dentin hardness in roots exhibiting the butterfly effect. *J Endod* 40:842, 2014

21. Serrano-Giménez M, Sánchez-Torres A, Gay-Escoda C: Prognostic factors on periapical surgery: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 20:e715, 2015
22. Kreisler M, Gockel R, Aubell-Falkenberg S, et al: Clinical outcome in periradicular surgery: Effect of patient- and tooth-related factors—a multicenter study. *Quintessence Int* 44:53, 2013
23. Barone C, Dao TT, Basrani BB, et al: Treatment outcome in endodontics: The Toronto study—phases 3, 4, and 5: Apical surgery. *J Endod* 36:28, 2010
24. von Arx T, Peñarrocha M, Jensen S: Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: A meta-analysis. *J Endod* 36:957, 2010
25. von Arx T, Jensen SS, Hänni S, Friedman S: Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *J Endod* 38:570, 2012
26. Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Tarazona-Alvarez B, et al: Prognostic factors after endodontic microsurgery: A retrospective study of 111 cases with 5-9 years of follow-up. *J Endod* 47:397-403, 2020

## Endoscopic findings in periapical surgery. A cross-sectional study of 206 roots

Pablo Glera-Suárez <sup>1</sup>, Antonio Pallarés-Serrano <sup>1</sup>, David Soto-Peñaloza <sup>2</sup>, Beatriz Tarazona-Álvarez <sup>3</sup>, Miguel Peñarrocha-Diago <sup>4</sup>, David Peñarrocha-Oltra <sup>5</sup>

<sup>1</sup> DDS, MS. Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>2</sup> DDS, MS, PhD. Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>3</sup> DDS, MS, PhD. Assistant Professor of Orthodontics, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>4</sup> MD, DDS, MS, PhD. Professor and Chairman, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>5</sup> DDS, MS, PhD. Full Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

### Correspondence:

Department of Stomatology  
Faculty of Medicine and Dentistry  
University of Valencia  
Gascó Oliag 1. 46010, Valencia, Spain  
david.penarrocha@uv.es

Received: 15/01/2022

Accepted: 11/04/2022

Glera-Suárez P, Pallarés-Serrano A, Soto-Peñaloza D, Tarazona-Álvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Endoscopic findings in periapical surgery. A cross-sectional study of 206 roots. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2022 Jul 1;27 (4):e375-82.

Article Number: 25311 <http://www.medicinaoral.com/>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689338 - pISSN 1698-4447 - eISSN: 1698-6946  
eMail: [medicina@medicinaoral.com](mailto:medicina@medicinaoral.com)  
**Indexed in:**  
Science Citation Index Expanded  
Journal Citation Reports  
Index Medicus, MEDLINE, PubMed  
Scopus, Embase and Ericare  
Indice Médico Español

### Abstract

**Background:** A study is made of the findings of high-magnification rigid endoscopy at the root end surface following apicoectomy of teeth subjected to periapical surgery.

**Material and Methods:** A cross-sectional study was made of patients subjected to periapical surgery at the Unit of Oral Surgery and Implantology (University of Valencia, Valencia, Spain) between 2011 and 2019. Following apicoectomy, the root end surfaces were inspected, with the evaluation of untreated canals, isthmuses, craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps. Likewise, an analysis was made of the association between patient age and the tooth type and restoration and the presence of craze lines, cracks, opaque dentin and gaps.

**Results:** The final sample consisted of 168 patients subjected to periapical surgery, with 177 operated teeth and 206 roots. Untreated canals were observed in 14 roots (6.8%). Isthmuses were identified in 74 roots (35.9%), particularly in the mesial root of the lower first molar (94.1%). In turn, craze lines were identified in 8.3% of the roots, cracks in 3.9%, and gaps in 53.4%. The prevalence of opaque dentin was 78.3%, with a greater presence in posterior teeth (90.3% in premolars and 86.2% in molars) than in anterior teeth (50.6%) ( $p < 0.001$ ). Patient age and tooth restoration showed no correlation to the studied parameters.

**Conclusions:** Craze lines and crack lines were observed in less than 10% of the roots, though opaque dentin was identified in 73% of the roots, particularly in posterior teeth, and gaps were found in over half of the canals.

**Key words:** Endoscope, cracks, gaps, opaque dentin, periapical surgery.

## Introduction

Periapical surgery is used to treat persistent chronic apical periodontitis in cases where healing is not achieved (1). Periapical microsurgery has been shown to improve the prognosis, thanks to magnification and illumination of the surgical field with a microscope or endoscope, allowing the detection of features that are not visible to the naked eye (2). Use is also made of instruments such as ultrasonic tips to prepare the retrograde cavity, together with more biocompatible materials such as mineral trioxide aggregate (MTA) (3,4).

The rigid endoscope is a useful tool in periapical microsurgery, being versatile, rapid and convenient to use. It offers simple focusing and zoom functions, easy mobility, and good visibility around the roots (5). The success rate of periapical microsurgery with an endoscope is similar to that obtained with a microscope, though the learning curve is easier with the former instrument (6). With regard to the degree of magnification, medium settings (x8-14) have been proposed for hemostasis, the removal of granulation tissue, the detection and location of roots, apical resection, and preparation and filling of the retrograde cavity. High magnification (x14-26) in turn is used for inspection of the root end surface, retrograde cavity and retrograde filling, with the purpose of detecting untreated canals, isthmuses or microfractures (7,8).

The first study on the root end surface with magnification in periapical surgery was published in 2003 by Slaton *et al.* (9). These authors conducted an *in vitro* evaluation of 50 maxillary teeth in which dentinal cracks were induced for subsequent analysis with a microscope, endoscope and magnification loupe. They described the presence of opaque zones in the apical dentin ("opaque or frosted dentin"), which were associated with tension zones (9). The authors also endorsed the endoscope as the best magnification system for detecting these dentinal cracks, compared with the microscope and loupes. Von Arx *et al.* subsequently carried out two clinical studies involving analysis of the endoscopic images of the root end surface following apical resection (10,11). In both studies, the most frequent finding in the roots was opaque dentin (79.8-84.1%), particularly in premolars and molars. They also reported a prevalence of gaps of 49.3% (11) to 83.3% (10), and a very low presence of craze lines (6.5%) and cracks (3.5-10.1%).

Since only two clinical studies (10,11) have analyzed endoscopic images in periapical surgery to date, and both moreover have been published by the same research group, we decided to carry out the present study, analyzing high-magnification endoscopic images of the root end surface following apicoectomy in order to assess details not detectable without the use of magnification measures, such as untreated canals, isthmuses, craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps.

## Material and Methods

### - Study design

A cross-sectional study was conducted at the Oral Surgery and Implantology Unit (Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain) in patients subjected to periapical surgery between September 2011 and December 2019. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (1975 as revised in 2013) regarding biomedical research in human subjects, and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia (Protocol ref.: 1126870).

The present manuscript is reported according to the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement for cohort studies ([www.strobe-statement.org](http://www.strobe-statement.org)).

### - Sample selection

The following inclusion criterion was established: periapical surgeries performed using a rigid endoscope to obtain high-magnification intraoperative photographs. The exclusion criteria were: roots presenting vertical fractures implying extraction of the tooth, and poor quality endoscopic images or images with artifacts precluding evaluation of the study variables.

### - Surgical technique

In all cases local infiltration anesthesia was provided with 4% articaine and epinephrine (1:100,000) (Inibsa®; Llica of Vall, Barcelona, Spain), and all surgeries were performed using a dental operating microscope (Möller® Dental 300, Wedel, Germany). Paramarginal or submarginal incisions were performed. After mucoperiosteal flap release, an osteotomy was carried out with a 1:1 handpiece (W&H®, Bürmoos, Austria) under irrigation with sterile saline solution. Hemostasis was secured with ExpasyI™ (Pierre Rolland, Merignac, France).

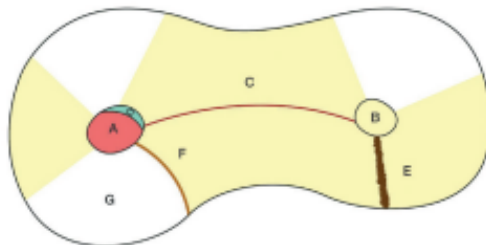
The apical portion was resected 3 mm, and the root end surface was inspected with a rigid endoscope with 30° forward view and 2.7 mm in diameter (HOPKINS® optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope®, Tuttlingen, Germany). Images were captured and processed using a documentation device providing 5600 K daylight coloration, with a 50 W (1000 lumens) halogen lamp illumination source (TELE PACK™ PAL Control Unit 200430-20, Karl Storz-Endoskope®) and using a digital camera with Parfocal Zoom Lens, f=25-50 mm (2x) (TELECAM® PAL color system, Karl Storz-Endoskope®). Methylene blue dye was used in cases in which a crack or a root fracture was suspected, for confirmatory purposes. The retrograde cavities were then prepared 3 mm in depth with ultrasonic retrotips (Piezomed®, W&H, Bürmoos, Austria), followed by retrofilling with mineral trioxide aggregate (MTA) (Dentsply®, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA). Intraoperative photographs were obtained using the

rigid endoscope with the highest possible magnification. Tension-free flap closure was performed using 6/0 suture material (Polinyl®, Sweden & Martina, Carrare, Italy). The surgical technique has been further detailed in previous publications (12).

#### - Data collection

Clinical data were compiled, together with radiological studies and endoscopic images of the root end surface following apicoectomy of the patients included in the study. The filed endoscopic images (Karl Storz Telepack PAL 200430 20, Tuttlingen, Germany) were exported and examined on a computer with LED monitor (iMac Pro, Apple, Cupertino, CA, USA) to assess their validity in terms of sharpness and the presence of artifacts (blood, fluid) capable of interfering with evaluation. All the endoscopic images were analyzed by two evaluators (PGS, APS), and disagreement was resolved by consensus with an expert (MPD).

The primary study variables were the presence of untreated canals (untreated via the orthograde route), isthmuses (joining lines between two or more canals), craze lines (dark lines without loss of root dentin structure) (10), crack lines (fissures in the root dentin), frosted dentin (area of root dentin of a whitish appearance contrasting with the conventional yellow / gray tone of dentin) and gaps (remaining unfilled spaces between the root canal filling material and the dentin wall). In addition, we precisely determined the location of the craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps in the root, defining four zones: buccal, lingual, mesial and distal. The primary study variables are depicted in Fig. 1.



**Fig. 1:** Illustrative view of the endoscopic findings. A: orthograde treated canal; B: untreated canal; C: Isthmus; D: gap; E: crack line; F: craze line; G: opaque dentin.

The secondary study variables were the age of the patient (< 45 years or > 45 years), the type of treated tooth (anterior teeth: central and lateral incisors, and canines; and posterior teeth: premolars and molars), and the presence of tooth restorations with a post or pin.

#### - Statistical analysis

A descriptive analysis of the study variables was made. Inferential analyses were performed to explore the association between the prevalence of the different findings,

and to establish associations with secondary variables (e.g., type of tooth, patient age, and restoration with pin or post), based on the chi-square test.

The chi-square equality of proportions test was used to establish those findings more likely to appear in certain zones of the root than in others. The level of significance was established as 5%, with statistical significance being considered for  $p < 0.05$ .

## Results

Out of 182 patients subjected to periapical microsurgery with an endoscope, first endoscopic evaluation of the root end surfaces led to the exclusion of 14 roots due to poor resolution of the images. The final study sample thus consisted of 168 patients, with 177 teeth and a total of 206 roots. There were 93 women (55.4%) and 75 men (44.6%), with an overall mean age of  $46.7 \pm 13.8$  years (range 18-81).

The most frequently treated tooth was the upper lateral incisor (16.4%), followed by the upper central incisor (14.1%) and the upper first molar (12.4%). Of the total treated teeth, 74.8% were located in the maxilla and 25.2% in the mandible. The upper premolars presented one or two roots, while the lower premolars presented a single root in all cases. The most frequently treated root of the posterior teeth was the mesiobuccal root of the upper first molar (8.7%). The distribution of the teeth and roots is shown in Table 1.

#### - Primary variables

1) Untreated canals were identified in 14 roots (6.8%). Of these, 5 corresponded to anterior teeth: three upper lateral incisors, one upper central incisor, and one lower central incisor (Fig. 2). Three canals were found in a mesiobuccal root of an upper first molar, and in a mesial root of a lower first molar.

2) Isthmuses were recorded in 74 roots (35.9%), being found in approximately one-half of the molars (47.7%), particularly in the mesiobuccal root of the lower first molar (94.1%) (Fig. 2), and in 21% of the premolars.

3) Craze lines (Fig. 3) were seen in 17 of the 206 roots (8.3%). In two of the 17 roots two craze lines were recorded, while another presented three such lines. Craze lines were more frequent in the mesial (33.3%) and distal zones (33.3%) of the roots than in the buccal (19%) and lingual zones (4.8%).

4) Crack lines (Fig. 3) were detected in 8 of the 206 roots (3.9%). One root presented two cracks and another had three. Dentin cracks were more frequent in the buccal zone of the roots (62.5%), followed by the lingual (25%), distal (25%) and mesial zones (12.5%).

5) Opaque dentin (Fig. 2, Fig. 3) was observed in 152 roots (73.8%). The root zones with the greatest presence of opaque dentin were the mesial zone (30.2%), followed by the buccal (25.4%), lingual (22.8%) and distal zones (21.6%).



**Table 1:** Distribution of teeth (n = 177) and roots (n = 206), and frequency of canals and isthmuses according to groups of roots.

JAW	TEETH	N (%)		ROOTS			Single canal		Two canals		Three canals		Roots with isthmus		
		N	(%)	ROOT	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
MAXILLA	Total	134	75.7	Total	154	74.8	115	74.7	38	24.7	1	0.6	24	15.6	
	Central incisor	25	14.1	Uniradicular	25	12.1	24	96	1	4	-	-	-	-	
	Lateral incisor	29	16.4		29	14.1	26	89.7	3	10.3	-	-	2	6.9	
	Canines	15	8.5		15	7.3	15	100	-	-	-	-	-	-	
	First premolars	20	11.3	Uniradicular	11	5.3	3	27.3	8	72.7	-	-	-	5	45.5
				Buccal root	10	4.9	9	90	1	10	-	-	1	10	
				Palatal root	8	3.9	8	100	-	-	-	-	-	-	
	Second premolars	19	10.7	Uniradicular	17	8.3	8	47.1	9	52.9	-	-	-	5	29.4
				Buccal root	2	1	1	50	1	50	-	-	-	-	
				Palatal root	1	0.5	1	100	-	-	-	-	-	-	
	First molars	22	12.4	Mesiobuccal root	18	8.7	6	33.3	11	61.1	1	5.6	9	50	
				Distobuccal root	9	4.4	8	88.9	1	11.1	-	-	-	-	
Palatal root				1	0.5	1	100	-	-	-	-	-	-		
Second molar	4	2.3	Mesiobuccal root	4	1.9	1	25	3	75	-	-	2	50		
			Distobuccal root	4	1.9	4	100	-	-	-	-	-	-		
MANDIBLE	Total	43	24.3	Total	52	25.2	24	46.20	27	51.9	1	1.9	23	44.2	
	Central incisor	4	2.3	Uniradicular	4	1.9	2	50	2	50	-	-	1	25	
	Lateral incisor	3	1.7		3	1.5	3	100	-	-	-	-	-		
	Canines	3	1.7		3	1.5	3	100	-	-	-	-	-		
	First premolars	4	2.3	Uniradicular	5	2.4	3	60	2	40	-	-	1	20	
	Second premolars	8	4.5	Uniradicular	8	3.8	6	71.4	2	28.6	-	-	1	12.5	
	First molars	17	9.6	Mesial root	17	8.23	-	-	16	94.1	1	5.9	16	94.1	
				Distal root	7	3.4	5	71.4	2	28.6	-	-	1	14.3	
	Second molar	4	2.3	Mesial root	3	1.5	-	-	3	100	-	-	-	2	66
				Distal root	2	1	2	100	-	-	-	-	-	-	

N: number, %: percentage.



**Fig. 2:** A: Canal not subjected to orthograde treatment (circle) in an upper lateral incisor; B: Canal not subjected to orthograde treatment (circle) in an upper central incisor. Note the presence of opaque dentin (star); C: Joining isthmus between two canals (arrow) in the mesial root of a lower first molar. Zones of opaque dentin are also seen (star).



**Fig. 3:** A: Craze line (arrow) in an upper canine; B: Craze line (arrow) in the distal root of an upper first molar; C: Crack lines (arrow) in the mesial root of a lower first molar. Note the presence of opaque dentin (star); D: Crack lines (arrow) in the distal root of an upper first molar. Opaque dentin is also observed (star).



**Fig. 4:** A: Gap between the filler material and dentin wall in the buccal root of an upper first premolar; B: Gap between the filler material and dentin wall in the distal root of an upper first molar.

6) Gaps (Fig. 4) were detected in 110 roots (53.4%), and were slightly more numerous in the buccal (34.5%) and lingual zones of the root (25.4%) than in the mesial (20.9%) and distal zones (19.1%). The distribution of craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps according to the different root zones is described in Table 2.

- Association to secondary variables

- 1) Patient age: A total of 148 roots (71.8%) belonged to the group of patients aged 45 years or older. No statistically significant differences were observed on relating the presence of craze lines ( $p = 0.07$ ), cracks ( $p = 0.315$ ), opaque dentin ( $p = 0.325$ ) or gaps ( $p = 0.529$ ) to the two age groups (Table 3).
- 2) Type of tooth: The presence of opaque dentin was significantly greater in posterior teeth (90.3% in premolars and 86.2% in molars) than in anterior teeth (50.6%) ( $p < 0.001$ ). The presence of craze lines ( $p = 0.652$ ) and crack lines ( $p = 0.157$ ) was slightly greater in posterior teeth, though statistically significant differences were not recorded. There were no differences in the presence of gaps according to the type of tooth (Table 3).
- 3) Tooth restored with or without pin or post: No statistically significant differences were observed in relation to the presence of craze lines ( $p = 0.09$ ), crack lines ( $p = 0.105$ ), opaque dentin ( $p = 0.375$ ) or gaps ( $p = 0.425$ ) (Table 3).

**Table 2:** Distribution of craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps according to root zone (buccal, lingual, mesial or distal).

	CRAZE LINES		CRACK LINES		OPAQUE DENTIN		GAPS	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
TOTAL	21	100	11	100	268	100	110	100
BUCCAL	5	23.8	6	54.6	68	25.4	38	34.5
LINGUAL	2	9.6	2	18.2	61	22.8	28	25.4
MESIAL	7	33.3	1	9.1	81	30.2	23	20.9
DISTAL	7	33.3	2	18.2	58	21.6	21	19.1

N: number, %: percentage.

**Table 3:** Presence of craze lines, crack lines, opaque dentin and gaps according to secondary variables.

		CRAZE LINES		CRACK LINES		OPAQUE DENTINE		GAPS	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
AGE OF PATIENT	TOTAL (n= 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Roots of patients < 45 YEARS (n= 58)	8	13.8	1	1.7	40	69	33	56.9
	Roots of patients > 45 YEARS (n= 148)	9	6.1	7	4.7	112	75.7	77	52
TYPE OF TOOTH	TOTAL (n= 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Roots of anterior teeth ( n= 79)	6	7.6	2	2.6	40	50.6	49	62
	Roots of premolars (n = 62)	4	6.5	2	3.2	56 *	90.3*	30	48.4
	Roots of molars (n = 65)	7	10.8	4	6.2	56 *	86.2*	31	47.7
PRESENCE OF POST/SCREW	TOTAL (n = 206)	17	8.3	8	3.9	152	73.8	110	53.4
	Roots with post/screw (n= 25 )	3	12	2	8	20	80	18	72
	Roots withput post/screw (n = 181)	14	7.7	6	3.3	132	72.9	92	50

N: number, %: percentage, Statistically significant difference: \*  $p = 0.001$ .

## Discussion

The aim of the present study was to inspect root end surfaces following apical resection using a rigid endoscope in order to allow the detection of features that are not visible to the naked eye, and to associate them to the age of the patient, the type of tooth and the presence of posts or pins in the treated teeth.

In recent years, one of the main advances in periapical surgery has been the introduction of magnification and illumination systems such as the endoscope, microscope, or magnification loupe (13-16). Microscopes and loupes afford the magnification and illumination needed for the operation, though there has been growing interest in the use of endoscopes as an alternative for guaranteeing adequate magnification and illumination in periapical surgery (15,17), since the learning curve is easier and endoscopy has shown great precision in diagnosing microstructures in periapical surgery (13,17,18). Two of the main causes of conventional endodontic treatment failure are the presence of unfilled root canals and joining isthmuses between canals. In the present study, the prevalence of isthmuses was 47.7% in molars, with particular involvement of the mesial root of the lower first molar (91.1%). These data are consistent with the observations of previous studies reporting a high frequency of isthmuses in the mesial root of the lower first molar (10,19,20). The presence of isthmuses has been shown to significantly increase the likelihood of periapical surgery failure (21); correct diagnosis and preparation of the retrograde cavity in roots with isthmuses is therefore crucial in order to ensure predictable treatment. With regard to craze lines and crack lines, it has been seen that defects of this kind (22) may be caused both by orthograde canal treatment (23) and by retrograde cavity preparation during periapical surgery (24). To date, only three periapical surgery studies have intraoperatively evaluated the possible causes of conventional endodontic treatment failure (10,11,25). In 2011, Song *et al.* recorded a 1.2% prevalence of dentin cracks in the roots inspected with a microscope (25). That same year, von Arx *et al.* (10), using magnification with a rigid endoscope, reported a prevalence of craze lines and crack lines of 6.5% and 3%, respectively - most of these defects being located in the buccal section of the root. In 2017, von Arx *et al.* (11) published another clinical study in which endoscopy identified crack lines in 10% of the roots. In the present study, craze lines were detected in 8.3% of the cases, while the prevalence of crack lines was 3.9%. These data are similar to those published by von Arx *et al.* (10,11). While the impact of crack lines upon the clinical outcomes of endodontic surgery is not fully clear, it has been reported that they can give rise to bacterial colonization (26), can affect sealing of the retrograde cavity (27), and may even progress to vertical fracture (8,22). In concordance with von Arx *et al.* (10),

we found no correlation between the age of the patient and the occurrence of crack lines or craze lines, and most of the dentin cracks were moreover located in the palatal zone of the root (62.5%). However, no association was found with the presence of restorations with posts or pins, and the presence of cracks was not seen to be more frequent in premolars than in other types of teeth (10). This lack of an association may be explained by the few teeth restored with posts or pins in the study sample. Another of the features analyzed in our study was opaque dentin, characterized by a shift in dentin color from yellow-gray to white. This characteristic was identified in 2003 by Slaton *et al.* (9) following apical resection in an *in vitro* study on the formation of dentin cracks. The authors described opaque dentin as appearing in tension zones. In 2006, Paque *et al.* (28) associated the presence of opaque dentin to zones with permeable rather than sclerotic dentin tubules. In 2014, Russel *et al.* (29) studied what they called the butterfly effect - an optical phenomenon seen in cross-sectional visualization of a root after apical resection - and found the density of the tubules to be significantly greater in the buccolingual (opaque) zones than in the mesiodistal (translucent) zones corresponding to the mentioned butterfly effect. In a later study, these same authors evaluated dentin hardness associated with the butterfly effect (30) and found hardness to be significantly greater in the mesial and distal zones (butterfly effect) than in the buccolingual zones. The authors concluded that this could explain the high prevalence of vertical root fractures that occur in the buccolingual direction (26,30). The clinical implications of opaque dentin are therefore still not fully clear, as they might represent precursors of dentin cracks or fractures in these root zones.

Von Arx *et al.* reported the prevalence of opaque dentin to be 79.8% (10) and 84.1% (11), and found such dentin to be more frequent in posterior teeth and in the buccal zone of the root. In the present study, and in concordance with the data published by von Arx *et al.* (10,11), we detected the presence of opaque dentin in 152 roots (73.8%), and found the posterior teeth to be significantly more affected ( $p < 0.001$ ). Nevertheless, the distribution by root zones was quite homogeneous, with no clear differences evidencing a greater presence of opaque dentin in some zones of the root than in others. In turn, no association was found between the presence of posts and pins and the age of the patient.

Lastly, one of the main causes of conventional endodontic treatment failure has been shown to be the presence of a gap between the root canal filling material and the walls of the root canal. We recorded a total of 110 gaps (53.4%), and these were slightly more prevalent in the buccal (34.5%) and lingual zones of the root (25.4%) than in the mesial (20.9%) and distal zones (19.1%). These observations are in line with those published by

von Arx *et al.* (10,11), who reported a greater incidence of gaps in the buccal and lingual sections of the roots. In an attempt to explain these observations, the authors speculated that instrumentation and filling of the canals is simpler in the mesial and distal zones than in the buccal and palatine zones, and that the oval shape of the root canals also conditions gap formation.

The present cross-sectional study contributes interesting information on the prevalence of the features that can be diagnosed at the root end surface of the tooth after apical resection using a rigid endoscope as a magnification and illumination system. However, prospective and controlled studies are needed to determine whether there is a long-term association between such parameters and the periapical surgery success rate. Additionally, there are limitations regarding the use of the endoscope, such as fogging or the need to correctly focus the root every time we use the instrument. A possible line for future research could be the study of the long-term healing of those roots presenting opaque dentin, craze lines or crack lines compared with a control group without such defects, with a view to establishing possible influences upon healing probability.

## Conclusions

Craze lines and crack lines were observed in less than 10% of the roots, though opaque dentin was detected in 73% of the roots - particularly in posterior teeth - and gaps were moreover found in over half of the canals. The age of the patient, and restorations with posts or pins, had no influence upon the endoscopic findings.

## References

1. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod.* 2010;36:1757-65.
2. Tsesis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *J Endod.* 2009;35:1505-11.
3. Kim S. Principles of endodontic microsurgery. *Dent Clin North Am.* 1997;41:481-97.
4. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—Part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012; 38:1-10.
5. Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2020;12:e972-8.
6. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37:1022-6.
7. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *J Endod.* 2006;32:601-23.
8. de Bruyne MA, de Moor RJ. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *Int Endod J.* 2005;38:310-9.
9. Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, Parker MH, Kimbrough WF, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a

- comparative study of visual magnification. *J Endod.* 2003;29:519-22.
10. von Arx T, Steiner RG, Tay FR. Apical surgery: endoscopic findings at the resection level of 168 consecutively treated roots. *Int Endod J.* 2001;44:290-302.
11. von Arx T, Bosshardt D, Bingisser AC, Bornstein MM. Endoscopic evaluation of cut root faces and histologic analysis of removed apices following root resection: a clinical study. *Eur Endod J.* 2017;3:18-23.
12. Peñarrocha-Oltra D, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Cervera-Ballester J, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. Hemostatic agents in endodontic surgery: a randomized controlled pilot study of polytetrafluoroethylene strips as an adjunct to epinephrine impregnated gauze versus aluminum chloride. *J Endod.* 2019;45:970-6.
13. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2008;37:1022-6.
14. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endoscopic periradicular surgery: A prospective clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2007;45:242-4.
15. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006;64:235-42.
16. Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Braz Oral Res.* 2009;23:23.
17. von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J.* 2003;36:691-9.
18. von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod.* 2010;36:1563-8.
19. von Arx T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J.* 2005;38:160-8.
20. Yoon J, Cho BH, Bae J, Choi Y. Anatomical analysis of the resected roots of mandibular first molars after failed non-surgical retreatment. *Restor Dent Endod.* 2018;43:e16.
21. Kim S, Jung H, Kim S, Shin SJ, Kim E. The influence of an isthmus on the outcomes of surgically treated molars: A retrospective study. *J Endod.* 2016;42:1029-34.
22. Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *J Endod.* 1999;25:567-70.
23. Monga P, Bajaj N, Mahajan P, Garg S. Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dent J.* 2015;36:29-33.
24. Tawil PZ. Periapical microsurgery: can ultrasonic root-end preparations clinically create or propagate dentinal defects? *J Endod.* 2016;42:1472-5.
25. Song M, Kim HC, Lee W, Kim E. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod.* 2011;37:1516-9.
26. Wright HM, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Waller J, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of transillumination and dyes. *J Endod.* 2004;30:712-5.
27. de Bruyne MA, de Moor RJ. Influence of cracks on leakage and obturation efficiency of root-end filling materials after ultrasonic preparation: an in vitro evaluation. *Quintessence Int.* 2008;39:685-92.
28. Paque F, Luder HU, Sener B, Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *Int Endod J.* 2006;39:18-25.
29. Russell AA, Chandler NP, Hauman C, Siddiqui AY, Tompkins GR. The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. *J Endod.* 2013;39:208-10.
30. Russell AA, Chris He LH, Chandler NP. Investigation of dentin hardness in roots exhibiting the butterfly effect. *J Endod.* 2014;40:842-4.

**Funding**

There is no funding regarding the publication of this paper.

**Conflict of interest**

There are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

**Ethics**

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (1975 as revised in 2013) regarding biomedical research in human subjects, and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia (Protocol ref: 1126870).

**Authors contributions**

Pablo Gilera-Suarez: conception, design, writer, data collection and processing.

Antonio Pallares-Serrano: writer, conception, writer, analysis.

David Soto-Peñaloza: design, analysis and interpretation.

Beatriz Tarazona-Alvarez: literature review, data collection.

Miguel Peñarrocha-Diago: supervision, critical reviewer.

David Peñarrocha-Oltra: design, supervision, critical reviewer.

## Influence of root width and dentin wall thickness evaluated by endoscopy upon the outcome of periapical surgery. A cohort study

Pablo Glera-Suárez <sup>1</sup>, Antonio Pallarés-Serrano <sup>1</sup>, David Soto-Peñaloza <sup>2</sup>, Beatriz Tarazona-Alvarez <sup>3</sup>, Miguel Penarrocha-Diago <sup>4</sup>, David Penarrocha-Oltra <sup>5</sup>

<sup>1</sup> DDS, Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>2</sup> DDS, PhD, Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>3</sup> DDS, PhD, Assistant Professor, Orthodontic Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain

<sup>4</sup> MD, PhD, DDS, Professor and Chairman, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Researcher at the IDIBELL Institute, Barcelona, Spain

<sup>5</sup> DDS, PhD, Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Researcher at the IDIBELL Institute, Barcelona, Spain

### Correspondence:

Universitat de València  
Clínica Odontológica, Unidad de Cirugía Bucal  
Gascó Oliag 1, 46010, Valencia, Spain  
beatriz.tarazona@uv.es

Received: 16/01/2022  
Accepted: 18/04/2022

Glera-Suárez P, Pallarés-Serrano A, Soto-Peñaloza D, Tarazona-Alvarez B, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Oltra D. Influence of root width and dentin wall thickness evaluated by endoscopy upon the outcome of periapical surgery. A cohort study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2022 Jul 1;27 (4):e383-91.

Article Number: 25314 <http://www.medicinaoral.com/>  
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - pISSN 1698-4447 - eISSN: 1698-6946  
eMail: [medicina@medicinaoral.com](mailto:medicina@medicinaoral.com)  
**Indexed in:**  
Science Citation Index Expanded  
Journal Citation Reports  
Index Medicus, MEDLINE, PubMed  
Scopus, Embase and Emcare  
Índice Médico Español

### Abstract

**Background:** An analysis was made of the correlation between root width, the thickness of the remaining dentinal wall as determined by endoscopy, and the outcome of periapical surgery.

**Material and Methods:** A retrospective cohort study was carried out involving patients subjected to periapical surgery between 2017 and 2019 at the University of Valencia (Valencia, Spain).

One year after surgery, cone-beam computed tomography (CBCT) was used to evaluate healing against the preoperative volumes. The maximum root width was measured on the postoperative CBCT scan at the apical section of the treated root. This measurement was transferred to the intraoperative endoscopic image, where the minimum root width, peripheral dentin thickness, and minimum dentin thickness were recorded. Root measurements, and the position (maxillary or mandibular) and type of tooth (roots of incisors, canines, premolars or molars) were further correlated to periapical surgery outcome.

**Results:** A total of 51 patients, comprising 52 teeth and 62 roots, were included in the study. The mean measurements were: maximum root width (4.13±0.84 mm), minimum root width (2.46±0.72 mm), peripheral dentin thickness (0.77±0.2 mm) and minimum dentin thickness (0.4±0.2 mm). The success rate was 82.2%. Premolar roots showed a greater minimum dentin thickness (0.58±0.25 mm) ( $p<0.003$ ) than incisor roots. No significant associa-

tion was found between the different measurements and the healing rate at one year, though the roots that failed to heal showed smaller minimum dentin thickness values than the roots that healed correctly. The position and type of tooth did not influence healing outcome.

Conclusions: The root width and thickness of the remaining dentin wall did not significantly influence healing. However, the roots that failed to heal showed smaller minimum dentin thickness values than the roots that healed correctly.

**Key words:** Endodontic surgery, endoscope, dentin walls.

## Introduction

The aim of periapical surgery is to treat persistent chronic periapical periodontitis in those cases where orthograde root canal retreatment is not possible (1). The technique has evolved over the years, and surgical field illumination and magnification systems have been introduced, such as the microscope and endoscope, resulting in periapical surgery success rates of over 90% (2). The endoscope allows accurate inspection at root resection level (2,3). It offers advantages such as the identification of root tips, possible root fractures, canals not sealed through orthograde filling, and the joining of canals (isthmuses) (4). Likewise, the instrument allows confirmation of proper sealing of the retrograde apical cavity (5,6). Compared to the microscope, the rigid endoscope is associated to lower cost, and the learning curve is easier (7).

During periapical surgery, it has been described that a 3-mm apicoectomy should be performed to eliminate all apical ramifications and lateral canals, and to avoid reinfection of the periapical area and therefore recurrence of the lesion (8-10). The root section must be perpendicular to the longitudinal axis of the tooth (11), and it has been suggested that the retrograde cavity should have a depth of 3 mm and follow the original path of the root canal (12). *In vitro* studies have demonstrated that if the retrograde cavity is performed with beveling, microleakage occurs through the area where the remaining dentin wall is thinner (13,14).

To date, only one clinical study, published by von Arx *et al.* (15), has analyzed the *in vivo* mean thickness of the dentin wall remaining around the retrograde filling. These authors performed four measurements in the buccolingual and mesiodistal planes of the roots using cone-beam computed tomography (CBCT) at 12 months after surgery. However, the diameter of the remaining root surface after apical resection, and the zone of the dentin wall with the smallest dentin thickness, are possible periapical surgery prognostic factors that have not yet been clinically evaluated.

The present study was carried out to analyze the relationship between the root diameter and thickness of the remaining dentin wall at root surface level following apicoectomy and the periapical surgery healing rate at one year, using the control CBCT scan made one year

after the operation and the intraoperative endoscopic images obtained after retrograde filling.

## Material and Methods

### - Study design

A retrospective cohort study was conducted from September 2017 to December 2019 at the Oral Surgery and Implantology Unit (Department of Stomatology, University of Valencia Medical and Dental School, Valencia, Spain). The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (1975 as revised in 2013) regarding biomedical research in human subjects, and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia (Protocol ref.: 1126870). The present manuscript is reported according to the Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement for cohort studies ([www.strobe-statement.org](http://www.strobe-statement.org)).

### - Sample selection

The inclusion criteria were healthy patients without serious systemic diseases or functional limitations and with stable periodontal conditions subjected to endodontic microsurgery using ultrasonic tips, a rigid endoscope to obtain high-magnification intraoperative photographs, mineral trioxide aggregate (MTA) (Dentsply®, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) for retrograde filling, and CBCT before surgery and after one year of follow-up. The exclusion criteria were patients failing to come to the control visits, through-and-through lesions, apicomarginal defects, cases in which bone regeneration of the defect was performed, and poor quality endoscopic images or images with artifacts precluding evaluation of the study variables.

### - Surgical technique

In all cases, local infiltration anesthesia was provided with 4% articaine and epinephrine (1:100,000) (Inibsa®; Llica of Vall, Barcelona, Spain), and all surgeries were performed using a dental operating microscope (Möller® Dental 300, Wedel, Germany) and a rigid endoscope with 30° forward view and 2.7 mm in diameter (HOPKINS® optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope®, Tuttlingen, Germany) as magnification and illumination devices. Paramarginal or submarginal incisions were performed. After mucoperiosteal flap re-

lease, an osteotomy was carried out using round 0.27 mm tungsten carbide drills (Jota, Switzerland) mounted in a 1:1 handpiece (W&H®, Bürmoos, Austria) under irrigation with sterile saline solution. Hemostasis was secured with Expasyl™ (Pierre Rolland, Merignac, France) or sterile polytetrafluoroethylene (PTFE) strips (16). The apical portion was resected 3 mm, as perpendicular as possible to the longitudinal axis of the tooth, and the root end surface was inspected with the endoscope. The retrograde cavities were then prepared 3 mm in depth with ultrasonic retrotips (Piezomed®, W&H, Bürmoos, Austria), followed by retrofilling with MTA (Dentsply®, Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA). Intraoperative photographs were obtained using the rigid endoscope with the highest possible magnification. Tension-free flap closure was performed using 6/0 suture material (Polinyl®, Sweden & Martina, Carrare, Italy). Fig. 1 shows the clinical and endoscopic views of 8 of the 62 roots included in the study sample.

**- Radiographic assessment**

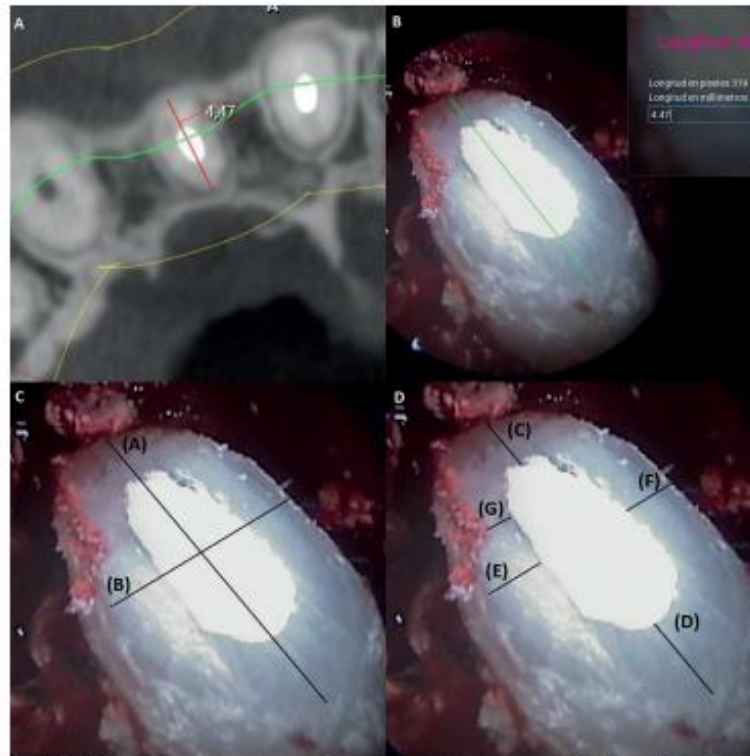
The preoperative and follow-up CBCT volumes were taken using a Planmeca® ProMax 3D Classic device (Planmeca, Helsinki, Finland). The field of view (FOV) was either 5x5 cm (voxel size 0.010 mm) or 5x8 cm (voxel size 0.150 mm). The exposure parameters were 6.3 or 8.0 mA for medium and large size skulls at 90kV, with an exposure time of 12 and 15 seconds for 180° rotation, respectively.

The 12-month follow-up CBCT volumes were assessed twice by two authors (P.G.S. and D.S.P.) not involved in the surgery procedures, at an interval of four weeks. Maximum root width (buccal-lingual/palatal) in the axial plane was recorded using the Romexis 5.2.1.R application (Planmeca, Helsinki, Finland) (Fig. 2). The means of the two measurements of the two observers were pooled for the final analysis and further calibration of the endoscopic images in duplicate (P.G.S. and A.P.S.).



**Fig. 1:** Retrograde filling after apicoectomy in 8 of the cases included in the study. Left: clinical intraoral view. Right: endoscopic view.





**Fig. 2:** 2A: Cone-beam computed tomography measurement: maximum root width in the axial plane. The CBCT image corresponds to Figure 1A; 2B: Calibration of the endoscopic image from the measurement of the maximum root width obtained in the CBCT; 2C: Endoscopic measurements. (A): maximum root width; (B): minimum root width; 2D: Endoscopic measurements. (C, D, E, F): measurements of peripheral dentin thickness; (G): minimum dentin thickness.

#### - Collection of endoscopic images

The surface of the resected root apex was inspected intraoperatively with a rigid endoscope with 30° forward view and 2.7 mm in diameter (HOPKINS® optics model 7207 BA, Karl Storz-Endoskope®, Tuttlingen, Germany). Images were captured and processed using a documentation device providing 5600 K daylight coloration, with a 50 W (1000 lumens) halogen lamp illumination source (TELE PACK™ PAL Control Unit 200430-20, Karl Storz-Endoskope®) and using a digital camera with Parfocal Zoom Lens, f=25-50 mm (2x) (TELE-CAM® PAL color system, Karl Storz-Endoskope®). Images were coded and exported to a PDF file by a third author not involved in appraisal of the images (B.T.A.), to implement blinding of the evaluators. Then, two authors (P.G.S. and A.P.S.) assessed the endoscopic images for validity in terms of quality (sharpness) and to exclude those with the presence of artifacts (e.g., incomplete root apex visibility, blurred or foggy images) capable of impeding adequate evaluation. Disagreements

were resolved by consensus with a third author (D.S.-P.). For this procedure, the images were visualized on a Full HD monitor (1920 x 1080 pixels) under subdued lighting (iMac Pro, Apple, Cupertino, CA, USA). The appraised images were categorized as adequate or inadequate according to the abovementioned criteria. The level of agreement at this stage was determined based on the intraclass correlation coefficient (ICC), as previously described (16).

#### - Calibration of endoscopic images and examiners

Calibration of the rigid endoscope images was performed in duplicate (P.G.S. and A.P.S.), and involved transfer of the maximum root width measurement obtained from the CBCT slices to the intraoperative endoscopic capture, with use of the Romexis 5.2.1.R application (Fig. 2). From this point, the following study parameters were defined (Fig. 2):

- 1) Maximum root width: buccolingual/palatal root width (A).
- 2) Minimum root width: mesiodistal root width (B).

3) Peripheral dentin thickness: mean dentin thickness peripheral to the retrograde filling. For this purpose, four measurements were made on the dentin wall – two of them (C) and (D) in the buccolingual/palatine plane, and the other two (E) and (F) in the mesiodistal plane. The mean dentin thickness (peripheral dentin thickness) was calculated from the mean of these four measurements.

4) Minimum dentin thickness (G): measurement made on the narrowest zone of the dentin wall.

The repeatability of the measurements taken from the endoscopic images was calibrated based on two series of measurements at an interval of one week, using 5 cases with apicomarginal defects that were deemed to be excluded from the study. The measurements were pooled, and a mean was calculated for analysis.

The level of agreement of the linear measurements between reviewers for calibration of both the CBCT and endoscopic images was obtained by calculating the ICC, with interpretation according to the Landis and Koch scale (17).

#### - Study outcomes

The main study variables were the maximum (buccolingual/palatine) and minimum (mesiodistal) root width, peripheral dentin thickness and minimum dentin thickness around the retrograde filling cavity, and healing outcome one year after surgery. As secondary variables, we evaluated the type of tooth (roots of incisors, canines, premolars and molars), and tooth position (maxillary or mandibular).

#### - Healing assessment

Healing was independently evaluated for each root, considering the clinical and radiographic parameters of the CBCT volumes at the 12-month postoperative recall. Pain, sensitivity in response to palpation or percussion, inflammation and the presence of a fistula were categorized as unsatisfactory healing. The CBCT sagittal plane was parallel to the mesiodistal long axis of the tooth; the coronal plane was aligned with the root canal; and both planes passed through the middle of the resected root end.

Radiographic healing status was independently evaluated by two calibrated observers (P.G.-S., A.P.-S.) and categorized into four subgroups, based on the modified PENN 3D criteria (18), as follows: complete, limited, uncertain, unsatisfactory. The results obtained were dichotomized into healed and non-healed categories. Cases classified as complete or limited healing were regarded as healed, whereas those classified as uncertain or unsatisfactory healing were grouped as non-healed. Images were inspected under standardized conditions. Magnification tools were used when deemed necessary. A kappa (k) value for agreement was calculated, and discrepancies were resolved by discussion with a third advisor (D.S.-P.). The characteristics of the healing criteria are depicted in Fig. 3.



**Fig. 3:** Cone-beam computed tomography view (left: preoperative; right: postoperative) of four of the cases included in the study, showing the four healing subgroups according to the modified PENN 3D criteria: A) complete healing, B) limited healing, C) uncertain healing, D) unsatisfactory healing.

#### - Statistical analysis

A descriptive analysis was made of the study variables, with determination of the corresponding 95% confidence interval (95%CI) for linear parameters. An inferential analysis was performed of the linear parameters, with exploration of the association between treatment

outcome and the independent variables. Generalized Estimating Equation (GEE) models were used to analyze the probability of treatment failure according to each of the independent variables. Unadjusted odds ratios (ORs) were estimated, and the effect was measured using the Wald Chi-squared statistic.

The level of statistical significance was established as 5% ( $\alpha=0.05$ ). Absolute inter-rater agreement was evaluated using a two-way mixed-effects model for the means of (k=2) evaluators, and interpreted as proposed by Shrout and Fleiss (19). Mean estimations along with 95% confidence intervals (95%CI) were reported for each ICC, with interpretation as follows: poor < 0.50; fair 0.50-0.75; good 0.75-0.90; and excellent > 0.90.

**Results**

- Sample selection and sample features

Of the initial sample of 70 patients, 8 who failed to come to the one-year follow-up visit were excluded, in the same way as four with apicomarginal defects, two with through-and-through lesions, and two in which bone regeneration of the defect was performed due to the large size of the lesion.

Furthermore, after analyzing the endoscopic images of the 54 potential eligible patients, three were excluded due to poor quality endoscopic images or images with artifacts precluding evaluation of the study variables. Inter-rater consistency was almost perfect (ICC = 0.98,  $p=0.001$ ).

Fifty-one patients were thus finally included in the study, comprising 52 teeth and 62 roots. Of these subjects, 31 were women (60.7%) and 20 men (39.3%), with a mean age of  $47.0 \pm 14.9$  years (range 18-76). Regarding the 62 included roots, 41 were maxillary (66.1%) and 21 mandibular (33.9%); 21 belonged to incisors (33.9%), 6 to canines (9.7%), 13 to premolars (20.9%) and 22 to molars (35.5%) (Table 1).

- Root width and dentin thickness

The mean maximum and minimum root widths were

$4.1 \pm 0.8$  mm and  $2.5 \pm 0.7$  mm respectively. With regard to the measurements made, inter-rater agreement proved to be almost perfect for both parameters (ICC = 0.92, 95%CI [0.88; 0.94]) and (ICC = 0.96, 95%CI [0.93; 0.99]). With regard to the position and type of tooth, no significant differences in root dimensions were observed.

Peripheral dentin thickness and minimum dentin thickness were  $0.77 \pm 0.2$  mm and  $0.4 \pm 0.2$  mm respectively. The ICC for inter-rater agreement was almost perfect for both measurements (ICC = 0.98, 95%CI [0.96; 1.00]) and (ICC=0.90, 95%CI [0.87; 0.93]). No minimum dentin thickness values of  $\geq 1$  mm were obtained in any of the cases included in the study. Premolar roots showed a greater minimum dentin wall thickness ( $0.58 \pm 0.25$ ) than incisor roots ( $p < 0.003$ ). With regard to tooth position, no significant differences in root dimensions were observed. The position and type of teeth are described in Table 1.

- Healing outcomes and inferential analysis

Complete healing was observed in 54.8% of the roots, limited healing in 27.4%, uncertain healing in 11.3%, and unsatisfactory healing in 6.5%. One of the cases presented an active fistula with inflammation of the zone, and was thus classified as unsatisfactory healing. Based on dichotomization into healed and non-healed categories, the final success rate at one year of follow-up was 82.2%. The different measurements made and their distribution among healing categories are reported in Table 2.

No statistically significant association was observed between the study variables (root and dentinal wall measurements, position and type of tooth) and the periapical surgery healing rate at one year (Table 3). Although no significant correlation was found between minimum dentin thickness and healing of the lesion ( $p > 0.05$ ), those roots that failed to heal were seen to have smaller minimum dentinal thickness values than the roots that healed correctly (Fig. 4).

**Table 1:** Root dimensions (mm) according to the type and position of the root subjected to periapical surgery.

ROOTS	N (%)	Maximum root width	Minimum root width	Peripheral dentin thickness	Minimum dentin thickness
		mean $\pm$ SD (range)	mean $\pm$ SD (range)	mean $\pm$ SD (range)	mean $\pm$ SD (range)
<b>Total</b>	62 (100)	4.13 $\pm$ 0.84 (6.26-2.40)	2.46 $\pm$ 0.72 (4.40-1-10)	0.77 $\pm$ 0.20 (2.70-0.30)	0.42 $\pm$ 0.19 (0.90-0.00)
<b>Incisors</b>	21 (33.9)	4.01 $\pm$ 0.91 (5.62-2.40)	2.46 $\pm$ 0.67 (3.90-1.20)	0.74 $\pm$ 0.17 (2.00-0.50)	0.39 $\pm$ 0.12 (0.60-0.10)
<b>Canines</b>	6 (9.7)	4.39 $\pm$ 0.79 (5.95-3.46)	2.76 $\pm$ 0.57 (3.70-2.00)	0.86 $\pm$ 0.15 (1.80-0.67)	0.45 $\pm$ 0.22 (0.80-0.20)
<b>Premolars</b>	13 (20.9)	4.25 $\pm$ 0.68 (4.94-2.85)	2.88 $\pm$ 0.99 (4.40-1.20)	0.84 $\pm$ 0.28 (1.90-0.40)	0.58 $\pm$ 0.25 (1.20-0.30)
<b>Molars</b>	22 (35.5)	4.12 $\pm$ 0.88 (4.82-2.47)	2.19 $\pm$ 0.52 (3.20-1.10)	0.75 $\pm$ 0.20 (2.70-0.60)	0.38 $\pm$ 0.18 (0.70-0.00)
<b>Maxilla</b>	41 (66.1)	4.20 $\pm$ 0.81 (5.62-2.47)	2.47 $\pm$ 0.77 (4.40-1-10)	0.75 $\pm$ 0.18 (2.70- 0.50)	0.41 $\pm$ 0.16 (0.80-0.00)
<b>Mandible</b>	21 (33.9)	4.00 $\pm$ 0.91 (6.26-2.40)	2.43 $\pm$ 0.62 (3.60-1.20)	0.81 $\pm$ 0.24 (2.40-0.30)	0.45 $\pm$ 0.25 (0.90-0.00)

N: number, %: percentage SD: standard deviation, Range (max - min).

**Table 2:** Association between root dimensions (mm) and healing after periapical surgery.

		Total	Complete healing	Limited healing	Uncertain healing	Unsatisfactory healing
<b>Maximum root width</b>	N	62	34	17	7	4
	Mean	4.13	4.1	4.31	3.48	4.19
	SD	0.84	0.84	0.9	0.37	0.31
	Min.	2.4	2.47	2.4	3.06	3.89
	Max.	6.26	5.62	6.26	3.76	4.5
	Median	4.17	4.16	4.31	3.63	4.18
<b>Minimum root width</b>	N	62	34	17	7	4
	Mean	2.46	2.53	2.34	1.93	2.49
	SD	0.72	0.77	0.62	0.25	0.37
	Min.	1.1	1.2	1.1	1.7	2.06
	Max.	4.4	4.4	3.4	2.2	2.7
	Median	2.3	2.4	2.3	1.9	2.7
<b>Peripheral dentin thickness</b>	N	62	34	17	7	4
	Mean	0.77	0.81	0.79	0.80	0.74
	SD	0.2	0.32	0.33	0.5	0.4
	Min.	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4
	Max.	1.6	1.5	1.6	1.3	1.2
	Median	0.6	0.5	0.6	0.4	0.4
<b>Minimum dentin thickness</b>	N	62	34	17	7	4
	Mean	0.42	0.46	0.35	0.37	0.23
	SD	0.19	0.18	0.17	0.15	0.4
	Min.	0	0.1	0.1	0.5	0
	Max.	0.9	0.9	0.7	2	0.7
	Median	0.45	0.4	0.3	0.75	0

N: no. of roots, SD: standard deviation, Min: minimum, Max: maximum.

**Table 3:** Association between healing and independent covariables. Linear Generalized Estimating Equation (GEE) models of simple binary logistic regression analysis.

Category		OR	95%CI	p-value
<b>Maximum root width</b>		0.66	0.34 – 1.30	0.231
<b>Minimum root width</b>		0.5	0.19 – 1.31	0.157
<b>Peripheral dentin thickness</b>		0.01	0.00 – 3.33	0.121
<b>Minimum dentin thickness</b>		0.01	0.001 – 4.09	0.14
<b>JAW</b>	Maxilla (ref.)	1		
	Mandible	0.9	0.08 - 10.0	0.932
<b>TOOTH</b>	Incisor	1		
	Canine	0.86	0.08 – 9.35	0.899
	Premolar	0.92	0.14 – 5.99	0.933
	Molar	0.76	2.33 – 42.9	0.750

p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001; OR: odds ratio; CI: confidence interval; ref: reference.

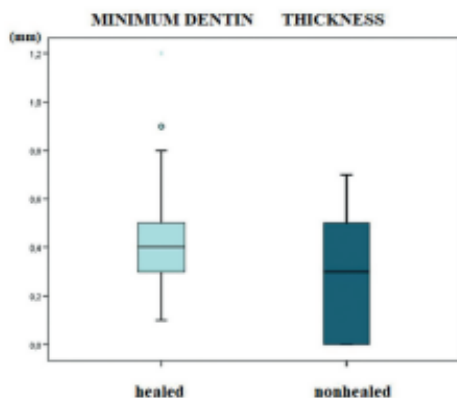


Fig. 4: Box plot. Relationship between minimum dentin wall thickness and healing.

## Discussion

The present study analyzed root width and dentin wall thickness at root resection level after periapical surgery using CBCT and endoscopic images. The maximum and minimum root widths, and the peripheral and minimum dentin thickness values were analyzed and correlated to the periapical surgery outcomes. Radiographic healing of the lesion was evaluated by CBCT after one year of follow-up. Cone-beam computed tomography has been shown to be the most precise radiographic technique for diagnosing and assessing the size of periapical lesions (20). Use was made of the modified PENN 3D criteria, as these are the most current radiographic healing criteria in periapical surgery (18).

It has been reported in the literature that apicoectomy should be performed 3 mm from the apex, and that the subsequent retrograde cavity should be 3 mm in depth (11). However, to date it has not been established whether a minimum root width must be maintained in order to ensure stable retrograde filling. Likewise, it is not clear whether the dentinal wall thickness after retrograde filling (clearly determined by the available root surface) influences healing.

In the present study no statistically significant association was observed between the diameter of the root surface and the lesion healing rate at one year. In concordance with von Arx *et al.* (15), we likewise observed no significant association between peripheral dentin thickness and the lesion healing rate. However, an additional measurement was made on the narrowest zone of the dentin wall, referred to as the minimum dentin thickness – a concept not clinically evaluated to date.

In 1998, Lin *et al.* (21) carried out an *in vitro* study on extracted human maxillary molars following endodontic treatment, apicoectomy and preparation of the retrograde cavity, and found the minimum dentin thickness to be 0.42 mm.

In 2008, Roy *et al.* (22) analyzed the dentin thickness in 30 anterior teeth (incisors and canines) and found that none of the central incisors had 2 mm of peripheral dentin thickness after performing apicoectomy at 3 mm, and none of the canines had 2 mm of dentin even after performing apicoectomy at 6 mm. Based on these results, the authors concluded that the recommendation to maintain 2 mm of dentin around the retrograde cavity was not realistic, and they proposed the preservation of approximately 1 mm of dentin thickness.

In the present study, the roots that healed correctly presented a minimum dentin thickness of less than 1 mm. Consequently, it would not be necessary to perform apicoectomy at the root level required to ensure the mentioned 2 mm of peripheral dentin; this would allow us to maintain the maximum possible length of root and thus ensure better bone support of the tooth. Nevertheless, we did observe a tendency towards statistical significance for minimum dentin thickness in relation to the lesion healing rate. In effect, the box plot showed that the roots that failed to heal presented minimum dentin thickness values lower than those of the roots that healed correctly (Fig. 4).

In addition, some *in vitro* studies have shown that the presence of narrow dentin walls may favor the formation of dentin cracks (23-25). Nevertheless, there is considerable controversy regarding these cracks, because other publications have reported no such relationship (26-29). The association between dentin thickness and the formation of dentin cracks remains unclear, and further research is required in this respect.

### - Study limitations

The present study involves a retrospective design. More long-term studies are needed, expanding the sample size, since with the high success rates currently afforded by periapical surgery, a sufficiently large sample of cases with failed outcomes is required in order to assess the relationship between dentin wall thickness and treatment success or failure, and to be able to generalize the results obtained.

## Conclusions

The analysis of root surface diameter and dentin wall thickness around the retrograde filling in teeth subjected to periapical surgery showed no minimum dentin thickness values of  $\geq 1$  mm in any of the cases included in the study. Root width and dentin wall thickness did not significantly influence healing. However, the roots that failed to heal showed smaller minimum dentin thickness values than the roots that healed correctly.

## References

- Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod.* 2006;32:601-23.
- Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2020;12:e972-8.
- von Arx T, Hunenbart S, Buser D. Endoscope and videoassisted endodontic surgery. *Quintessence Int.* 2002;33:255-9.
- Bahcall JK, Barss J. Orascope visualization technique for conventional and surgical endodontics. *Int Endod J.* 2003;36:441-7.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Use of a surgical microscope and endoscope to maximize the success of periradicular surgery. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2006;18:193-8.
- Del Fabbro M, Taschieri S. Endodontic therapy using magnification devices: A systematic review. *J Dent.* 2010;38:269-75.
- von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J.* 2003;36:691-9.
- Pop I. Oral surgery: part 2. Endodontic surgery. *Br Dent J.* 2003;215:279-86.
- Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *J Endod.* 2006;32:601-23.
- Chong BS, Rhodes JS. Endodontic surgery. *Br Dent J.* 2014;216:281-90.
- Serrano-Giménez M, Sánchez-Torres A, Gay-Escoda C. Prognostic factors on periapical surgery: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2015;20:e715-22.
- Marti Bowen E, Peñarrocha M. An update in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11:e503-9.
- Gutmann JL, Pitt Ford TR. Management of the resected root end: a clinical review. *Int Endod J.* 1993;23:273-83.
- Post LK, Lima FG, Xavier CB, Demarco FF, Gerhardt-Oliveira M. Sealing ability of MTA and amalgam in different root-end preparations and resection bevel angles: an in vitro evaluation using marginal dye leakage. *Braz Dent J.* 2010;21:416-9.
- von Arx T, Marwik E, Bornstein MM. Apical Surgery: Effects of Dimensions of Root-End Fillings and Peripheral Root Dentine on the Healing Outcome. *Eur Endod J.* 2019;4:49-56.
- Peñarrocha-Oltra D, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Cervera-Ballester J, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. Hemostatic Agents in Endodontic Surgery: A Randomized Controlled Pilot Study of Polytetrafluoroethylene Strips as an Adjunct to Epinephrine Impregnated Gauze Versus Aluminum Chloride. *J Endod.* 2019;45:970-6.
- Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics.* 1977;33:363-74.
- Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC. A comparison of 2- and 3-dimensional healing assessment after endodontic surgery using cone-beam computed tomographic volumes or periapical radiographs. *J Endod.* 2017;43:1072-9.
- Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86:420-8.
- Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15:186-9.
- Lin CP, Chou HG, Kuo JC, Lan WH. The quality of ultrasonic root-end preparation: A quantitative study. *J Endod.* 1998;24:666-70.
- Roy R, Chandler NP, Lin J. Peripheral dentin thickness after root-end cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105:263-6.
- Tawil PZ, Saraiya VM, Galicia JC, Duggan DJ. Periapical micro-surgery: the effect of root dentinal defects on short- and long-term outcome. *J Endod.* 2015;41:22-7.
- Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;80:207-13.
- Frank RJ, Antrim DD, Bakland LK. Effect of retrograde cavity preparations on root apices. *Endod Dent Traumatol.* 1996;12:100-3.
- Gondim E Jr, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *J Endod.* 2002;28:646-50.
- Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98:237-42.
- De Bruyne MA, De Moor RJ. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *Int Endod J.* 2005;38:310-9.
- Tobon-Arroyave SI, Restrepo-Perez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velasquez-Restrepo Z, Marin-Botero ML, García-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J.* 2007;40:590-602.

### Funding

There is no funding regarding the publication of this paper.

### Conflict of interest

There are no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

### Ethics

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (1975 as revised in 2013) regarding biomedical research in human subjects, and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia (Protocol ref.: 1126870).

### Authors contributions

Pablo Glera-Suarez: conception, design, writer, data collection and processing.

Antonio Pallares-Serrano: writer, conception, writer, analysis.

David Soto-Peñaloza: design, analysis and interpretation.






Beatriz Tarazona-Alvarez: literature review, data collection.

Miguel Peñarrocha-Diago: supervision, critical reviewer.

David Peñarrocha-Oltra: design, supervision, critical reviewer.

## Case Report

# Periapical Microsurgery with an Endoscope and Microscope of Two Upper Central Incisors Already Subjected to Periapical Surgery 25 Years Ago

Pablo Glera-Suarez <sup>1</sup>, Blanca Serra-Pastor <sup>2</sup>, David Peñarrocha-Oltra <sup>1</sup>,  
Miguel Peñarrocha-Diago <sup>1,3</sup> and Cosme Gay-Escoda <sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>2</sup>Prosthodontics Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>3</sup>IDIBELL Institute, Barcelona, Spain

<sup>4</sup>Oral and Maxillofacial Surgery Department, Faculty of Medicine and Health Sciences (School of Dentistry), University of Barcelona, Spain

Correspondence should be addressed to David Peñarrocha-Oltra; [dpenarrocha@gmail.com](mailto:dpenarrocha@gmail.com)

Received 1 September 2020; Accepted 25 November 2020; Published 2 December 2020

Academic Editor: Samir Nammour

Copyright © 2020 Pablo Glera-Suarez et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Introduction.** The present clinical case describes periapical microsurgery with an endoscope and microscope in a patient already treated 25 years ago due to persistent periapical disease of the two central upper incisors, restored with poorly adapted crowns. **Clinical Case.** The first periapical surgery had been performed with silver amalgam as a retrograde filler material, causing grayish staining of the buccal mucosa. Periapical surgery was performed raising a submarginal flap with ostectomy and apicoectomy, retrograde cavity preparation with ultrasound tips, and filling with mineral trioxide aggregate (MTA). After soft tissue healing and complete bone regeneration of the lesion, retreatment of the incisors with a fixed prosthesis was carried out, adopting the biologically oriented preparation technique (BOPT). **Conclusions.** The described periapical microsurgery approach with magnification and illumination of the surgical field was found to be effective, avoiding the need to extract the two central upper incisors.

## 1. Introduction

Important advances have been made in periapical surgery, including the introduction of surgical field illumination and magnification with a microscope or endoscope and the use of high-quality filler materials. The aim of retrograde filling is to secure good sealing of the cavity and the accessory canals and dentinal tubules—avoiding bacterial microleakage in order to ensure success of the surgical technique [1]. In the period between 1940 and 2000, silver amalgam was the most widely used retrograde filler material. However, since the year 2000, different alternative materials have been introduced, such as glass ionomers, zinc oxide-eugenol cements, and gold or min-

eral trioxide aggregate (MTA) [2]. The properties of these newer materials have been studied in order to determine which is the best option for use in periapical surgery. In this regard, MTA has been shown to be the most stable material over the long term, minimizing leakage, with lesser inflammation of the periapical tissues and with a higher treatment success rate than the rest of the materials [3–8]. The development of ultrasound tips for retrograde cavity preparation, together with the incorporation of microsurgery (field amplification with an endoscope and illumination and magnification with a microscope), has allowed periapical surgery to become a predictable solution for the management of persistent chronic periapical periodontitis, with a success rate of approximately 92% [2].

In the event of persistent chronic periapical periodontitis affecting an incisor already previously subjected to periapical surgery that has failed, a possible solution is to remove the tooth and place a dental implant—though this involves more aggressive surgery, with greater morbidity and higher costs for the patient.

Endodontic microsurgery with the use of new filler materials, ultrasound tips, and magnification techniques [9] has increased the treatment success rates. We thus decided to perform periapical microsurgery with an endoscope and microscope in a patient already treated 25 years ago with silver amalgam cavity filling due to persistent periapical disease of the two central upper incisors. Our approach avoided removal of the incisors, and retreatment of the incisors was completed with a fixed prosthesis, adopting the biologically oriented preparation technique (BOPT).

## 2. Case Presentation

A 54-year-old woman who had undergone periapical surgery 25 years ago to solve persistent chronic periapical periodontitis of the two central upper incisors reported with discomfort in the periapical zones of the mentioned teeth. The intraoral exploration revealed reddening and inflammation at the buccal level of 1.1 and 2.1 and of the interdental papilla, as well as grayish buccal and apical staining of the central incisors, caused by the presence of the silver amalgam filler material (Figure 1). The periapical radiographs revealed radiolucencies around the apices of 1.1 and 2.1 (Figure 2). Cone beam computed tomography (CBCT) (Planmeca®, Helsinki, Finland) evidenced bone destruction at 1.1 (Figure 3) and 2.1, with the involvement also of the buccal cortical layer of 2.1 (Figure 4).

Periapical surgery of the affected teeth was carried out. Infiltration anesthesia was performed in the vestibular depth of both teeth using two carpules of 4% articaine with epinephrine 1:100,000 (Inibsa®, Lliça de Vall, Spain). Magnification was provided by an EXTARO 300 dental microscope (Zeiss®, Oberkochen, Germany). A number 15C scalpel was used to perform a horizontal submarginal incision (Figure 5) at 3–4 mm from the gingival margin, with vertical releasing incisions distal to 1.2 and 2.2 and the raising of a full-thickness mucoperiosteal flap (Figure 6).

An ostectomy was performed for full visualization of the lesion, using a 6-blade tungsten carbide drill mounted in a handpiece with abundant sterile saline irrigation. The periapical inflammatory tissue was removed for posterior histopathological study (Figure 7), and inspection of the roots of 1.1 (Figure 8) and 2.1 (Figure 9) was made using a rigid endoscope (Karl Storz®, Tuttlingen, Germany), with the application of methylene blue dye to the zone in order to discard possible root fractures. The silver amalgam was removed from the retrograde cavities using ultrasound tips (Piezomed®, W&H, Bürmoos, Austria) (Figure 10).

The endoscope was used to check that the retrograde cavities of 1.1 (Figure 11) and 2.1 (Figure 12) were well prepared and clean. Bleeding was controlled with dressing impregnated with epinephrine, and the retrograde cavities of both teeth were filled with MTA (ProRoot®, Dentsply,



FIGURE 1: Preoperative clinical view. Note the reddening and inflammation at the buccal level of 1.1 and 2.1 and of the interdental papilla, as well as grayish buccal and apical staining of the central incisors, caused by the presence of the silver amalgam filler material.



FIGURE 2: Preoperative periapical radiograph showing a radiolucent image around the root of 1.1 and a larger radiolucency around 2.1.

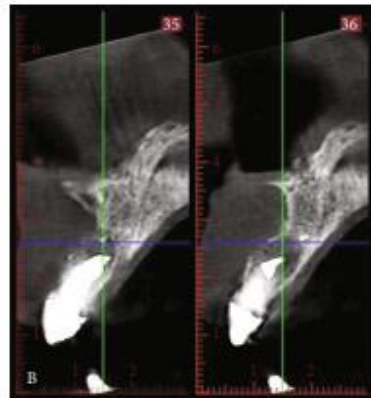


FIGURE 3: Preoperative sagittal CBCT view showing destruction of the buccal cortical layer of 2.1.

York, USA) (Figure 13). Once the filler material had set, the endoscope was used to confirm correct completion of the retrograde filling of 1.1 (Figure 14) and 2.1 (Figure 15). Regeneration of the bone defect was secured with beta-tricalcium phosphate particles (KeraOs-Kerammat®, Santiago de Compostela, Spain) (Figure 16), and suturing was carried out with a non-reabsorbable 4/0 multifilament suture (Tevdek®, Teleflex®, Wayne, USA) (Figure 17).



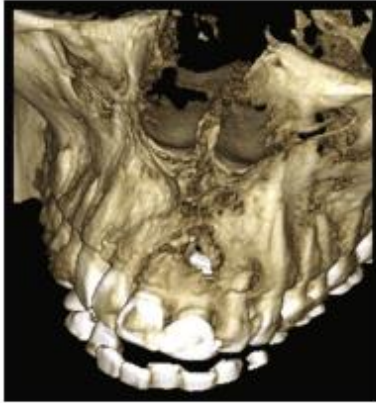


FIGURE 4: Preoperative three-dimensional radiographic reconstruction showing destruction of the buccal cortical layer of 2.1.



FIGURE 5: Submarginal incision.



FIGURE 6: Raising of the full-thickness mucoperiosteal flap.

Amoxicillin 500 mg (Laboratorios Normon, Paterna, Spain) every 8 hours during 6 days was prescribed, along with ibuprofen 600 mg (Laboratorios Normon, Paterna, Spain) every 8 hours during three days and 0.12% chlorhexidine rinses (Perio Aid, Dentaid, Barcelona, Spain) every 8 hours during 7 days. The sutures were removed after one week (Figure 18). The histopathological study showed the presence of generally dense fibrocellular connective tissue fragments with chronic inflammatory foci.

Clinical evaluation one month after surgery showed no suture dehiscences (Figure 19), and the periapical radiographic study confirmed correct retrograde filling



FIGURE 7: Osteotomy and curettage of the periapical lesions of 1.1 and 2.1.

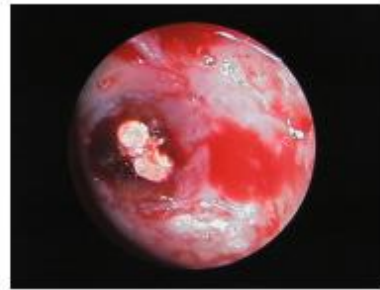


FIGURE 8: Endoscopic view of 1.1 before removal of the old filler material.

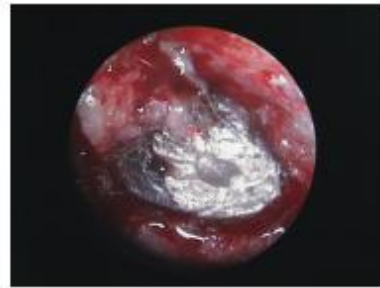


FIGURE 9: Endoscopic view of 2.1 before removal of the old filler material.



FIGURE 10: Clinical view of the removal of the old filler material of 1.1 and 2.1.



FIGURE 11: Endoscopic view of 1.1 after removal of the old filler material and checking of retrograde cavity integrity.



FIGURE 15: Endoscopic view of 2.1 after filling of the retrograde cavity with MTA.

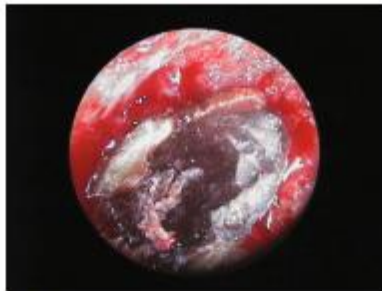


FIGURE 12: Endoscopic view of 2.1 after removal of the old filler material and checking of retrograde cavity integrity.



FIGURE 16: Regeneration of the defect with a synthetic bone graft.



FIGURE 13: Clinical view of filling with MTA of the retrograde cavities of 1.1 and 2.1.



FIGURE 17: Flap suture with a non-reabsorbable 4/0 multifilament suture.



FIGURE 14: Endoscopic view of 1.1 after filling of the retrograde cavity with MTA.



FIGURE 18: View after 7 days, before suture removal.

(Figure 20). After 6 months, clinical improvement of the soft tissues was evidenced (Figure 21), with adequate progression of bone healing of the defect on the periapical radiographs



FIGURE 19: Clinical view one month after surgery: no suture dehiscence was noted.



FIGURE 22: Periapical radiograph 6 months after surgery: correct progression of bone healing of the defect is observed.



FIGURE 20: Periapical radiograph one month after surgery: correct retrograde cavity preparation is observed.



FIGURE 23: Clinical view one year after surgery: note the correct soft tissue healing.



FIGURE 21: Clinical view 6 months after surgery, showing improvement of the soft tissues.



FIGURE 24: Periapical radiograph one year after surgery, showing complete bone regeneration of 1.1 and 2.1.

(Figure 22). After one year, correct soft tissue healing was confirmed (Figure 23), with complete bone regeneration in the radiographic study and no radiolucencies (Figure 24). The patient was informed of the advisability of replacing the crowns of 1.1 and 2.1 because of marginal misadjustment and the associated negative aesthetic impact. Three years later, the patient accepted 5th the proposed treatment. The old crowns were replaced with new ones, and the biologically oriented preparation technique (BOPT) was used, eliminating the finishing line in both the frontal view (Figure 25) and occlusal view (Figure 26). Provisional crowns were placed during four weeks to stabilize the gingival tissue surrounding the teeth (Figure 27). The definitive crowns were made of monolithic zirconia with stratified feldspathic porcelain on



FIGURE 25: Frontal view of the stump of 1.1 and 2.1 based on the BOPT approach.



FIGURE 26: Occlusal view of the stump of 1.1 and 2.1 based on the BOPT approach.



FIGURE 27: Fitting of the provisional crowns during four weeks to stabilize the surrounding gingival tissues.



FIGURE 28: The definitive crowns made of monolithic zirconia with stratified feldspathic porcelain on the buccal aspect.

the buccal aspect (Figure 28), cemented with resin (RelyX Unicem, 3M®, Saint Paul, USA). Good periodontal health (Figure 29) and anterior aesthetic outcomes were achieved (Figure 30).

### 3. Discussion

In the present clinical case, periapical surgery was performed on two central upper incisors with persistent chronic periapical periodontitis that had already been subjected to periapical surgery 25 years ago, though without using the current magnification techniques. Over the years, conventional periapical surgery has evolved towards apical microsurgery, based on magnification and illumination of the surgical field with the endoscope and microscope [9–13]. The endoscope offers



FIGURE 29: Clinical view after cementing the definitive crowns.



FIGURE 30: Extraoral view of smile after cementing the definitive crowns.

the surgeon excellent visibility [11], with an easier learning curve than the microscope, and both instruments afford a similar success rate [12]. The microscopic field is fixed, however, and the objective cannot be adjusted from different angles. Furthermore, in most cases, a mirror is needed for indirect visualization. In contrast, the endoscope offers easy adjustment, allowing visualization from different angles and providing direct images [13]. Endoscopy is therefore a versatile, rapid, and convenient magnification tool [12].

In addition to the introduction of ultrasound tips for retrograde cavity preparation [14], many materials have been used to secure correct cavity sealing, such as silver amalgam, zinc oxide-eugenol cements (IRM, Super-EBA), MTA, polycarboxylate cement (Durelon), or composites with dental adhesives (RetroPlast), among others.

At present, MTA is the most widely used material and with the strongest supporting evidence in the literature. A number of randomized clinical trials have compared MTA with other retrograde filler materials. Three such studies involving very low risk of bias [15–17] have reported success rates of 85–94.3% with the use of MTA. A meta-analysis published by Von Arx et al. [18] and a systematic review by Serrano-Giménez et al. [19] have defined MTA as the material of choice for retrograde cavity sealing in periapical surgery.

With regard to prosthetic rehabilitation, we chose the BOPT approach, involving elimination of the preexisting finishing line in the tooth stump, and rotary curettage of the gingival sulcus was performed using a diamond drill [20]—since a number of studies have evidenced improved periodontal tissue conditions of the teeth treated with this technique [21, 22].

#### 4. Conclusions

In the reported patient with failed periapical surgical treatment of persistent chronic periapical periodontitis using the classical technique, the described periapical microsurgery approach with magnification and illumination of the surgical field was found to be effective, avoiding the need to extract the two central upper incisors.

#### Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### References

- [1] E. Marti-Bowen and M. Peñarrocha, "An update in periapical surgery," *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, vol. 11, pp. E503–E509, 2006.
- [2] M. Peñarrocha-Diago, B. Ortega-Sánchez, B. García-Mira, E. Marti-Bowen, T. von Arx, and C. Gay-Escoda, "Evaluation of healing criteria for success after periapical surgery," *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, vol. 13, no. 2, pp. E143–E147, 2008.
- [3] S. Sutimuntanakul, W. Worayoskowitz, and C. H. Mangkornkarn, "Retrograde seal in ultrasonically prepared canals," *Journal of Endodontia*, vol. 26, no. 8, pp. 444–446, 2000.
- [4] M. Torabinejad, T. R. Pitt Ford, D. J. McKendry, H. R. Abedi, D. A. Miller, and S. P. Kariyawasam, "Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys," *Journal of Endodontia*, vol. 23, no. 4, pp. 225–228, 1997.
- [5] T. T. Nakata, K. S. Bae, and J. C. Baumgartner, "OR 40 perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam," *Journal of Endodontia*, vol. 23, no. 4, pp. 259–262, 1997.
- [6] T. von Arx, S. S. Jensen, S. Hänni, and S. Friedman, "Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery," *Journal of Endodontia*, vol. 38, no. 5, pp. 570–579, 2012.
- [7] T. von Arx, S. Hänni, and S. S. Jensen, "Clinical results with two different methods of root-end preparation and filling in apical surgery: mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite," *Journal of Endodontia*, vol. 36, no. 7, pp. 1122–1129, 2010.
- [8] Q. Zhu, K. E. Safavi, and L. S. W. Spangberg, "Cytotoxic evaluation of root-end filling materials in cultures of human osteoblast-like cells and periodontal ligament cells," *Journal of Endodontia*, vol. 25, no. 6, pp. 410–412, 1999.
- [9] F. C. Setzer, M. R. Kohli, S. B. Shah, B. Karabucak, and S. Kim, "Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification," *Journal of Endodontia*, vol. 38, no. 1, pp. 1–10, 2012.
- [10] S. Taschieri, M. Del Fabbro, T. Testori, and R. Weinstein, "Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study," *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, vol. 45, no. 3, pp. 242–244, 2007.
- [11] A. Pallarés-Serrano, P. Glera-Suarez, D. Soto-Peñaloza, D. Peñarrocha-Oltra, T. von Arx, and M. Peñarrocha-Diago, "The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review," *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, vol. 12, no. 10, pp. e972–e978, 2020.
- [12] S. Taschieri, M. Del Fabbro, T. Testori, and R. Weinstein, "Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study," *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 37, no. 11, pp. 1022–1026, 2008.
- [13] S. Taschieri and M. Del Fabbro, "Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality," *Brazilian Oral Research*, vol. 23, no. 1, pp. 23–30, 2009.
- [14] T. von Arx and B. Kurt, "Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study," *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 57, no. 6, pp. 656–661, 1999.
- [15] R. Christiansen, L. L. Kirkevang, P. Hørsted-Bindslev, and A. Wenzel, "Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling—1-year follow-up," *International Endodontic Journal*, vol. 42, no. 2, pp. 105–114, 2009.
- [16] J. A. H. Lindeboom, J. W. F. H. Frenken, F. H. M. Kroon, and H. P. van den Akker, "A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery," *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, vol. 100, no. 4, pp. 495–500, 2005.
- [17] M. Song and E. Kim, "A prospective randomized controlled study of mineral trioxide aggregate and super ethoxy-benzoic acid as root-end filling materials in endodontic microsurgery," *Journal of Endodontia*, vol. 38, no. 7, pp. 875–879, 2012.
- [18] T. Von Arx, M. Peñarrocha, and S. Jensen, "Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis," *Journal of Endodontia*, vol. 36, no. 6, pp. 957–973, 2010.
- [19] M. Serrano-Gimenez, A. Sanchez-Torres, and C. Gay-Escoda, "Prognostic factors on periapical surgery: a systematic review," *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, vol. 20, no. 6, pp. e715–e722, 2015.
- [20] I. Loi and A. Di Felice, "Biologically oriented preparation technique (BOPT): a new approach for prosthetic restoration of periodontically healthy teeth," *The European Journal of Esthetic Dentistry*, vol. 8, no. 1, pp. 10–23, 2013.
- [21] R. Agustín-Panadero, B. Serra-Pastor, A. Fons-Font, and M. F. Solá-Ruiz, "Prospective clinical study of zirconia full-coverage restorations on teeth prepared with biologically oriented preparation technique on gingival health: results after two-year follow-up," *Operative Dentistry*, vol. 43, no. 5, pp. 482–487, 2018.
- [22] B. Serra-Pastor, I. Loi, A. Fons-Font, M. F. Solá-Ruiz, and R. Agustín-Panadero, "Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: a 4-year follow-up prospective clinical study," *Journal of Prosthodontic Research*, vol. 63, no. 4, pp. 415–420, 2019.

Journal section: Operative Dentistry and Endodontics  
Publication Types: Review

doi:10.4317/jced.56539  
https://doi.org/10.4317/jced.56539

## The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review

Antonio Pallarés-Serrano <sup>1</sup>, Pablo Glera-Suarez <sup>2</sup>, David Soto-Peñaloza <sup>3</sup>, David Peñarrocha-Oltra <sup>3</sup>, Thomas von Arx <sup>4</sup>, Miguel Peñarrocha-Diago <sup>5</sup>

<sup>1</sup> DDS, MS. Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>2</sup> DDS. Master in Oral Surgery and Implant Dentistry, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>3</sup> DDS, PhD. Assistant Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

<sup>4</sup> Prof. Dr. med. dent. Department of Oral Surgery and Stomatology, School of Dental Medicine, University of Bern, Bern, Switzerland

<sup>5</sup> MD, PhD, DDS. Full Professor, Oral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Spain

Correspondence:  
Clínica Odontológica  
Unidad de Cirugía Bucal  
Gascó Oliag 1  
46021 – Valencia (Spain)  
david.penarrocha@uv.es

Received: 06/11/2019  
Accepted: 27/01/2020

Pallarés-Serrano A, Glera-Suarez P, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, von Arx T, Peñarrocha-Diago M. The use of the endoscope in endodontic surgery: A systematic review. J Clin Exp Dent. 2020;12(10):e972-8.

Article Number: 56539 <http://www.medicinaoral.com/ndo/index.htm>  
© Medicina Oral S. L. C.L.E. B 96689336 - eISSN: 1989-5488  
eMail: jced@jced.es  
Indexed in:  
Pubmed  
Pubmed Central® (PMC)  
Scopus  
DOI® System

### Abstract

**Background:** A systematic review of clinical studies with at least one year of follow-up was done to assess the success rate of endodontic surgery including endoscopy for magnification and illumination.

**Material and Methods:** Five electronic databases were searched, including MEDLINE (via PubMed), Embase, Web of Science, Scopus and the Cochrane Library of the Cochrane Collaboration (CENTRAL). There were no language restrictions, and the search covered the period up to October 2019. The risk of bias was evaluated with the Cochrane Collaboration tool for randomized clinical trials and the ROBINS-I tool for non-randomized studies of interventions.

**Results:** From the 278 initially identified titles, finally 2 randomized controlled trials and 3 non-randomized studies met the inclusion criteria. All the included studies analyzed the success rate of endodontic surgery performed with the help of endoscope for magnification and illumination. The risk of bias was high for allocation sequence concealment and blinding of participants and personnel in the randomized controlled trials. The nonrandomized studies showed limitations in terms of confounding bias and blinding of outcome assessment. Endodontic surgery with the help of an endoscope is associated with high success rates (88.9-94.9%).

**Conclusions:** The endoscope was associated with high success rates of endodontic surgery in the included studies. Future studies on this topic are warranted, due to the methodological issues and the scarce number of randomized clinical trials.

**Key words:** Endodontic surgery, magnification, endoscope, success.

## Introduction

Microsurgery is defined as a surgical procedure on exceptionally small and complex structures. Microsurgery starts with a magnification of at least eight. That can be achieved with a dental operating microscope or endoscope (1).

The use of endoscope has brought many advantages to endodontic surgery, including a smaller osteotomy size or the reduction of the resection angle at the tip of the root to reduce the number of exposed tubules in the apical zone (2,3).

Higher magnification and illumination are also very favorable for examining the resected root surface while methylen blue dye is used for both, staining the periodontal ligament to ensure complete resection of the root, and looking for cracks, isthmuses and extra canals (4).

The introduction of microsurgical instruments and ultrasonic tips has been shown to improve the outcomes of endodontic surgery in comparison with the traditional technique (5-7). Preparation of the retrograde cavities is easier, safer and more precise than when conventional handpieces are used (5).

Although microscopes and loupes provide the illumination needed for endodontic surgery, adherence to a strict endodontic surgical protocol is suggested to attain high success rates (5). There has been growing interest in endoscopy as an alternative method for adequate illumination and magnification in endodontic surgery, since it provides correct visibility and is easier to use than other devices (2,6,7).

The endoscope could also be used to check the quality of root-end filling and detect dentinal cracks after root-end resection (8-10).

Thus, the present systematic review of clinical studies involving a follow-up period of at least one year was carried out to assess the success rate of endodontic surgery performed with the help of endoscopy for magnification and illumination.

## Material and Methods

The systematic review was carried out based on the principles of the Transparent Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analyses - PRISMA Statement (11) and AM-STAR-2 guidelines (12).

### -Focus question

The research question was established based on the adaptation of structured PICO question, in this case applying a PIO (population, intervention, outcome). The question format was as follows:

“What is the success rate of endodontic surgery including an endoscope?”

P (population): Patients requiring endodontic surgery.

I (intervention): Endodontic surgery using an endoscope for magnification and illumination.

O (outcome): Success rate after follow-up of at least one year.

### -Search strategy

Five electronic databases were searched: MEDLINE (via PubMed), Embase, Web of Science, Scopus and the Cochrane Library of the Cochrane Collaboration (CENTRAL). There were no language restrictions, and the search covered the period up to October 2019. The search strategy included a combination of the controlled terms (MeSH and Emtree), and key words were used whenever possible in order to secure the best search results. In addition, a manual search was conducted of the main topics related to the principal question, and the reference lists of the finally included articles were consulted to find other potentially eligible studies according to Greenhalgh and Peacock (13). Further-more, the Really Simple Syndication (RSS) feed resource from PubMed, was used to detect potential eligible titles fitting to the search strategy.

The following search strategy was used in Medline via Pubmed: (“Apicoectomy”(Mesh) OR periapical surgery OR apicoectomy OR apicectomy OR periradicular surgery OR root-end surgery OR root-end filling OR endodontic surgery OR surgical endodontic treatment OR endodontic microsurgery OR retro-grade filling OR retro-grade surgery OR apical microsurgery) AND (“Endoscopes”(Mesh) OR endoscope OR endoscopy OR endoscopic OR dental endoscope) AND (outcome OR treatment outcome OR healing OR success OR success ratio OR complications). The search strategies fitted to different data-bases are provided in the supplementary material (Appendix-S1).

### -Inclusion and exclusion criteria

The articles were included in the systematic review if they complied with the following criteria: randomized clinical trial (RCT), non-randomized study (NRS) in humans, assessing the impact of endoscopy used for magnification and illumination upon the success of endodontic surgery, with a minimum follow-up period of 12 months, and providing information related to the success of the surgical procedure. Case reports, literature reviews, expert opinions, *in vitro* or nonclinical studies were excluded from the systematic review.

### -Screening and selection of papers

Two independent reviewers (APS, PGS) performed the literature and manual searches, the same reviewers extracted the data from the publications (APS, PGS). Studies failing to meet the inclusion criteria were excluded. In the event of disagreement, consensus was reached through discussion with a third reviewer (MPD).

### -Risk of bias in individual studies

Two independent reviewers (APS and PGS) evaluated all included articles. The methodological quality of the studies was evaluated using the Cochrane Collaboration tool to assess the risk of bias for randomized clinical trials, while the ROBINS-I (Risk of Bias In Non-randomized Studies of Interventions) tool was used for

non-randomized studies (14). For each aspect of the quality assessment, the risk of error was based on the recommendations of the Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). The criteria for each entry were: “yes” (= low risk of bias), “no” (= high risk of bias) or “uncertain” (due to lack of information or uncertainty regarding the potential of bias). A study was considered to have “low” risk of bias in the presence of an adequate sequence of generation, allocation concealment and blinding (patients and personnel). If one or more criteria were not met, the study was considered to have “high” risk of bias. Disagreements between reviewers were solved by discussion with a third advisor (DSP). The level of reviewer’s agreement was assessed by Kappa values, and interpreted using the Landis and Koch scale (15).

**-Summary of measures and synthesis of results**

The data were entered in an Excel spreadsheet (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). The following information was compiled, seeking comparability between studies: authors and year, sample size, magnification approach, follow-up in months, root-end preparation instruments, root-end filling material, success rate and study design.

**-Definition of success criteria:** The included studies assessed the healing according to the criteria by Molven

*et al.* (16,17). Complete healing, incomplete healing, uncertain healing, or unsatisfactory outcome. Signs and symptoms were also recorded and classified as clinical success, clinically questionable, and clinical failure.

**Results**

**-Study selection**

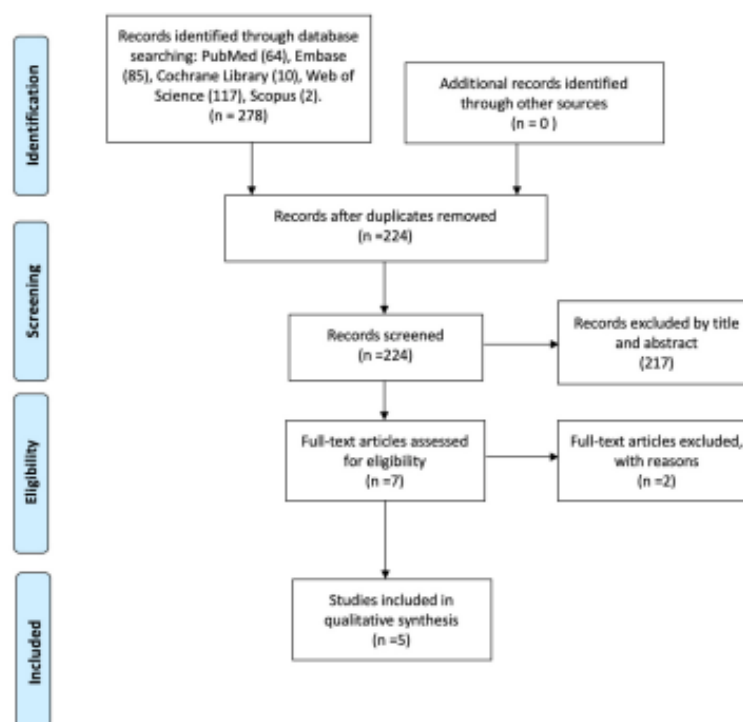
A total of 278 articles were found by the initial search. After duplicates removal, 224 papers were screened by title and abstract and 7 were identified as potentially eligible for inclusion. These 7 articles underwent full-text assessment. From these studies, 2 studies were excluded (18,19) (Table 1) and 5 articles were found to meet the inclusion criteria and were finally included in the systematic review (Fig. 1).

**-Study characteristics**

We finally included two randomized clinical trials

**Table 1:** Reasons for studies to be excluded from this systematic review, with reasons.

Author/Year	Reasons
von Arx <i>et al.</i> (18) 2017	Study did not evaluate the outcome of root-end surgery
Taschieri <i>et al.</i> (19) 2006	Study did not evaluate the outcome of root-end surgery



**Fig. 1:** PRISMA flowchart of the selection of studies.



(RCTs) and three prospective case series (2,5-7,20). No retrospective clinical studies were identified. The retrograde obturation material included zinc-eugenol EBA-reinforced cement (SuperEBA) in all included studies. The RCT published by Taschieri *et al.* compared endoscopy versus a control group in which surgical loupes were used (5). In contrast, the RCT by Taschieri *et al.* used light microscopy for endodontic surgery in the control group (6), and the prospective trial published by von Arx *et al.* used no magnifying device in the control group (20). In the study carried out by von Arx *et al.*, the success rate in the endoscopy group was 88.9% versus only 75.4% in the control group (no magnification device). Nevertheless, the differences between the groups failed to reach statistical significance (20). The RCT published by Taschieri *et al.* (compared endodontic surgery with an endoscope versus a control group in which loupes were used. Although the differences between the groups failed to reach statistical significance, the success rate was higher in the endoscopy group (94.9%) than in the control group (90.6%). The authors reported that surgery took longer to be completed with the endoscope than with the loupes (5). In another RCT, Taschieri *et al.* compared endoscopy versus a control group in which a microscope was used for magnification and illumination. Both endoscopy and microscopy yielded high success rates (90% and 92%, respectively) (6). The characteristics of the five studies included in the systematic review are described in Table 2.

**-Risk of bias across studies**

Allocation concealment was not clearly described in RCTs. The second least reported item was blinding of the patients (Fig. 2). The methodological quality of the three nonrandomized studies was evaluated using the ROBINS-I tool (14), which found all three to have moderate risk of bias. The inter-reviewer agreement was almost perfect (k=0,87). The judgement reasons during methodological appraisal is provided in descriptive manner in the supplementary material (Appendix S4-S5).

**Discussion**

The main objective of this systematic review was to assess the success rate of endodontic surgery performed with the help of endoscopy for magnification and illumination, over a follow-up period of at least one year. We included two RCTs with high risk of bias related to allocation concealment and the blinding of participants, nevertheless, there is evidence that surgical studies are difficult to blind, and three NRS with high risk of confounding bias, since the statistical analysis in these studies failed to control for relevant confounders (e.g. patient age and gender). The use of an endoscope was associated with a high success rate in endodontic surgery (88.9-94.9%). In the endodontic literature, *in vitro* studies showed that magnification devices, such as the microscope or the endoscope, allow the identification of microstructures not visible with the naked eye (10,21,22). An experimental study by von Arx *et al.*

**Table 2:** Descriptive summary of the studies included in this systematic review.

Author	N (M/F)	Age, mean ± SD (M / F)	Magnification approach	Follow-up (months)	Root-end preparation	Root-end filling	Outcomes			Study design
							Success	Failure	Reported success rates (%)	
von Arx <i>et al.</i> 2003 (20)	-	-	Endoscope: 54	12	Ultrasonic	Super EBA	48	6	88.9	NRS
			Control: 61 (without)	12	Ultrasonic	Super EBA	46	15	75.4	
Taschieri <i>et al.</i> 2007 (2)	M: 9 F: 12	M: +49 F: +37	Endoscope: 28	12	Ultrasonic	Super EBA	26	2	92.9	NRS
			Control: -	-	-	-	-	-	-	
Taschieri <i>et al.</i> 2006 (5)	M: 25 F: 34	M: +41 F: +38	Endoscope: 39	12	Ultrasonic	Super EBA	37	2	94.9	RCT
			Control: 32 (Naked eye)	12	Ultrasonic	Super EBA	29	3	90.6	
Taschieri <i>et al.</i> 2008 (6)	M: 32 F: 38	M: +37 F: +43	Endoscope: 41	24	Ultrasonic	Super EBA	37	4	90	RCT
			Control: 59 (microscope)	24	Ultrasonic	Super EBA	54	5	92	
Taschieri <i>et al.</i> 2009 (7)	M: 14 F: 20	M: +37 F: +43	Endoscope: 43	24	Ultrasonic	Super EBA	39	4	90.7	NRS
			Control: -	-	-	-	-	-	-	



**Fig. 2:** Summary of risk of bias as percentage per variable. (A) Randomized controlled trials. (B) Non-randomized studies.

reported that the endoscope accurately identified microstructures following root-end resection and root-end preparation. The endoscope could be considered for use during intraoperative diagnostics in endodontic surgery (22). The same author demonstrated in a clinical study about endodontic surgery with an intraoperative endoscopic examination of first permanent molars a high frequency of canal isthmuses at the apex resection level. Endoscopic inspection also demonstrated that none of the isthmuses were filled, emphasizing the difficulty of orthograde instrumentation and root filling of canal isthmuses (23). This latter aspect is of utmost importance, because of the limited field of view and difficult handling of the endodontic microscope in posterior zones. von Arx *et al.* compared the microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy, and the endoscopy x64 proved the most accurate visual aid for the identification of dentinal cracks after root-end resection in extracted human teeth; however, it also provided the most false identifications (10). Setzer *et al.* published a meta-analysis in 2011 comparing the surgical technique of endodontic surgery with the use of higher magnification devices (microscope or endoscope) and the technique without magnification or

using only loupes. Although the study did not differentiate between microscope or endoscope, they reported that the probability of success with higher magnification devices proved to be significantly greater (24). Although the studies using endoscopy for endodontic surgery reported high success rates, further randomized controlled trials are needed in order to confirm these findings.

Note to mention, that success rates in endodontic procedures not only laid on the augmentation devices used, but also on the patient characteristics (e.g. systemic condition, gender, age), tooth features and position (e.g. anterior zone, multicrooked tooth) (25). Thus, an accurate diagnosis is needed for a favourable prognosis and hinges to a careful patient selection (25,26).

Regarding the advantages of this approach, the field depth perception of the operator using an endoscope is quite similar to that with the naked eye – a fact that facilitates the use of the device (2,7). On the other hand, the field depth cannot be adjusted to the objective from different angles, in most cases a mirror must be used for indirect vision, while the endoscope allows easy adjustment, with observation from different angles, and provides direct images (7).

A report from von Arx *et al.* described better surgical outcomes (though without reaching statistical significance) with the endoscope than when micromirrors without magnifying devices were used (20). The endoscope also allows us to see behind the roots in an environment with good illumination. In comparison, movements of patient's head are a limiting factor when using a microscope (6). The endoscope is versatile, rapid and comfortable to use (6). Adjustment to focus and zoom can be done with a single hand and is both rapid and convenient (7). In the case of the microscope, any movement of the latter or of the patient will cause the surgical field to move off-center when the magnification is increased (6). Nevertheless, the use of rigid endoscope should be a complementary device, and should not replace the microscope in endodontic microsurgery.

#### -Limitations of the present review

A limitation of our systematic review is the relative lack of studies comparing endodontic surgery assisted by endoscopy versus endodontic surgery without magnification or using other magnification devices. With regard to the methodological limitations, shortcomings were observed related to confounding bias and blinding of outcome assessment in the NRS design. In the case of the RCTs, allocation concealment and the blinding of participants and personnel showed high risk of bias. However, there is evidence that surgical studies are difficult to blind.

#### - Recommendations for future investigations

A number of recommendations can be made based on the findings of this systematic review. Future studies should seek to compare endodontic surgery assisted by endoscopy versus groups in which other magnifying devices are used, such as microscopes and loupes, with the objective of assessing variations among the different magnification and illumination strategies. Furthermore, a sufficiently large sample size is required, with follow-up periods long enough to allow the drawing of clear conclusions. It would also be interesting to design controlled studies involving endodontic surgery in which the microscope is compared with a group where both the microscope and endoscope are jointly used, as well as endodontic surgery in which surgical loupes are compared with a group where both surgical loupes and the endoscope are jointly used, but emending the methodological issues detected in the body of evidence on this topic.

#### Conclusions

In conclusion, the use of an endoscope allows correct magnification and illumination to perform endodontic surgery and is associated with high success rates. Future studies on this topic are warranted, due to the methodological issues and the scarce number of randomized clinical trials.

#### References

- Blahuta R, Stanko P. The use of optical magnifying devices in periradicular microsurgery. Bratisl Lek Listy. 2012;113:311-3.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study. Br J Oral Maxillofac Surg. 2007;45:242-4.
- von Arx T, Walker WA. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. Endod Dent Traumatol. 2000;16:47-62.
- Kratchman SI. Endodontic microsurgery. Compend Contin Educ Dent. 2007;28:399-405; quiz 406-7.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. J Oral Maxillofac Surg. 2006;64:235-42.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2008;37:1022-6.
- Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. Braz Oral Res. 2009;23:23-30.
- Peñarrocha-Oltra D, Menéndez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Maestre-Ferrin L, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. Aluminum Chloride versus Electro-cauterization in Periapical Surgery: A Randomized Controlled Trial. J Endod. 2019;45:89-93.
- Peñarrocha-Diago M, Menéndez-Nieto I, Cervera-Ballester J, Maestre-Ferrin L, Blaya-Tárraga JA, Peñarrocha-Oltra D. Influence of Hemostatic Agents in the Prognosis of Periapical Surgery: A Randomized Study of Epinephrine versus Aluminum Chloride. J Endod. 2018;44:1205-1209.
- von Arx T, Kunz R, Schneider AC, Bürgin W, Lussi A. Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. J Endod. 2010 Sep;36(9):1563-8.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS Med. 2009;6:e1000097.
- Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. BMJ. 2017;358:j4008.
- Greenhalgh T, Peacock R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. BMJ. 2005;331:1064-5.
- Sterne J, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. BMJ. 2016;355:i4919.
- Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. Biometrics. 1977;33:363-74.
- Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. Int J Oral Maxillofac Surg. 1987;16:432-9.
- Molven O, Halse A, Grung B. Incomplete healing (scar tissue) after periapical surgery--radiographic findings 8 to 12 years after treatment. J Endod. 1996;22:264-8.
- Von Arx T, Bosshardt D, Bingisser AC, Bornstein MM. Endoscopic Evaluation of Cut Root Faces and Histologic Analysis of Removed Apices Following Root Resection: a Clinical Study. Eur Endod J. 2017;3:18-23.
- Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Use of a surgical microscope and endoscope to maximize the success of periradicular surgery. Pract Proced Aesthet Dent. 2006;18:193-8; quiz 200.
- von Arx T, Frei C, Bornstein MM. Periradicular surgery with and without endoscopy: a prospective clinical comparative study. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2003;113:860-5.
- Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, Parker MH, Kimbrough WF, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. J Endod. 2003;29:519-22.

22. von Arx T, Montagne D, Zwinggi C, Lussi A. Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J.* 2003;36:691-9.
23. von Arx T. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J.* 2005;38:160-8.
24. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature--Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod.* 2012;38:1-10.
25. Monaghan L, Jadun S, Darcey J. Endodontic microsurgery. Part one: diagnosis, patient selection and prognoses. *Br Dent J.* 2019;226:940-948.
26. Kim D, Lee H, Chung M, Kim S, Song M, Kim E. Effects of fast- and slow-setting calcium silicate-based root-end filling materials on the outcome of endodontic microsurgery: a retrospective study up to 6 years. *Clin Oral Investig.* 2020;24:247-255

*Acknowledgements*

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

**Conflict of interest**

The authors deny any conflicts of interest.

