



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA-ESTUDI GENERAL
Facultat de Medicina i Odontologia
Departament d' Estomatologia

ANÁLISIS MEDIANTE MICRO-TOMOGRFÍA
COMPUTARIZADA DE LOS ESPACIOS VACÍOS
REMANENTES EN CONDUCTOS OVALES
OBTURADOS CON DIFERENTES TÉCNICAS

TESIS DOCTORAL (*Doctorado en
odontología, código 3143 RD 99/2011*)

Presentada por:
NICOLÁS COLLADO CASTELLANOS

Dirigida por:
Prof. Dr. Vicente J Faus Llácer
Prof. Dr. Pedro Micó Muñoz

Valencia, octubre 2021

El Dr. Vicente J Faus Llácer, profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia, y

el Dr Pedro Micó Muñoz, profesor Titular del departamento de Odontología, Ciencias de la Salud de la Universidad Europea de Valencia

CERTIFICAN

que el presente estudio titulado “Análisis mediante micro-tomografía computarizada de los espacios vacíos remanentes en conductos ovales obturados con diferentes técnicas” ha sido realizado bajo nuestra dirección por el doctorando D. NICOLÁS COLLADO CASTELLANOS

Valencia, octubre de 2021

VICENTE
JOSE|FAUS|
LLACER

Firmado
digitalmente por
VICENTE JOSE|
FAUS|LLACER
Fecha: 2021.10.05
20:39:05 +02'00'

Fdo.: Prof. Dr. D. Vicente J. Faus Llácer

Fdo.: Prof. Dr. D. Pedro Micó Muñoz

Agradecimientos

Quisiera comenzar dando las gracias a los directores de esta tesis doctoral:

Pedro Micó Muñoz, por su incondicional apoyo, por su generosidad y por ser la buena persona que es. Por marcar un camino donde va dejando huella y sirve de guía para los demás.

Vicente J Faus Llácer, por su inestimable ayuda, por su disponibilidad y por ser un referente de la Endodoncia.

Gracias a ambos por inculcarme el cariño y la pasión por la Endodoncia.

A mis amigos y compañeros de Odontología y Restauradora III y IV de la Universidad Europea de Valencia:

Teresa Giner, por ser una persona entregada a sus compañeros y a la Odontología, que bueno haberte tenido como compañera en estos años.

Alberto Manzano, por estar desde el principio ahí, en lo bueno y en lo malo, en los inicios y en lo que venga por delante.

Alberto Albero, por ser un amigo desde que comenzamos la carrera, porque la Odontología ha creado una amistad que espero dure mucho y nos siga acompañando en las andaduras que nos quedan.

A todas las personas que han puesto su granito de área en este trabajo, con su ánimo, con sus consejos, con su ilusión, con su fuerza, con su simpatía. Mi suegro, Jose Ignacio, mi cuñada, Inés, mis amigos, Chimo y Alberto.

Y por su puesto, a mi familia, a mi mujer Ángela, por ser el motor de mi vida, el impulso de este trabajo, porque su esfuerzo vale más que todo el mío junto, sin ella, esto no sería posible, gracias por quererme y ayudarme tanto.

A mis hijas, que no han cesado de animarme y darme su cariño incondicional, pese a mis cambios de humores y pocas horas de sueño.

A mis padres, porque me regalaron una educación y una carrera, especialmente a mi madre, M^a Carmen, que confió en mi antes que nadie y me permitió estudiar una especialidad que ahora es una pasión.

Dedicatoria

*“A todo aquel que se toma su tiempo en seguir formándose,
actualizándose y en leer este humilde trabajo.”*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	13
2.2 INSTRUMENTACIÓN EN CONDUCTOS OVALES	15
2.3 PREPARACIÓN QUÍMICA EN ENDODONCIA Y SU APLICACIÓN EN CONDUCTOS OVALES	21
2.3.1 PRINCIPALES IRRIGANTES	23
2.3.2 TÉCNICAS Y DISPOSITIVOS DE ACTIVACIÓN APLICADOS EN CONDUCTOS OVALES	25
2.4 CEMENTOS SELLADORES Y TÉCNICAS DE OBTURACIÓN EN CONDUCTOS OVALES	27
2.4.1 CEMENTOS SELLADORES	27
2.4.2 CEMENTOS BIOCERÁMICOS.....	29
2.4.3 TÉCNICAS DE OBTURACIÓN EN CONDUCTOS OVALES.....	30
3. JUSTIFICACIÓN	35
4. HIPÓTESIS	38
5. OBJETIVO	40
5.1 OBJETIVO PRINCIPAL	41
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
6. MATERIALES Y MÉTODO	42
6.1 PREPARACIÓN QUÍMICO-MECÁNICA DE LA MUESTRA	43
6.2 OBTURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES Y REGISTRO DEL TIEMPO	44
6.3 ESTUDIO DE LA MUESTRA MEDIANTE MICRO-CT	45
6.4 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA	49
7. RESULTADOS	51
7.1 HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS	52
7.2 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ÁREA DE RELLENO Y DE VACÍOS	53

7.3 ANÁLISIS DEL VOLUMEN DE OBTURACIÓN Y DE VACÍOS	56
7.4 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE OBTURACIÓN.....	60
8. DISCUSIÓN	62
8.1 DISCUSIÓN DEL MÉTODO.....	63
8.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	72
8.2.1 DISCUSIÓN ÁREAS DE VACÍOS.....	72
8.2.2 DISCUSIÓN VOLUMEN DE VACÍOS.....	76
8.2.3 DISCUSIÓN TIEMPO DE OBTURACIÓN.....	79
9. CONCLUSIONES	81
10. BIBLIOGRAFÍA	83
11. ANEXOS.....	97
I. Listado de abreviaturas.....	98
II. Listado de tablas	99
III. Listado de ilustraciones	100
IV. Listado de gráficos.....	101
V. Estimación del tamaño muestral.....	102
VI. Producción científica.....	104
VI. Comité de ética.....	107

1. INTRODUCCIÓN

La endodoncia es una amplia rama de la odontología que no sólo se centra en el estudio y el tratamiento del tejido pulpar, sino que, como dice la Asociación Americana de Endodoncia, “se interesa en la morfología, psicología y patología de la pulpa dental humana y los tejidos perirradiculares”. Su estudio engloba la biología de la pulpa, la etiología, el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las lesiones y afectaciones de la pulpa y el tejido perirradicular (1). Para el éxito del tratamiento endodóntico es necesario el conocimiento de la anatomía interna y las posibles variaciones del sistema de conductos y así, llevar a cabo la preparación y obturación del conducto de la manera más adecuada, obteniendo un sellado tridimensional.

El sistema de conductos radiculares es una estructura compleja de conocer debido a las múltiples variables anatómicas descritas; sin embargo, el conocimiento de la anatomía más común y frecuente dentro de la dentición humana es fundamental para el éxito del tratamiento de conductos, así como para poder tratar las rarezas anatómicas existentes (2). Para el estudio de la anatomía interna se han llevado a cabo múltiples estudios con diferentes técnicas, transparentización, cortes transversales y microtomografía computarizada (3) (4) (5). En los sistemas de conductos radiculares se pueden observar varias secciones transversales según la forma interna del conducto: redondas, ovaladas, aplanadas o irregulares (6)

La prevalencia de conductos ovales es común entre los dientes a tratar endodónticamente, siendo en ocasiones dicha prevalencia superior al 50% (4). Estos conductos presentan un diámetro hasta dos veces mayor en sentido vestíbulo-lingual (VL) que en sentido mesio-distal (MD). Dentro de esta clasificación de conductos ovales existe una variación llamada conducto oval largo, definido como aquel cuyo diámetro máximo es entre dos y cuatro veces mayor al diámetro menor (4), haciendo el conducto más irregular debido a las extensiones vestíbulo-linguales del mismo.

Los incisivos inferiores son dientes que suelen tener un único conducto, siendo la configuración anatómica dos conductos un foramen (tipo III de Vertucci) la segunda más común (7) (ilustración 1). Según un estudio con micro-tomografía computarizada (micro-CT) el porcentaje de conductos ovales en incisivos inferiores tipo I de Vertucci a 3mm del ápice fue del 32,4%. Del mismo modo, cuando se localizaban dos conductos con un solo foramen un 37% de estos tenían una configuración ovalada en la zona de unión (5). En otro estudio se observó que podría existir un istmo debido a la unión de los conductos vestibular y lingual, llegando a un 55% de prevalencia a 3mm del ápice. (8). Los múltiples estudios analizados afirman que los conductos ovales son cada vez más ovalados conforme nos alejamos del ápice y más redondeados en los últimos 2mm apicales (5,8,9), pero no existe un consenso sobre que zona posee la mayor ratio diámetro VL:MD. Por todo ello, para evitar posibles fracasos, el clínico debe prestar más atención a la limpieza químico-mecánica del conducto oval, así como a su posterior obturación.

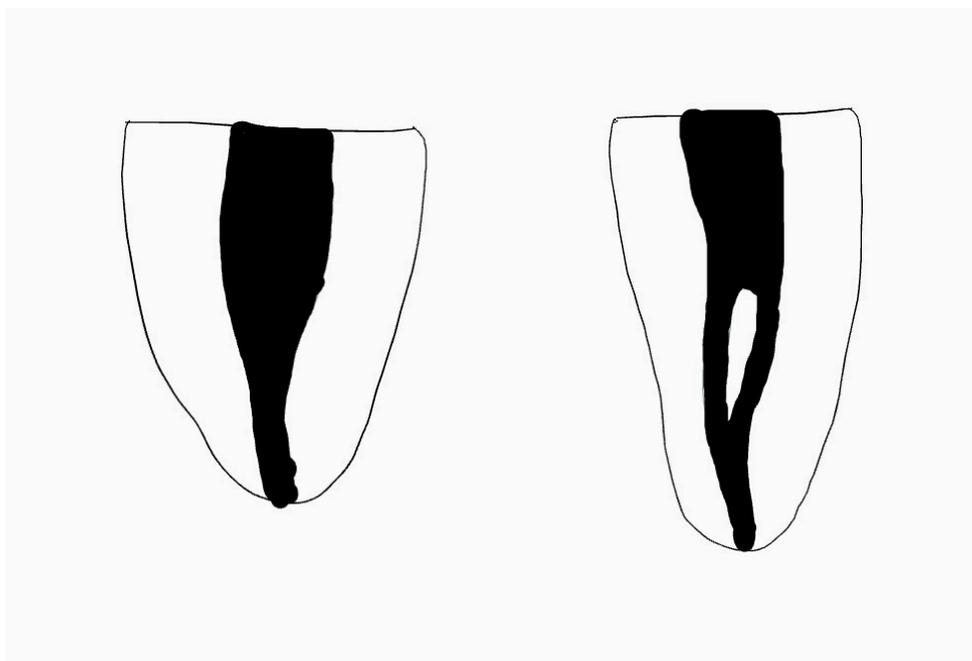


Ilustración 1. Configuración anatómica Vertucci tipo I y tipo III. (Producción propia)

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Para realizar el presente estudio se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de PubMed, Embase, Scopus y Scielo. Se utilizaron las palabras claves: oval canal, oval canals, obturation, instrumentation, preparation, bioceramic sealer, bioceramic. Se combinaron con los operadores booleanos AND y OR y se aplicaron los filtros: estudios en humanos y texto completo.

Criterios de inclusión:

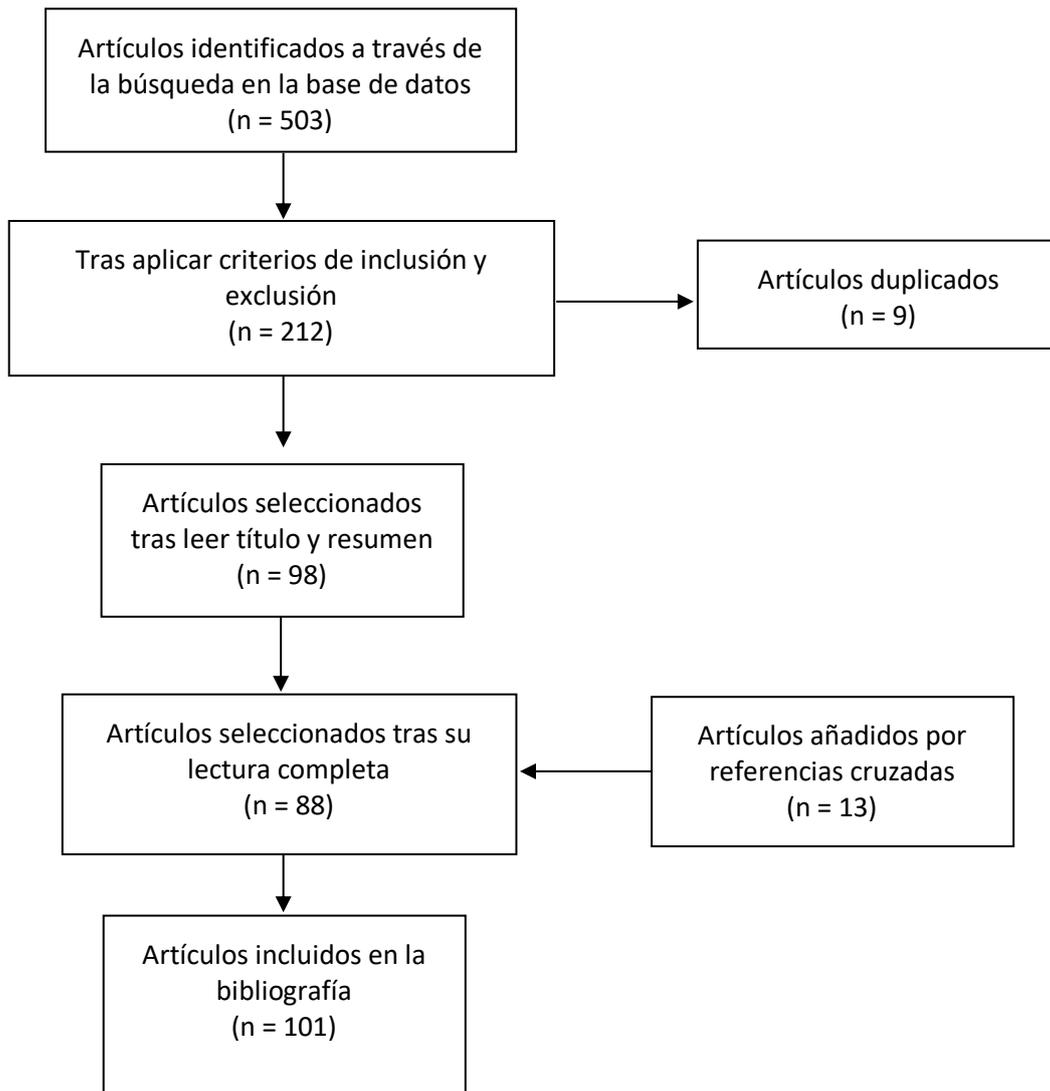
- Artículos desde 2000 hasta junio 2021
- Dentición permanente
- Estudios en conductos ovals
- Idioma inglés y español

Criterios de exclusión:

- Retratamiento
- Estudios de adhesión de la gutapercha o postes
- Dentición decidua

Esta búsqueda se amplió con el catálogo de la biblioteca de Ciencias de la Salud Pelegrí Casanova de la Universidad de Valencia.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo y resultados de los artículos incluidos:



Además, se utilizaron 3 capítulos de libros obtenidos de la biblioteca referida.

2.2 INSTRUMENTACIÓN EN CONDUCTOS OVALES

El desbridamiento de los conductos mediante la acción mecánica de limas manuales y/o rotatorias ha sido ampliamente estudiado en términos de superficie instrumentada, cantidad de detritus o de tejido pulpar presente tras la instrumentación de los conductos y/o variación de la anatomía original.

Eliminar la capa interna de la dentina radicular es uno de los objetivos de la instrumentación, pues en esta capa se pueden encontrar restos de biofilms y tejido pulpar que promueven la periodontitis apical persistente (10). Del mismo modo, el no conseguir una limpieza adecuada del conducto principal y conductos accesorios o laterales puede acarrear un fracaso en el tratamiento debido a la conocida etiología infecciosa de la periodontitis apical (5).

Las primeras investigaciones para instrumentar conductos ovales se llevaron a cabo mediante limas manuales empleando la técnica de fuerzas balanceadas descrita por Roane et al (11). Resumiendo, la técnica consistía en introducir limas hasta que esta quedaba atrapada y se rotaba en sentido horario 90-180 grados con una ligera presión. A continuación, se giraba la lima en sentido contrario 120-360 grados con presión apical. Los restos de dentina generados eran removidos con movimientos hacia fuera y con rotación horaria. La preparación del conducto continuaba hasta alcanzar la longitud de trabajo y aumentando progresivamente el calibre de las limas. Se observó que aparecían áreas sin instrumentar y que la técnica de condensación lateral rellenaba de manera deficiente el conducto; además, el empleo de limas de mayor diámetro (superiores al cuarenta y cinco) no mejoró la capacidad de desbridamiento de las áreas sin instrumentar (12). Wu et al (13) observaron que la técnica de limado circunferencial era capaz de contactar con mayor superficie radicular y por tanto mejorar la instrumentación del conducto oval.

La evolución y mejora de las aleaciones de níquel-titanio (NiTi) favorecieron la introducción de sistemas de instrumentación rotatorios formados por limas de NiTi. Las limas de NiTi poseen las características de superelasticidad y memoria de forma, según el estado en que se encuentre el material, martensita, austenita o fase-R. La aplicación de estrés o torneado de la aleación de NiTi produce el cambio de fase martensita a austenita originando la propiedad de superelasticidad. Cuando este proceso se revierte, ocurre la memoria de forma y el cambio de fase austenita a martensita (14).

Los instrumentos de NiTi poseen una elasticidad muy superior a los instrumentos de acero inoxidable y una mayor resistencia a la fractura por torsión, por ello son muy útiles para la instrumentación de conductos curvos. Pero la instrumentación de conductos ovales resulta más compleja debido a la irregularidad del conducto, ya que en sus extensiones vestibulares y linguales pueden quedar restos de tejido pulpar, restos de dentina o de barrillo dentinario (15). Resulta interesante observar cómo se comportan estas limas de NiTi de gran flexibilidad en los conductos ovales.

Así pues, se realizaron diversos estudios para evaluar la conformación de estos conductos mediante el uso de limas rotatorias de NiTi. En un intento de desbridar y conformar la totalidad de dichos conductos, las técnicas manuales y rotatorias fueron utilizadas aplicando la técnica de instrumentación circunferencial (16,17,18,19).

Las técnicas oscilantes no supusieron una mejora en la instrumentación de los conductos ovales ya que la mayoría de la superficie radicular quedaba sin tratar. La instrumentación era insuficiente en términos de adaptabilidad de las limas a las paredes del conducto, de modo que quedaban las paredes sin limpiar y sin conformar, principalmente en sentido vestibulo-lingual (17).

Para intentar aumentar la eficacia de diferentes sistemas de instrumentación rotatorios (Protaper Universal® y MTwo®), estos se utilizaron aplicándoles un

movimiento circunferencial, diferente al aconsejado por las casas fabricantes, y se observó una mayor eficacia en la conformación de la superficie radicular cuando este movimiento se empleaba en los tercios medios y coronales de los conductos ovales (18). Las limas Hedström mostraron ser más efectivas en el desbridamiento mecánico utilizando la técnica de instrumentación circunferencial. (19)

Son múltiples los sistemas de instrumentación rotatorios estudiados y los métodos de estudio empleados para comprobar la limpieza y desbridamiento de los conductos ovales, tanto de rotación continua como rotación recíprocante. A continuación, se muestra una tabla resumen de algunos artículos encontrados en la literatura:

Tabla 1. Estudios sobre instrumentación rotatoria en conductos ovales

INSTRUMENTACIÓN ROTATORIA EN CONDUCTOS OVALES						
Autor y Año	Oval u oval largo	Sistema de instrumentación (lima apical maestra)	Método de observación	Superficie sin tratar (%) Media ± SD	Cantidad de detritus tras la instrumentación (%) Media ± SD	Conclusión
Marques JLC et al 2021 (20)	Oval largo	XP-endo Shaper 30.04 Mtwo 30.05	Micro-CT	9,57±6,15 8,51±5,01	ND	Ambos sistemas de limas proporcionan una correcta instrumentación de conductos ovales largos
Xavier SR et al 2020 (21)	Oval largo	XP-endo Shaper 30.04 Mtwo 30.05	Micro-CT	14,19±17,63 12,51±9,08	ND	XP-endo Shaper fue más efectiva en la preparación del tercio apical que Mtwo.
Veloza C et al 2020 (22)	Oval largo	XP-endo Shaper 40.04 ProTaper Next X4 40.06	Micro-CT	13,08±2,74 11,74±2,06	ND	No existen diferencias en la instrumentación de conductos ovales largos entre estos dos sistemas de limas.
Jensen LE et al 2019 (23)	Oval	TRUShape 30.06v TRUShape 40.06v	Micro-CT	28 15 45	ND	Ambas limas tienen la capacidad mecánica de preparar los

		Vortex Blue 30.04 Vortex Blue 40.04		29		conductos, pero TRUShape prepara significativamente una mayor superficie.
Arias A et al 2018 (24)	ND	Vortex 30.06 TRUShape 30.06v	Micro-CT	50,64±13,22 55,83±13,76	0,20±0,17 0,25±0,22	Ambos sistemas son válidos para preparar conductos ovales. TRUShape es más conservador con la anatomía original.
Espir CG et al 2018 (25)	Oval largo	Reciproc R40 Unicone 40.06 Mtwo 40.06	Micro-CT	17,3±10,41 30,0±7,64 23,15±12,1	2,33±1,95 4,45±2,05 2,87±12,1	La instrumentación con Mtwo y Reciproc genera menos detritus. Reciproc deja significativamente menos superficie sin instrumentar que Unicone.
Versiani MA et al 2018 (26)	Oval largo	XP-endo Shaper 30.04 iRace 30.04 EdgeFile X1 y X7	Micro-CT	9,42±7,67 8,17±4,01 9,83±8,18	ND	Los tres sistemas muestran capacidades similares de instrumentación.
Zuolo ML et al 2018 (27)	Oval largo	BioRace 25.06 Reciproc R25 SAF TRUShape 25.06v	Micro-CT	32,8 18,95 16,08 19,2	< 0,002	El sistema SAF deja menos superficie sin instrumentar eliminando menos dentina.
Lacerda MFLS et al 2017 (28)	Oval	SAF TRUShape 30.06v XP-endo Shaper 30.04	Micro-CT Cortes histológicos	10,92 17,45 17,31	0.6-1,36 0,21-0,34 1,34-13,29 (según el tercio analizado, de coronal a apical)	SAF prepara significativamente mejor que XP-endo Shaper el tercio apical. Los tres sistemas limpian por igual las áreas no instrumentadas.
Guimarães LS et al 2017 (29)	Oval	TRUShape 40.06v Reciproc R40	Micro-CT	24 39	ND	La superficie radicular sin instrumentar obtenida por TRUShape es significativamente mejor que Reciproc.

Busquim S et al 2015 (30)	Oval largo	Reciproc R40 BioRace 40.04	Micro-CT	15,12±10,3 9,73±5,7	ND	BioRace deja menos superficie radicular sin tratar y elimina menos tejido que Reciproc de manera significativa.
Versiani MA et al 2013 (31)	Oval	SAF Reciproc R40 WaveOne 40.08 Protaper F4	Micro-CT	ND	ND	SAF es el sistema más conservador con la anatomía original. En término de paredes dentinarias sin instrumentar, todos los sistemas obtienen resultados similares.
Paqué F y Peters OA 2011 (32)	Oval largo	SAF	Micro-CT	23,4±8,9	ND	La instrumentación con SAF es efectiva y segura
Paqué F et al 2010 (33)	Oval	Protaper F4 Protaper F4 (como si fueran dos conductos) Protaper F4 (movimiento circuferencial) Hedström 40	Micro-CT	79,9 59,6 64,3 78,6	ND	Preparar los conductos ovales de los molares mandibulares como si fueran dos conductos individuales puede resultar más beneficioso.

Como se puede observar en la tabla ningún sistema de instrumentación es capaz de tratar por completo la totalidad de la superficie radicular, si bien algunos son más eficaces que otros en cuanto a porcentaje de superficie tratada. La acumulación de detritus, barrillo dentinario o tejido pulpar también varía según el estudio y el tercio radicular estudiado. Estos acúmulos se localizan con mayor frecuencia en las extensiones vestibulares y linguales de los mismos (25,27,28).

La cantidad de estructura dentinaria eliminada tras la instrumentación es un factor a tener en cuenta. Diferentes estudios han evaluado el grosor dentinario de las paredes

radiculares antes y después de la instrumentación. Así pues, las raíces de premolares maxilares o incisivos mandibulares, donde la dimensión mesio-distal es inferior a la buco-lingual, son más susceptibles a la fractura. Un exceso en la instrumentación del conducto con motivo de querer abarcar la totalidad de la superficie interna podría originar un debilitamiento de las paredes y por tanto la posterior fractura radicular (9). Debido a la configuración anatómica y el grosor dentinario de las paredes radiculares de incisivos inferiores, realizar un tratamiento de conductos supone un reto para el odontólogo tanto en la preparación del conducto, como en su posterior obturación (34).

Se ha reportado que ciertos sistemas de instrumentación dejan menos área sin instrumentar eliminando menos superficie radicular; se podría decir que existen sistemas de instrumentación más conservadores que otros (28,30,31) .

En el año 2013 se comercializó el sistema de instrumentación Protaper Next® (Dentply Sirona, Ballaigues, Suiza) un sistema innovador en cuanto a su sección, rectangular y descentrada, basado en la técnica original de Schilder “envelope of motion”, traducida como movimiento de precesión. La lima describe dos ejes de rotación, el principal o eje central, y un segundo eje en el cual gira el cuerpo del objeto, de modo que el eje de corte puede ser hasta dos veces superior al eje central. Visualmente se observa un movimiento de serpenteo y la lima sólo contacta en dos puntos de la sección transversal, facilitando el no embotamiento de la lima y el arrastre de los detritus hacia el exterior del conducto. El efecto de enroscamiento se disminuye debido al corte alterno de la lima con las paredes del conducto al mismo tiempo que disminuye la fatiga cíclica, también favorecido por la aleación M-Wire. El diseño de las limas incluye conicidad variables siguiendo la filosofía de las limas ProTaper Universal® y consta de 5 limas. Los diámetros y conicidades apicales son: X1#17/.04, X2 #25/.06, X3 #30/.075, X4 #40/.06, X5 #50/.06 (35,36). En varios estudios se ha observado que las limas ProTaper Next son

adecuadas para la instrumentación de conductos, no induciendo a errores durante la conformación (36,37,38). Según un reciente estudio, las limas ProTaper Next fueron útiles para la instrumentación de conductos ovoides largos de incisivos inferiores (22).

Como se ha dicho al inicio de este apartado la desinfección del conducto es un punto crítico para el éxito endodóntico. La eliminación de las bacterias y sus toxinas, así como la eliminación de los tejidos pulpaes inflamados y/o necróticos son el resultado de la acción mecánica de los instrumentos y la acción química de los irrigantes. Dada la limitación de los sistemas de instrumentación se confirma la necesidad de una desinfección química adicional (33).

2.3 PREPARACIÓN QUÍMICA EN ENDODONCIA Y SU APLICACIÓN EN CONDUCTOS OVALES

Para cumplir el objetivo del tratamiento endodóntico, prevenir la contaminación microbiana y eliminar microorganismos y sus toxinas, se requiere de un buen control microbiano mediante la instrumentación y la irrigación del sistema de conductos. Los irrigantes facilitan esta labor dadas sus capacidades antimicrobianas y lubrican el conducto con el fin de evitar el atascamiento o enroscamiento de las limas (39).

La complejidad del conducto radicular debido a las irregularidades de su sistema y la presencia de canales laterales, junto con la formación del barrillo dentinario (smear layer) durante la instrumentación, son los principales obstáculos para lograr una limpieza y desbridamiento completo del conducto radicular. El barrillo dentinario contiene sustancias inorgánicas y orgánicas, así como fragmentos de procesos odontoblasticos, microorganismos y desechos necróticos. Para alcanzar estas zonas de difícil acceso y eliminar el barrillo dentinario se han de emplear y combinar los irrigantes (40).

Las características ideales que debería tener un irrigante son:

- Baja tensión superficial para desinfectar y penetrar en la dentina, túbulos dentinarios y conductos laterales.
- Efecto bacteriano a largo plazo (sustantividad).
- No presentar toxicidad, no ser cáusticos para los tejidos periapicales y no causar reacciones anafilácticas.
- Tener amplio espectro antimicrobiano y alta eficacia contra microorganismos anaerobios y facultativos organizados en biopelículas.
- Capacidad de disolver los restos de tejidos pulpaes necróticos.
- Capacidad de inactivar las endotoxinas.
- Prevenir la formación de una capa de barrillo dentinario durante la instrumentación del conducto y disolverlo una vez que se haya formado.
- No presentar efectos adversos sobre la dentina o la capacidad de sellado de los materiales de relleno.
- No causar tinciones en el diente.
- Ser relativamente económico.

No existe la solución irrigante perfecta, por ello debemos utilizar una combinación de las soluciones irrigantes disponibles. La desinfección del conducto radicular debe basarse en el empleo de un sistema de instrumentación apropiado y el uso de irrigantes con capacidad antimicrobiana bien testeada y técnicas o dispositivos de activación con el fin de conseguir un desbridamiento químico-mecánico clínicamente efectivo (40,41).

2.3.1 PRINCIPALES IRRIGANTES

Hipoclorito de sodio (NaOCl)

El hipoclorito de sodio es el irrigante más utilizado para desinfectar y lubricar el conducto radicular, es el más económico y tiene un gran poder antiséptico, antibacteriano y capacidad de disolución del tejido orgánico. Estas características están en función de la concentración (0,5%-5,25%) usada. Disminuyendo la concentración se reduce la toxicidad, el efecto antibacteriano y la capacidad de disolución; por el contrario, el aumento en el volumen y la temperatura de la solución utilizada aumenta la eficacia de esta. Las principales características del hipoclorito de sodio son:

- Eficacia inespecífica antimicrobiana
- Inactivación de endotoxinas bacterianas
- Baja tensión superficial
- Elimina la parte orgánica del barrillo dentinario
- Muy económico
- Gran capacidad para disolver tejido pulpar vital y necrótico.
- Potencial alergénico, potencial cáustico y no es capaz de eliminar la parte inorgánica del barrillo dentinario (40,42).

El ácido hipocloroso (HClO) y los iones de hipoclorito (OCl-) son los responsables de la degradación y de la hidrólisis de los aminoácidos. El ácido hipocloroso en contacto con los tejidos orgánicos, actúa como solvente produciendo la disolución de los tejidos orgánicos y la liberación de cloro que interactuando con los grupos amínicos de las proteínas, produce cloroaminas que interfieren en el metabolismo celular inhibiendo las enzimas mediante un mecanismo de oxidación irreversible. La inhibición enzimática puede producirse también gracias al alto valor del pH de las soluciones de

hipoclorito que afectan a la integridad de la membrana celular y producen alteraciones bioquímicas consideradas como el mayor responsable de la inactivación bacteriana (42).

El hipoclorito de sodio puede destruir patógenos organizados en biopelículas que se encuentran en el interior de los túbulos dentinarios. El uso de técnicas rotatorias hace que el proceso de desbridamiento mecánico sea más rápido y por tanto el hipoclorito de sodio esté menos tiempo en contacto con la superficie radicular, tejidos pulpaes o bacterias. Diferentes autores sugieren la combinación de diferentes irrigantes durante el proceso de instrumentación y/o la activación de estas soluciones, en un enjuague final del conducto, así como la utilización de surfactantes en la solución irrigadora para aumentar el ángulo de contacto entre la solución y la superficie del tejido, reduciendo así la tensión superficial y mejorando la penetración de la solución dentro de los túbulos dentinarios (42,43).

Clorhexidina

El gluconato de clorhexidina se utiliza como irrigante de conductos gracias a que posee un amplio espectro de acción antibacteriano. Sus principales ventajas con respecto al NaOCl son la sustentividad (efecto continuado a largo del tiempo) y la baja toxicidad. Además, tiene una gran efectividad contra el *E. faecalis*. Es un irrigante eficaz contra bacterias Gram negativas y Gram positivas, pero no contra las mycobacterias (40,44). La concentración que se muestra más eficaz para ser utilizada como irrigante intraconducto es la del 2%, pero ninguna concentración de clorhexidina es capaz de disolver el tejido vital o necrótico ni el barrillo dentinario (42).

Agentes quelantes

El barrillo dentinario está formado por restos de dentina, remantes de procesos odontoblásticos, tejido pulpar, bacterias y dentina inorgánica. Los agentes quelantes tienen la capacidad de disolver esta parte inorgánica del barrillo dentinario (45). La

disolución o eliminación del barrillo dentinario mejora la adaptación de la gutapercha en frío y en caliente a las paredes de los conductos. El agente quelante más utilizado es el ácido etilendiaminotetraacético, EDTA, en concentraciones entre el 15-18%. Una irrigación final de EDTA durante un minuto, seguido de hipoclorito de sodio como irrigante final muestra eficacia suficiente para disolver el barrillo dentinario (40). Algunos estudios han demostrado que la aplicación de EDTA en gel, solo tiene un efecto lubricante y no es suficientemente efectivo para disolver o eliminar el barrillo dentinario como lo es el EDTA líquido (45).

Otro agente quelante de interés es el MTAD (Dentsply Tuls Dental Specialties, Tulsa, Okla). Es una formulación a base de ácido cítrico, doxiciclina y detergente Tween-80 con un pH alrededor de 2.15, esta formulación tiene buena capacidad de remoción del barrillo dentinario y no produce erosión dentinal si el conducto es previamente irrigado con NaOCl (45).

2.3.2 TÉCNICAS Y DISPOSITIVOS DE ACTIVACIÓN APLICADOS EN CONDUCTOS OVALES

Con el objetivo de eliminar mayor cantidad de detritus, bacterias y barrillo dentinario se han desarrollado distintas técnicas y aparatos para la activación de los irrigantes. Las técnicas de activación se pueden clasificar en manuales y rotatorias. Cualquiera de estas técnicas mejora la limpieza del conducto en comparación con el simple uso de la jeringa de irrigación (40). Dada la imposibilidad ya comentada, de poder instrumentar la totalidad del conducto radicular y en concreto las extensiones vestibulares y linguales del conducto oval, son muchos los autores que han desarrollado su investigación en la optimización o mejora de la eficacia de los sistemas de irrigación.

Las técnicas de activación manual han sido empleadas en varios estudios durante la irrigación final, activando el hipoclorito y el EDTA, utilizando el cono de gutapercha

maestro o con microcepillos como la punta de irrigación Navitip FX (Ultradent, Jordan Sur, UT) o GF *Finisher* (MedicNRG, Kibbutz Afikim, Israel) (46,47). Ambos estudios demuestran una menor presencia de restos pulpares y de detritus en las zonas más alargadas y aplanadas de los conductos ovales en comparación con la no activación de los irrigantes. Sin embargo, no disminuyeron la cantidad de barrillo dentinario presente en la superficie interna radicular tras la irrigación y activación.

El sistema de irrigación y activación mecánica EndoVac (Kavo Kerr Group, Collins Ave Orange, CA, USA) proporciona una irrigación por presión negativa sin riesgo de extrusión del irrigante y con las ventajas de hacer llegar la solución desinfectante o quelante hasta el tercio apical (46,48). En cuanto a la cantidad de detritus o restos pulpares presentes en los conductos ovales tras el uso del EndoVac, se ha observado que es un sistema eficaz para la disminución de estos, dejando la superficie del conducto más limpia, pero sin ser capaz de eliminar completamente los detritus ni el barrillo dentinario, al igual que el resto de las técnicas (46,49).

La irrigación pasiva ultrasónica (IPU) es otro método de activación mecánico tan eficaz como el EndoVac, la formación de ondas y el efecto de cavitación favorecen la eliminación del detritus y del barrillo dentinario, quedando los túbulos dentinarios abiertos o parcialmente ocluidos (46,50). El uso de la irrigación pasiva ultrasónica en conductos ovalados ha demostrado eliminar mayor cantidad de tejido pulpar independientemente del calibre apical utilizado para la instrumentación del conducto. Así, diferentes estudios observaron que empleando limas de diámetro menor al treinta cinco o con sistemas de rotación de lima única, se consigue un desbridamiento químico-mecánico eficaz (51,52). Un reciente estudio muestra como la combinación mecánica de limas rotatorias y unas novedosas puntas de ultrasonidos mejora significativamente el

desbridamiento y limpieza de los conductos frente a la instrumentación rotatoria y la activación final del irrigante (53).

La lima XP-endo Finisher fue diseñada con el objetivo de mejorar el desbridamiento y desinfección del conducto radicular. Esta lima se utiliza en el protocolo final de irrigación a modo activador del irrigante y ha demostrado ser tan efectiva como la IPU en la reducción de detritus en conductos ovals (50).

Las limas SAF se podrían considerar también como un sistema de activación mecánica, ya que proporcionan una irrigación continua durante la instrumentación del conducto impulsando el irrigante hacia la zona apical; la gran adaptación de la malla metálica a las paredes del conducto y la acción vibratoria de la misma favorecen un mayor desbridamiento y limpieza del conducto oval que la irrigación con una jeringa y aguja (54,48). De-Deus y cols (2012) observaron que los conductos quedaban con menos restos de dentina y detritus concluyendo que el sistema SAF tiene un efecto químico-mecánico que favorece la mejor adaptación de la gutapercha termoplástica a las paredes del conducto (55).

2.4 CEMENTOS SELLADORES Y TÉCNICAS DE OBTURACIÓN EN CONDUCTOS OVALES

2.4.1 CEMENTOS SELLADORES

Para llevar a cabo la obturación del sistema de conductos se requiere de un cemento sellador y un núcleo central que sirve de vehículo o soporte para dicho sellador. Normalmente, ese núcleo es la gutapercha. De modo que el cemento contribuye en mayor medida al buen sellado del conducto (56).

Grossman describió las características del cemento sellador ideal: (I) ser pegajoso tras mezclarse para adherirse a la pared del conducto radicular, (II) proporcionar un

sellado hermético, (III) radiopacidad, (IV) fácil de mezclar con un polvo fino y un líquido, (V) no contraer al fraguar, (VI) no teñir el diente, (VII) ser bacteriostático, (VIII) tiempo de fraguado lento, (IX) insoluble en los fluidos perirradiculares, (X) biocompatible, no citotóxico, (XI) soluble en solventes comunes para la remoción del cemento en caso de ser necesario (57).

Además, el cemento sellador debe cumplir las siguientes funciones: sellar los huecos, conductos laterales y los forámenes apicales presentes, unir el núcleo de la obturación con la pared del conducto radicular y lubricar, a la vez que facilitar el posicionamiento del núcleo de obturación y sepultar cualquier bacteria remanente (58). A largo de los años se ha tratado de mejorar las propiedades y cualidades de los cementos y así alcanzar estas características y funciones.

Los cementos selladores pueden clasificarse según su principal componente químico. Así encontramos cementos de óxido de zinc eugenol, hidróxido de calcio, ionómero de vidrio, silicona, resina y silicato cálcico (biocerámico) (59). Los cementos de resina epoxy han sido utilizados durante las últimas décadas de manera muy amplia, siendo el AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Alemania) el “gold standard” por sus propiedades físicas, gran fuerza de adhesión a la dentina, baja solubilidad y adecuada estabilidad dimensional. Es precisamente su fuerza de adhesión al colágeno dentinario lo que ofrece una gran adaptación del cemento a las paredes dentinarias y un menor número de vacíos interfaciales entre cemento y dentina, y también posee una mayor penetración en los túbulos dentinarios debido a su consistencia o fluidez (60). Pero estos cementos de resina epoxy carecen de propiedades bioactivas o de potencial osteogénico (61), a diferencia de los cementos de silicato cálcico o biocerámicos como MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Parana, Brasil), iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, BC, Canadá), EndoSequence BC (Brasseler EEUU, Savannah, EEUU) o el recientemente

comercializado Ceraseal (Meta Biomed Co., Cheongju, Korea) que poseen un potencial bioactivo y menor citotoxicidad (62).

2.4.2 CEMENTOS BIOCERÁMICOS

Dadas la excelente biocompatibilidad, la capacidad de sellado y las múltiples aplicaciones clínicas del MTA, la ciencia ha tratado de mejorar sus propiedades potencialmente negativas como la dificultad de manejo, largo tiempo de fraguado y el elevado coste, desarrollando cementos o selladores de conductos a base de silicato cálcico, cementos biocerámicos, de características muy similares al MTA y que recientemente les han denominado “Cementos Endodónticos Bioactivos” (CEB). Estos cementos tienen en común la liberación de iones calcio, electroconductividad, la producción de hidróxido de calcio y la formación de cristales de apatita en la superficie del material que está en contacto con fluidos del medio (63). Además, poseen otras propiedades como la biocompatibilidad, estabilidad química, pH alcalino, hidrofiliadad, radiopacidad, ligera expansión y efecto antibacteriano (59,64). Los cementos biocerámicos pueden dividirse en bioinertes, bioactivos y biodegradables (65).

Algunas de las aplicaciones clínicas de los cementos biocerámicos son el sellado a retro, sellado radicular apical y el sellado de conductos radiculares junto con gutapercha para realizar la obturación en dientes con ápice cerrado (66). Entre los cementos biocerámicos más usados para la obturación de conductos radiculares mediante la técnica de cono único destacan el MTA Fillapex, Endosequence BC sealer o BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Francia).

Una de las propiedades negativas de los cementos en base de silicato cálcico es su eliminación o retratabilidad tras un fracaso endodóntico, puesto que no hay un solvente

específico para estos cementos y la remoción completa del mismo aplicado en una obturación a retro o como tapón apical es muy complicada. Cuando estos cementos son utilizados como selladores de conductos se ha observado que el cloroformo favorece la eliminación de MTA Fillapex y de EndoSequence BC cuando se usan junto a gutapercha, pero en menor medida que los cementos a base de resina epoxy como el AH Plus (66). Si durante el retratamiento se utilizan técnicas complementarias como XP-endo finisher R, irrigación pasiva ultrasónica o el EndoActivator (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU) el volumen de material, gutapercha y cemento retirado del conducto se aumenta (67).

Son escasos los estudios que se encuentran en la literatura y no hay unanimidad en los resultados en cuanto a tiempo de remoción y cantidad de cemento sellador remanente tras el retratamiento de conductos obturados con biocerámico o con cementos de resina epoxy. Usando tanto un tipo de cemento como el otro la permeabilidad del conducto se puede recuperar durante el retratamiento ortógrado (65).

Existen en la literatura pocos estudios a largo plazo que evalúen el éxito o fracaso de los biocerámicos como selladores de conductos radiculares, aunque sus resultados son prometedores. Hasta la fecha no existen diferencias significativas en el éxito observado a 5 años cuando los conductos fueron obturados usando cemento biocerámico o selladores convencionales (66,59).

2.4.3 TÉCNICAS DE OBTURACIÓN EN CONDUCTOS OVALES

El principal objetivo de la obturación del conducto radicular es el sellado permanente y total del mismo para evitar la reinfección y la recontaminación del conducto originada por la filtración de bacterias o fluidos (68). Grossman en 1967 describió los principios para evitar un foco infeccioso en un tratamiento endodóntico, uno de ellos decía “la obturación del conducto es un sellado hermético que finaliza en la unión

cemento-dentinaria de éste”. Sin embargo, Ramsey WD (1982) hizo cierta aclaración con respecto al sellado del conducto, refiriéndose al mismo como impermeable, ya que se pretende evitar la filtración de fluidos a nivel apical y coronal (69). Existe un debate en este aspecto y se ha discutido ampliamente en la literatura, realizándose estudios tanto de filtración bacteriana como de análisis de tamaño y localización de vacíos. Peters LB et al (1995) defiende que la presencia de vacíos a nivel apical o coronal puede ser una vía para la filtración y permitir el crecimiento bacteriano de nuevo, la reinfección y por tanto la enfermedad post-tratamiento (70). Detectar estos vacíos o vías de entrada en el material de obturación puede ser difícil, pero útil para la mejora de los materiales y técnicas de obturación del conducto radicular.

El material más utilizado para la obturación de los conductos radiculares junto con el cemento sellador es la gutapercha, material que se puede desinfectar sumergiéndola en hipoclorito de sodio, y puede ser compactada al aplicar calor y presión (69).

La técnica de obturación más extendida es la condensación lateral de gutapercha en frío. Sin embargo, la técnica de condensación vertical de gutapercha en caliente se está imponiendo ya que diferentes estudios han demostrado una mejor adaptación de esta a la anatomía interna del conducto y menor filtración apical (69). En la técnica de condensación lateral el conducto es obturado por un cono maestro y gutaperchas accesorias, el espaciador debe alcanzar 1 o 2 mm menos de la longitud de trabajo para colocar la gutapercha accesoria a ese nivel y así minimizar la filtración apical o percolación (71). Posteriormente el espaciador y las gutaperchas accesorias quedan cada vez más alejados del stop apical creado y el conducto completamente obturado. Sin embargo, aparecen vacíos, excesos de cemento y falta de adaptación de la gutapercha a la morfología interna de los conductos ovales (72,73). Schilder, en 1967, incorporó el uso de calor para plastificar la gutapercha y así adaptarla mejor a las paredes del conducto y

dar una mejor homogeneidad a la obturación, esta técnica fue llamada condensación vertical caliente (69). Más tarde esta técnica fue modificada mediante el uso del System B en la técnica de condensación por onda continua, por el doctor Buchanan (1996).

El Dr Johnson (1978) combinó la gutapercha caliente con un núcleo metálico no removible, y la denominó Thermafil®. Este vástago metálico recubierto de gutapercha se calentaba antes de introducirlo en el conducto. Posteriormente, el vástago se cambió por uno de plástico y se utilizó en combinación con gutapercha en fase α , calentado en un horno llamado Thermaprep® (74). Recientemente, se introdujo en el mercado un nuevo sistema de obturación con vástago, Guttacore®, en el cual el vástago de plástico se sustituyó por un polímero entrelazado con gutapercha que puede ser igualmente calentado en el horno sin que el vástago sufra deformidad y permitiendo que la gutapercha pueda fluir por el conducto, adaptándose a la anatomía interna del mismo, incluido posibles conductos laterales. Este nuevo vástago es fácilmente retratable y se puede retirar con más facilidad que el vástago de plástico en el caso de colocar un poste intraconducto o realizar un retratamiento endodóntico (75).

Los conductos preparados con sistemas de NiTi como Protaper Gold, MTwo, WaveOne y otros muchos, pueden ser obturados con un cono único del mismo tamaño y conicidad que la última lima empleada en la instrumentación. Esta técnica llamada “cono único” presenta ventajas como la rapidez y simplicidad frente a la técnica de condensación lateral o condensación vertical (73,76).

Para evaluar la obturación de conductos ovaes se han utilizado diferentes técnicas como los estudios de filtración in-vitro con tintes o bacterias (77), segmentación transversal, observación a microscopio electrónico de barrido (SEM) (75) o estereomicroscopio (78,79) y la micro-tomografía computarizada (80,81). Ésta última supone un adelanto en la evaluación in vitro ya que permite reproducir el diente en un

modelo virtual y poder examinar su interior sin necesidad de destruir o manipular de manera irreversible las muestras. Mediante la micro-CT se evalúa la obturación en 2D utilizando las imágenes transversales de los conductos obturados, permitiendo analizar los espacios vacíos, ubicación y área de estos de manera precisa; así mismo, en el análisis 3D se puede evaluar el volumen de los vacíos remanentes en el conducto en relación con el volumen total obturado (82).

Según múltiples estudios, los peores resultados de adaptación del cono de gutapercha se producen a nivel del tercio medio y cervical, ya que éste no se adapta en su totalidad a la anatomía radicular, sin embargo, a nivel apical la adaptación del cono es casi perfecta y el conjunto gutapercha y cemento no dejan prácticamente ningún vacío (34,76,82). En los tercios medios y cervical, por el contrario, con la técnica de cono único el cemento ocupa un gran volumen del conducto, y la microfiltración, una de las principales causas de fracaso endodóntico, ocurre entre la gutapercha y el cemento, entre el cemento y la dentina o a través de los poros del cemento (82). Es por ello que en conductos con anatomías complejas es todavía más importante las características del cemento sellador para que este no sea un punto débil del tratamiento endodóntico. Los nuevos cementos biocerámicos o cementos en base de silicato cálcico, han sido desarrollados en este sentido, no presentan contracción, son altamente biocompatibles, premezclados y fluidos, tal y como se describió en el apartado anterior (59,82). Estos cementos biocerámicos poseen actividad antimicrobiana y capacidad de sellado, por tanto, pueden contribuir al éxito del tratamiento endodóntico.

Recientes artículos reportan que la aplicación de cemento biocerámico o cemento de resina epoxy (AH Plus) para la obturación de conductos ovales consiguen un adecuado sellado con la técnica de cono único dada la capacidad de penetración de estos en los túbulos dentinarios (83).

Sin embargo, en otro trabajo se ha observado que la técnica de cono único combinada con cemento de resina epoxy presenta con frecuencia los vacíos más grandes frente a la técnica de condensación lateral o técnicas termoplásticas (76). Puede resultar interesante combinar la técnica de cono único con la condensación lateral de modo que los tercios medios y cervical podrían quedar más rellenos y libres de vacíos tal y como sugieren algunas investigaciones (75,84).

3. JUSTIFICACIÓN

Para el estudio de las técnicas y materiales de obturación utilizados en el tratamiento de conductos se han desarrollado estudios en dientes con anatomías internas de diferentes morfologías. El tratamiento de los conductos ovales pone a prueba las características de los materiales utilizados y las habilidades de las técnicas empleadas, evidenciando los puntos débiles de ambos.

Después de realizar la preparación químico-mecánica del sistema de conductos, será la obturación tridimensional de dicho sistema la que evite la microfiltración y proliferación de bacterias y sus toxinas en el interior del conducto, perpetrando así, el sellado del conducto con el paso del tiempo. Sin embargo, los estudios in vitro muestran que es casi imposible conseguir una obturación del conducto libre de vacíos. Si la obturación se ve comprometida, el pronóstico del tratamiento se verá afectado y una obturación defectuosa puede ocasionar el fracaso endodóntico.

No todos los materiales y técnicas de obturación obtienen los mismos resultados en la obturación del conducto oval y sólo algunos consiguen acercarse más a los parámetros ideales. La aparición en el mercado de la técnica de cono único y de los cementos biocerámicos requieren su comprobación y comparación con otras técnicas más utilizadas y contrastadas. Las técnicas termoplásticas han sido ampliamente estudiadas, observándose, en la mayoría de las publicaciones, una gran adaptación de la gutapercha y el cemento sellador a la morfología del conducto oval y asegurando el sellado correcto tanto a nivel apical como coronal, no así la técnica de cono único. La técnica de condensación lateral es la más utilizada y es el referente como técnica de obturación. Combinar un cono de gutapercha a la medida de la última lima utilizada, cono único, y gutaperchas accesorias es una alternativa más rápida y fácil que la técnica clásica de condensación lateral y puede evitar la formación de vacíos y el exceso de cemento sellador en los conductos ovales.

Las características y propiedades de los cementos biocerámicos parecen ser prometedoras para la obturación de conductos, además de evitar algunos defectos o inconvenientes de los cementos ya existentes. Las técnicas de obturación con cemento biocerámico han sido escasamente testadas en conductos ovoides in vitro (sólo se han hallado cuatro artículos en esta revisión bibliográfica). Esta carencia es mayor en estudios in vivo prospectivos, por lo que se hace necesaria una investigación que evidencie los resultados en la aplicación de estos materiales para la obturación de conductos.

4. HIPÓTESIS

Se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

1. Las técnicas de obturación empleadas, como único con condensación lateral, Guttacore y como único con cemento biocerámico generan vacíos en diferente proporción en la totalidad del conducto y el tercio radicular analizado.
2. No existen diferencias en el volumen de vacíos total ni por tercios radiculares obtenidos entre las técnicas utilizadas.
3. El tiempo empleado en la realización de la obturación de conductos es desigual en función de la técnica. La técnica de como único con biocerámico y la técnica Guttacore son las más rápidas.

5. OBJETIVO

5.1 OBJETIVO PRINCIPAL.

Analizar mediante micro-tomografía computarizada los espacios vacíos remanentes en conductos ovaes obturados con diferentes técnicas: cono único con condensación lateral, Guttacore y cono único con cemento biocerámico.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

5.2.1 Analizar el porcentaje de área vacía obtenido por las diferentes técnicas.

5.2.2 Analizar el volumen de vacíos obtenidos por las diferentes técnicas.

5.2.3 Cuantificar el tiempo de obturación empleado para cada técnica.

6. MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Humanos de la Comisión Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València el 18 de julio de 2019 con el código de verificación SO3PE62YABSSRJ54.

En este trabajo se utilizaron 65 incisivos inferiores y/o premolares inferiores unirradiculares extraídos por motivos ajenos al estudio. Los dientes fueron obtenidos tras conseguir el consentimiento de los pacientes para la realización del estudio y sin que esto supusiera un riesgo para su salud. Los dientes se almacenaron en suero fisiológico.

Los criterios de inclusión fueron incisivos y premolares inferiores unirradiculares con un conducto oval y ápice cerrado. La morfología del conducto, ovalada, se confirmó mediante dos radiografías en dirección buco-lingual (BL) y mesio-distal (MD) y se seleccionaron los dientes con un canal único y oval y los dientes con conductos accesorios o dos canales se descartaron. Para clasificarlo como conducto oval era necesario que a 5mm del ápice el diámetro MD fuera entre dos y cuatro veces superior al diámetro BL.

6.1 PREPARACIÓN QUÍMICO-MECÁNICA DE LA MUESTRA.

Se realizó la apertura de acceso al conducto mediante una fresa redonda y después de la caída en vacío mediante la fresa Endo Z (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) se terminó de perfilar el acceso. Los conductos se permeabilizaron con limas K de tamaño 10 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) y la longitud de trabajo (LT) se estableció a 1 mm del foramen apical mediante inspección visual y lima K 15. A continuación se instrumentó con el sistema de limas Protaper Next (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) siguiendo la secuencia de instrumentación recomendada. La lima X1 fue utilizada con un movimiento de cepillado a la longitud de trabajo, y las de acabado X2 y X3 se utilizaron con un movimiento de picoteo y cepillado. Todas las limas se usaron a 300 rpm y 4 Ncm montadas en el motor X-Smart iQ® (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.).

Los conductos fueron irrigados con NaOCl al 2% tras el paso de cada lima. Como irrigación final se utilizaron 2 ml de EDTA al 17% (Canal Pro Edta, Coltene, Langenau, Alemania) durante 1 minuto y se lavaron con 2 ml de NaOCl al 2%. Los conductos fueron secados con puntas de papel X3® (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.).

6.2 OBTURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES Y REGISTRO DEL TIEMPO

A continuación, se procedió a la división de los dientes de manera aleatoria en 3 grupos iguales (21 dientes por grupo):

Se colocó un cronómetro para cuantificar el tiempo empleado en la obturación de cada diente según el grupo y se contabilizó en una hoja Excel (Microsoft).

Grupo A. Cono único con cemento biocerámico.

Se obturó el conducto colocando una punta de gutapercha X3 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) embadurnada en cemento endodóntico biocerámico, MTA Fillapex. La gutapercha sobrante se cortó usando un transportador de calor, DiaPen y la punta FM (DiaDent, North Fraser Way, Burnaby, Canada), la gutapercha fue inmediatamente compactada con los atacadores plugger Machtou 1/2 y/o Machtou 3/4.

Grupo B. Cono único con condensación lateral (CU+CL)

La obturación del conducto se realizó mediante conos maestros Protaper Next X3 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) con la misma conicidad y forma que la última lima rotatoria utilizada en el conducto. El cemento sellador empleado fue AH Plus® (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) y se colocó con la gutapercha maestra hasta LT y movimiento de bombeo. Usando el espaciador digital B y A se realizó espacio para colocar gutaperchas accesorias 2%, diámetro 20. Para cortar el excedente de gutapercha se usó un transportador de calor, DiaPen y la punta FM a nivel de la UCA, la gutapercha

fue inmediatamente compactada con los atacadores Machtou 1/2 y/o Machtour 3/4 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.).

Grupo C. Guttacore.

Previo a la obturación se colocó cemento sellador AH Plus con una punta de papel X3 hasta LT menos 1mm. Los conductos fueron obturados con Guttacore Pink 30 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) calentados previamente en el horno Thermaprep Plus 2 (Dentsply Sirona, Philadelphia, EE. UU.) durante el tiempo predeterminado según el fabricante. Se colocaron en el interior del conducto aplicando presión apical hasta llegar a longitud de trabajo y posteriormente se compactó la gutapercha más coronal apicalmente con un atacador Machtou 1/2. Una vez endurecida la gutapercha se cortó el vástago manualmente.

6.3 ESTUDIO DE LA MUESTRA MEDIANTE MICRO-CT

Después de la obturación del conducto los dientes se guardaron durante 5 días con una humedad relativa del 100% para garantizar que el cemento se endureciera por completo.

Para el escaneado de las muestras dentarias se utilizó un micro-CT de alta resolución, modelo Quantum GX (PerkinElmer, Waltham, USA). Los parámetros utilizados fueron 90kV y 88 μ A, aplicando el modo "high resolution", con un tiempo de escaneado de 14 minutos por diente y un ángulo de rotación de 360°. Un total de 803 proyecciones fueron adquiridas por diente con un tamaño de pixel isotrópico de 25 μ m y una resolución de 512x512x512 (12.8 mm FOV). Las imágenes de micro-CT fueron automáticamente reconstruidas utilizando el software AutoViewer (PerkinElmer, Waltham, USA).

Para cuantificar el volumen de material de relleno (cemento y gutapercha) y los espacios vacíos contenidos dentro del conducto se desarrolló un plugin para Fiji/ImageJ, una plataforma software para procesado de imagen de código abierto basado en Java (85). El algoritmo de análisis de imagen desarrollado incluyó una segmentación 3D por umbralización de intensidad preliminar del material de obturación y un rellenado de los huecos. A continuación, esta segmentación preliminar 3D se dilató y el resultado se utilizó para inicializar un algoritmo de Level-sets en cada plano axial que encuentra el ajuste óptimo al contorno de la gutapercha y el cemento.

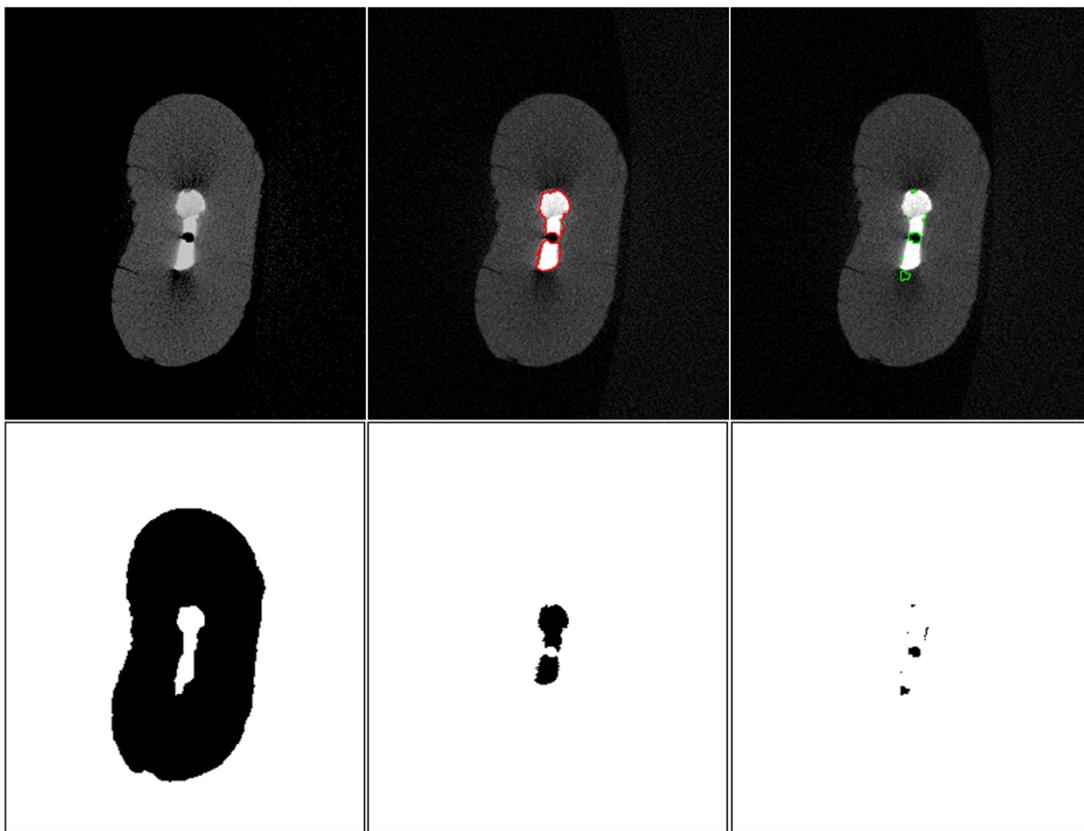


Ilustración 2. Segmentación por umbrales para diferenciar el conducto obturado de los vacíos.

Los espacios vacíos presentes en el material de obturación o entre el material y la pared del conducto se obtienen mediante operaciones lógicas binarias entre la máscara rellena y sin rellenar. De este modo, se pudo calcular en las imágenes en 2D el área

ocupada por la gutapercha y el cemento y el área ocupada por los vacíos, para posteriormente obtener el porcentaje de área rellena y el porcentaje de vacío (ilustración 2).

Una vez obtenida la segmentación final de la obturación del conducto y los espacios vacíos, se calculó el volumen que ocupa cada vacío detectado y el volumen de conducto obturado en relación con el volumen total del interior del conducto. Los vacíos obtenidos se clasificaron según su localización en apicales, medios o coroneales para cada una de las técnicas de obturación empleadas.

Las reconstrucciones 3D se realizaron a partir de las máscaras generadas con ImageJ utilizando el software Amira 3D para análisis preclínicos (Thermo Scientific, MA, USA). En los modelos 3D se diferenció el material de obturación, gutapercha y cemento (color rosa) y los espacios vacíos (color azul) (ilustraciones 3, 4 y 5).

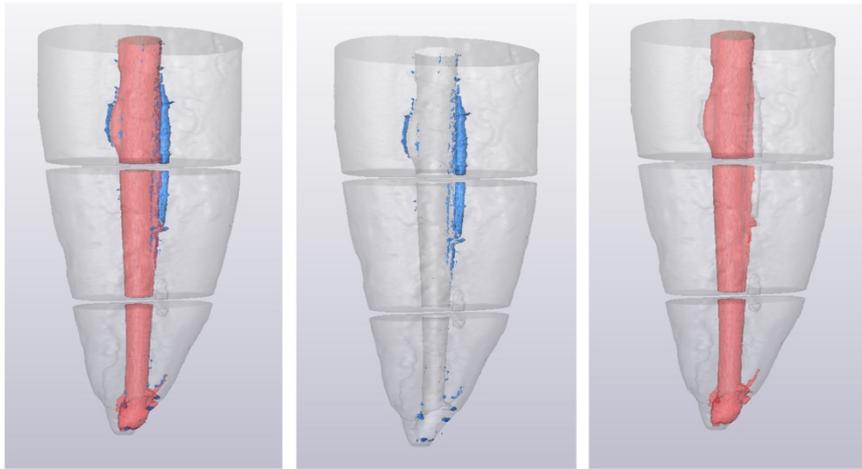


Ilustración 3. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Guttacore

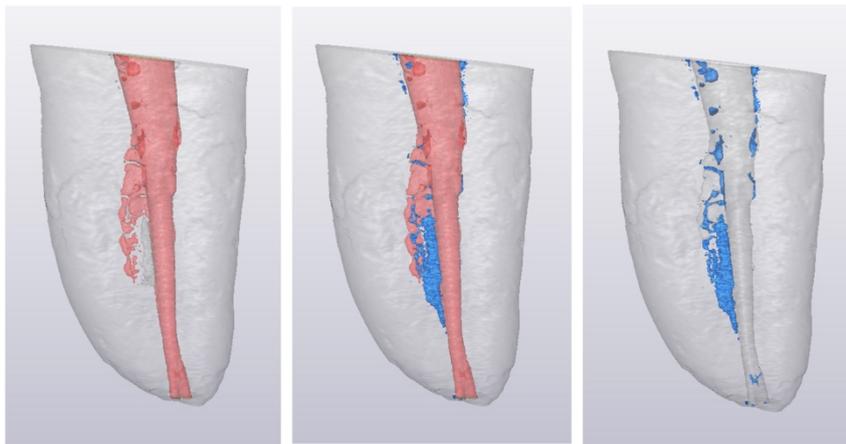


Ilustración 4. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Cono Único y biocerámico

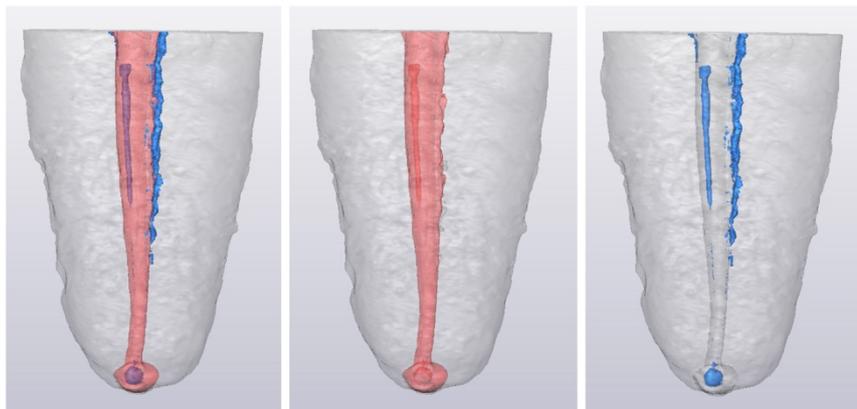


Ilustración 5. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Cono Único y Condensación Lateral

6.4 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

Para determinar el tamaño muestral alcanzando una potencia del 80% se realizó una estimación de éste mediante un test F del modelo ANOVA. De este modo es posible obtener resultados significativamente estadísticos tanto en el cálculo de los porcentajes de obturación y vacío como en el cálculo del volumen de conducto obturado y vacío. Calculado para un nivel de confianza del 95% (Anexo V).

Para el estudio estadístico de los resultados obtenidos en el análisis 2D mediante la micro-CT se utilizaron los porcentajes de área de conducto obturado y de vacíos. Dada la variabilidad del volumen absoluto de los diferentes conductos observados con la micro-CT, fueron las medidas porcentuales las representativas de cada grupo, es decir, se calcularon los volúmenes relativos o porcentuales de cada diente y grupo.

Por otro lado, se analizó estadísticamente el tiempo de trabajo empleado en la obturación de los conductos de cada grupo con el objetivo de determinar el más eficiente.

Se realizó un análisis descriptivo para obtener los estadísticos de media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana. La normalidad de las medidas se contrastó mediante el test de Shapiro-Wilk y se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas para el porcentaje total de obturación y vacío en el conducto y no paramétricos para el estudio según tercio radiculares.

Se realizó un análisis inferencial para determinar si existen diferencias en el porcentaje de área de vacío (imágenes 2D) y volumen relativo de vacío (3D) según el grupo.

A cada grupo se le aplicó un modelo ANOVA de una vía. Las comparaciones múltiples entre pares de grupo se estimaron mediante la prueba de Bonferroni. Esta metodología se utilizó para el análisis de los vacíos de los conductos y de los tiempos de trabajo.

Para el análisis específico en cada tercio radicular se empleó el test de Kruskal-Wallis. Las comparaciones múltiples entre grupos se realizaron mediante la prueba de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni.

El nivel de significatividad empleado en los análisis fue el 5% ($\alpha=0.05$).

7. RESULTADOS

7.1 HOMOGENEIDAD DE LOS GRUPOS

La tabla siguiente (tabla 2) muestra el volumen total del conducto tras la obturación (obturación más vacíos) en mm³ por zona y según grupo. Se observa que los dientes de los 3 grupos presentan un tamaño total y por tercios similar.

Tabla 2. Volumen total del conducto (mm³)

		GRUPO			
		Total	Biocerámico	CU+CL	Guttacore
VOL Conducto apical	N	63	21	21	21
	Media	,620	,579	,642	,640
	Desviación típica	,146	,136	,093	,191
	Mínimo	,400	,420	,470	,400
	Máximo	1,280	,920	,840	1,280
	Mediana	,610	,550	,650	,610
VOL Conducto medial	N	63	21	21	21
	Media	1,492	1,399	1,548	1,530
	Desviación típica	,301	,256	,291	,341
	Mínimo	,950	1,000	1,100	,950
	Máximo	2,380	2,060	2,130	2,380
	Mediana	1,450	1,370	1,500	1,401
VOL Conducto coronal	N	63	21	21	21
	Media	2,572	2,333	2,659	2,723
	Desviación típica	,816	,509	,828	1,014
	Mínimo	1,640	1,640	1,850	1,660
	Máximo	6,320	3,730	5,170	6,320
	Mediana	2,270	2,190	2,240	2,350
VOL Conducto total	N	63	21	21	21
	Media	4,678	4,306	4,837	4,892
	Desviación típica	1,140	,789	1,025	1,460
	Mínimo	3,130	3,280	3,690	3,130
	Máximo	9,990	6,260	7,440	9,990
	Mediana	4,310	4,230	4,580	4,400

Tabla 3. Homogeneidad de los conductos a través del test de Kruskal-Wallis.

	p-valor
Total	0,203
En apical	0,071
En medial	0,216
En coronal	0,375

*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001

Los 3 grupos son homogéneos en cuanto a dimensiones del conducto total para cualquiera de las 3 zonas evaluadas. Existe una ligera tendencia a la heterogeneidad en el tercio apical ($p=0,071$), ya que los conductos del grupo biocerámico tenían las longitudes más cortas.

Se obtuvieron 63 muestras, 21 dientes por cada grupo, pero en el grupo B, como único con condensación lateral, se rompieron dos dientes realizando la obturación del conducto, fractura radicular vertical, y fueron reemplazados por dientes nuevos que cumplían los criterios de selección.

7.2 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE ÁREA DE RELLENO Y DE VACÍOS

El grupo A, biocerámico, obtuvo un promedio de porcentaje de área total de conducto relleno por cemento y gutapercha del $94,89 \pm 2,88\%$, el mayor porcentaje de los tres grupos, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p>0,05$) respecto a los grupos B y C, $93,29 \pm 2,88\%$, $94,57 \pm 5,40$ respectivamente.

El porcentaje promedio de área de vacíos para el grupo B, CU+Cl, fue de $6,70 \pm 3,80\%$, superior al resto de grupos, pero sin ser estadísticamente significativo.

En el siguiente gráfico se representan los porcentajes obtenidos para la obturación y los vacíos en la totalidad del conducto y también su distribución por tercios (apical, medio y coronal).

Gráfico 1. Media de las áreas de conducto obturado y vacío (%) por grupo y tercio radicular

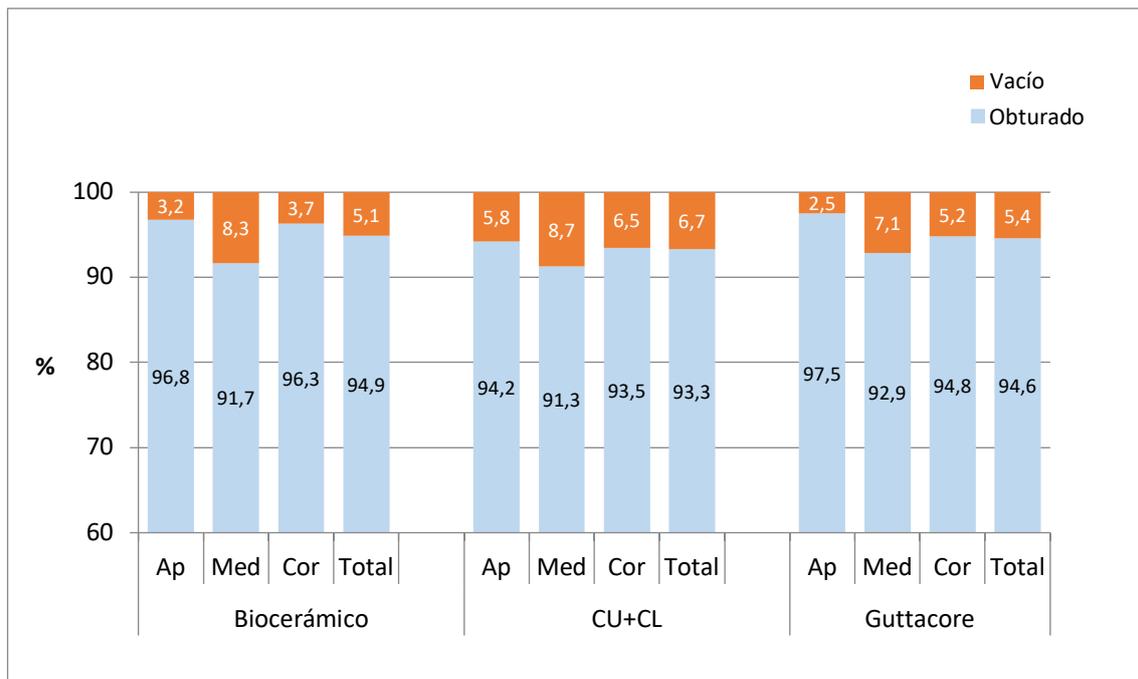
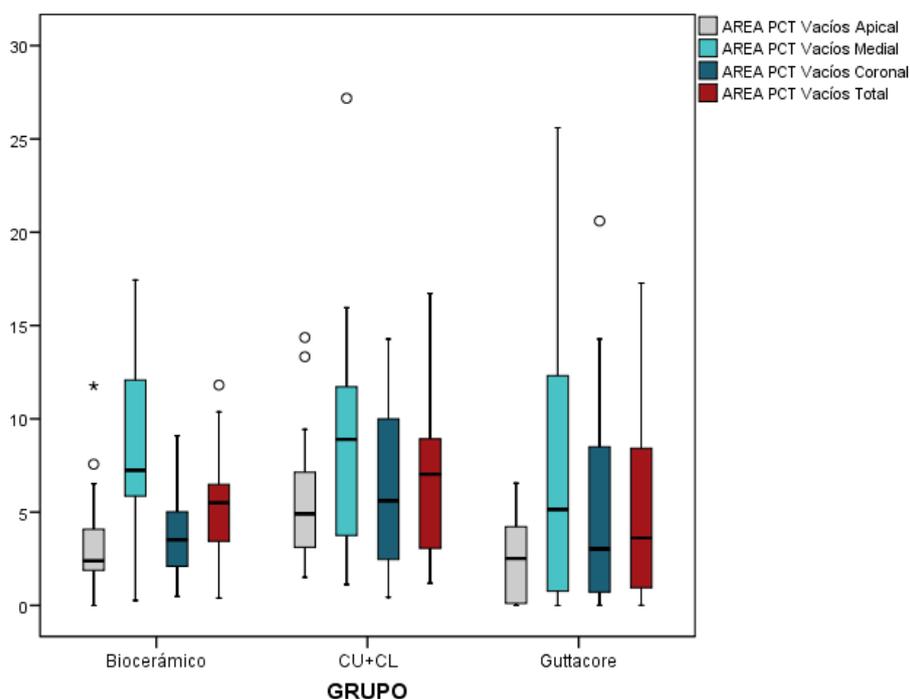


Gráfico 2. Área porcentual de vacíos.



La mediana corresponde a la línea horizontal que divide la caja. Los bordes inferior y superior de la caja se corresponden con el 1er y 3er cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los “bigotes” se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por encima de los cuales están los atípicos (círculos) y los extremos (asteriscos).

Tabla 4. Área porcentual de vacíos en todo el conducto según Grupo. Comparación múltiple.

	Biocerámico	CU+CL	Guttacore
Biocerámico			
CU+CL	0,660		
Guttacore	1,000	0,978	

En el análisis por tercios se observó que las técnicas Biocerámico y Guttacore obtuvieron las áreas porcentuales de vacío en el tercio apical significativamente más pequeñas en comparación a la técnica de CU+CL (Tabla 5) ($p < 0,01$). Mientras que entre las dos primeras técnicas no existen diferencias significativas. En la tabla 5 se recogen los porcentajes de área de vacíos por tercios y según grupo. En el tercio medio y coronal no resultó en diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5 Área vacíos (%) por tercios según grupo.

		GRUPO		
		Biocerámico	CU+CL	Guttacore
AREA PCT Vacíos Apical	N	21	21	21
	Media	3,21 ^a	5,79 ^b	2,50 ^a
	Desviación típica	2,75	3,59	2,24
	Mínimo	,00	1,51	,00
	Máximo	11,76	14,36	6,55
	Mediana	2,39	4,91	2,52
AREA PCT Vacíos Medial	N	21	21	21
	Media	8,29	8,68	7,09
	Desviación típica	5,29	6,31	7,27
	Mínimo	,27	1,13	,00
	Máximo	17,44	27,18	25,60
	Mediana	7,24	8,90	5,14
AREA PCT Vacíos Coronal	N	21	21	21
	Media	3,70	6,50	5,21
	Desviación típica	2,29	4,28	5,76
	Mínimo	,48	,45	,01
	Máximo	9,09	14,28	20,60
	Mediana	3,52	5,61	3,03
AREA PCT Vacíos Total	N	21	21	21
	Media	5,11	6,70	5,43
	Desviación típica	2,88	3,80	5,40
	Mínimo	,40	1,19	,01
	Máximo	11,81	16,72	17,27
	Mediana	5,50	7,03	3,62

Diferentes letras en superíndice en la misma fila significan diferencias entre grupo ($p < 0,01$ Mann Whitney con corrección de Bonferroni)

7.3 ANÁLISIS DEL VOLUMEN DE OBTURACIÓN Y DE VACÍOS

En el modelo tridimensional se obtuvieron los volúmenes totales (mm^3) de conducto obturado y de vacíos por diente y por tercios. El promedio de volumen rellenado para el grupo A fue de $4,086 \pm 0,767 \text{ mm}^3$ y el volumen vacío fue $0,220 \pm 0,121 \text{ mm}^3$,

para el grupo B $4,518 \pm 1,014\text{mm}^3$ y $0,319 \pm 0,207\text{mm}^3$ y para el grupo C $4,634 \pm 1,472\text{mm}^3$ y $0,257 \pm 0,292\text{mm}^3$ respectivamente. En las tablas 6 y 7 se puede ampliar la información.

Tabla 6. Volumen de conducto obturado (mm³) por tercio y grupo.

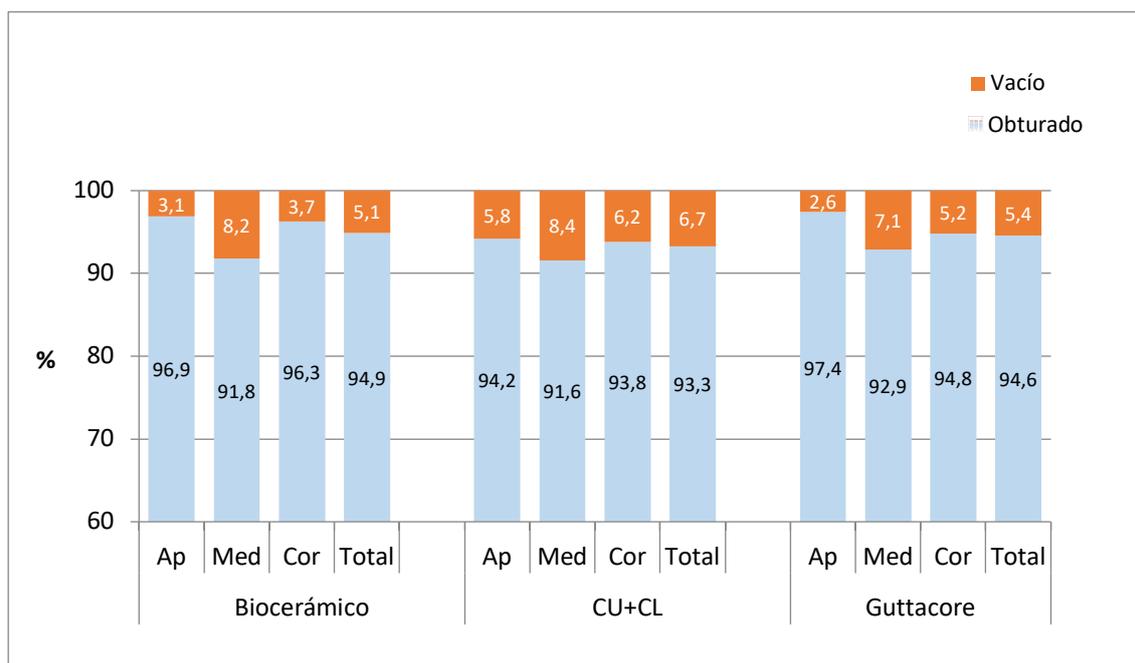
		GRUPO		
		Biocerámico	CU+CL	Guttacore
Volumen Conducto obturado apical	N	21	21	21
	Media	,560	,605	,623
	Desviación típica	,123	,091	,187
	Mínimo	,410	,440	,380
	Máximo	,860	,810	1,250
	Mediana	,540	,630	,580
Volumen Conducto obturado medial	N	21	21	21
	Media	1,283	1,413	1,420
	Desviación típica	,246	,264	,337
	Mínimo	,990	1,000	,950
	Máximo	1,940	2,050	2,380
	Mediana	1,230	1,350	1,290
Volumen Conducto obturado coronal	N	21	21	21
	Media	2,246	2,500	2,591
	Desviación típica	,489	,821	1,029
	Mínimo	1,630	1,710	1,660
	Máximo	3,590	5,080	6,320
	Mediana	2,100	2,170	2,310
Volumen Conducto obturado total	N	21	21	21
	Media	4,086	4,518	4,634
	Desviación típica	,767	1,014	1,472
	Mínimo	3,080	3,350	3,130
	Máximo	5,970	7,300	9,960
	Mediana	3,970	4,220	4,300

Tabla 7. Volumen de vacíos (mm³) por tercio y grupo.

		GRUPO		
		Biocerámico	CU+CL	Guttacore
VOL Vacíos Apical	N	21	21	21
	Media	,019	,037	,017
	Desviación típica	,021	,025	,014
	Mínimo	,000	,010	,000
	Máximo	,080	,100	,040
	Mediana	,010	,030	,020
VOL Vacíos Medial	N	21	21	21
	Media	,116	,134	,110
	Desviación típica	,073	,127	,129
	Mínimo	,000	,000	,000
	Máximo	,260	,560	,530
	Mediana	,110	,080	,070
VOL Vacíos Coronal	N	21	21	21
	Media	,087	,160	,133
	Desviación típica	,054	,107	,166
	Mínimo	,010	,010	,000
	Máximo	,190	,350	,530
	Mediana	,080	,130	,060
VOL Vacíos Total	N	21	21	21
	Media	,220	,319	,257
	Desviación típica	,121	,207	,292
	Mínimo	,010	,050	,000
	Máximo	,520	1,000	1,080
	Mediana	,230	,340	,190

A partir de estos datos se obtuvo el volumen relativo (%) según grupo y tercio radicular. En el siguiente gráfico se observa la distribución de volumen porcentual (%) de relleno y de vacío por grupo y tercio radicular.

Gráfico 3. Media de volumen de conducto obturado y vacío (%) según grupo y tercio radicular



El test F del modelo lineal ANOVA resultó en diferencias no significativas en relación al volumen relativo medio ($p = 0,429$) por grupo. En cuanto al volumen porcentual de vacíos en la zona apical por grupo resultó sí haber diferencias significativas ($p < 0,01$) al realizar el test de Kruskal-Wallis. En la comparación por pares, en la zona apical, el grupo B obtuvo un volumen porcentual de vacíos significativamente mayor que el grupo A y C (tabla 8). En los otros dos tercios radiculares no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los volúmenes porcentuales de vacío.

Tabla 8. Volumen porcentual de vacíos en tercio apical según grupo. Test de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni.

	Biocerámico	CU+CL	Guttacore
Biocerámico			
CU+CL	0,021*		
Guttacore	1,000	0,009**	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

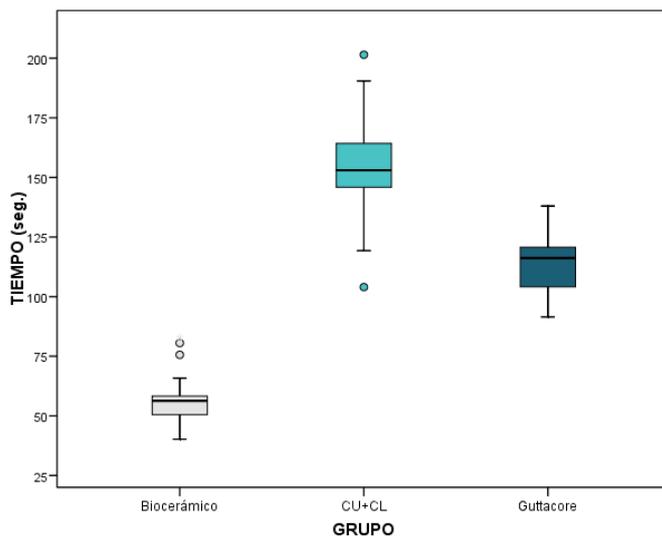
7.4 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE OBTURACIÓN

El tiempo de obturación medio en orden ascendente fue: para el grupo A (biocerámico) $57,11 \pm 11,3$ segundos, para el grupo C $113 \pm 13,1$ segundos y para el grupo B $152 \pm 23,6$ segundos. Las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas $p < 0,001$ según el test ANOVA.

Al realizar la comparación múltiple mediante la prueba de Bonferroni resultó que la técnica con cemento biocerámico es significativamente más rápida que la técnica de cono único con condensación lateral y técnica de vástago ($p < 0,001$). Además, la técnica de vástago también es significativamente más rápida que la técnica cono único con condensación lateral ($p < 0,001$).

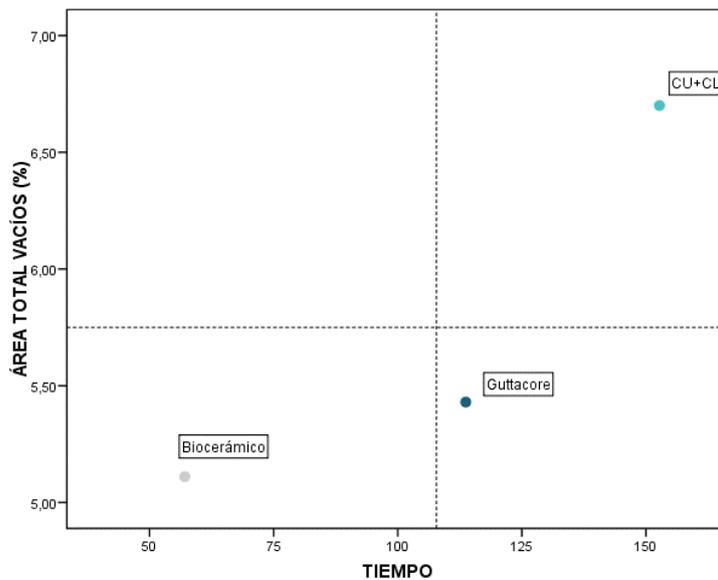
En el siguiente gráfico de cajas (gráfico 4) se puede observar la diferencia de tiempo empleada entre las distintas técnicas.

Gráfico 4. Se representa el valor medio, mínimo y máximo, así como valores atípicos para cada grupo.



En el siguiente gráfico se representa el resultado de cruzar los datos obtenidos en el estudio 2D, área porcentual media de vacíos, junto al tiempo medio empleado por técnica de obturación (gráfico 5).

Gráfico 5. Relación entre el tiempo de obturación y el área total de vacíos.



Las líneas de referencia vertical y horizontal se sitúan en las medias globales de la muestra para los dos indicadores (área total de vacíos y tiempo)

El grupo biocerámico se localiza en el cuadrante inferior izquierda, es decir, en la zona de menor área de vacíos y mayor rapidez de obturación. El grupo C se sitúa algo más a la derecha, por el mayor tiempo empleado en la obturación del conducto. Ambos grupos, A y C, aventajan al grupo B en los dos componentes.

8. DISCUSIÓN

8.1 DISCUSIÓN DEL MÉTODO

Para la realización del presente trabajo se seleccionaron incisivos inferiores uniradiculares y premolares inferiores uniradiculares por la alta prevalencia de presentar un único conducto y ovalado (4,7). Como referencia general se ha tomado la morfología transversal a 5mm del ápice para clasificar los conductos en redondos, ovalados, ovalados largos o aplanados (4), aunque estudios posteriores mediante micro-CT han mostrado que a 3mm del foramen ya se aprecia esa morfología oval, donde el diámetro mayor es igual o superior a 2 (5,7). La diferencia entre diámetro mayor y menor se hace más evidente a 5mm debido a un aumento del diámetro mayor entorno al 100%, respecto al primer milímetro (7). Esto sólo es posible verlo gracias a la alta resolución de la microtomografía computarizada. Por tanto, para la selección de dientes mediante radiografía 2D se tiene en cuenta la relación del diámetro mayor-menor a 5mm del ápice.

Aunque se han seleccionado dientes distintos, en la tabla 2 se describe el volumen absoluto de los conductos por grupo. Podemos observar que no hay diferencias entre los grupos, por tanto, los 3 grupos presentan un tamaño total y por tercios similar. Esto es importante porque nos indica que la selección de los dientes ha sido correcta y proporcional por grupos y por tanto no se ven afectados los resultados por la morfología del conducto. No ha sido así en algunos artículos encontrados en la literatura donde la selección de dientes no fue tan precisa y se mezclan conductos redondos con ovalados sin diferenciar resultados entre ambos (86,87).

Según la revisión bibliográfica realizada, múltiples sistemas de instrumentación rotatorios y manuales han sido evaluados en términos de habilidad, calidad y comportamiento en conductos ovals. Ningún sistema ha sido 100% eficaz en el desbridamiento y eliminación de bacterias en dichos conductos.

Técnicas manuales como la instrumentación circunferencial con limas Hedstöm pueden llegar a obtener la mayor ratio de superficie trabajada comparado con las limas Protaper Universal® y las limas reciprocantes SafeSiders®, resultando en un desbridamiento mecánico más eficaz (19).

Se ha reportado que ciertos sistemas de instrumentación dejan menos área sin instrumentar al mismo tiempo que deforman menos la anatomía original radicular. Se podría decir que existen sistemas de instrumentación más conservadores con la superficie radicular que otros y al mismo tiempo son más eficaces en la instrumentación de los conductos ovals como el sistema SAF® o BioRace® en comparación con sistemas reciprocantes (28,30,31).

En determinados estudios analizan los resultados según el tercio radicular, calculando el porcentaje de la superficie radicular no instrumentada total y por tercios. El tercio apical se dispone desde el foramen apical hasta los primeros 4mm. En ocasiones, la superficie sin tratar del tercio apical de los conductos ovals puede llegar a ser casi el doble de la media obtenida en la superficie total (32,33). Paqué F y Peters OA (2011) evaluaron la preparación de los conductos ovals en molares mandibulares mediante el sistema SAF y obtuvieron una media de superficie radicular no tratada del 23,4%, mientras que la superficie sin tratar en el tercio apical fue del 40% (32). Estos resultados se podrían relacionar con el trabajo publicado por Lacerda et al (2017), donde el mayor porcentaje de tejido pulpar remanente se localizaba en el tercio apical (28). Pese a que el sistema SAF puede dejar poca superficie sin tratar, Paranjpe et al (2012) sugieren que no tiene un control de la instrumentación a nivel apical y esto a su vez limita el acceso de los irrigantes y su acción desinfectante. De modo que en el tercio apical se localizaba más detritus, barrillo dentinario y colonias bacterianas comparado con el sistema de instrumentación ProTaper (88).

Con la intención de preparar mejor el tercio apical del conducto se ha comprobado que existe una relación directamente proporcional entre aumentar el calibre de la lima y la superficie de conducto tratada, lo cual es lógico puesto que las limas son más anchas. A priori podría ser algo beneficioso puesto que eliminaría la capa de dentina contaminada por toxinas o bacterias, en el caso de ser un conducto necrótico. Pero ese aumento de calibre apical también puede suponer una mayor distorsión del conducto original y el transporte apical del mismo (23).

El sistema de instrumentación de lima única XP-endo Shaper está siendo muy estudiado en los últimos 5 años. Es un sistema de lima única que se caracteriza por tener un giro descentrado respecto al eje principal de la lima, como el sistema ProTaper Next, y que se denomina movimiento de precesión. XP-endo Shaper ha demostrado instrumentar los conductos ovals de manera eficiente, dejando entre el 9-17% de superficie radicular sin tocar (20,21,22,26,28).

En la literatura encontramos tres artículos donde se instrumentaron conductos ovals con el sistema ProTaper Next. En los dos primeros de ellos, se comparó la habilidad de instrumentación en los conductos mesiales y distal de molares inferiores, así como el posible transporte apical del conducto (36,89). Los resultados en cuanto a superficie no tratada en los conductos distales ovalados son similares en ambos estudios (54-55,3%). Estos distan mucho de los obtenidos por un reciente artículo, que comparó el sistema ProTaper Next con XP-endo Shaper. El estudio seleccionó incisivos inferiores con un conducto oval largo. El porcentaje de área no tratada fue del $11,74 \pm 2,06\%$, muy similar al sistema XP-endo Shaper (22), demostrando ambos sistemas habilidad para instrumentar conductos ovals. Las diferencias entre los artículos se pueden deber a la morfología de los dientes y diferencias metodológicas, como indican otros autores (32). Zhao et al (2014) y Kyaw Moe MH (2018) aplicaron un movimiento de picado, a

diferencia de Velozo et al (2020), las limas ProTaper Next se aplicaron con movimiento de picado y ligero cepillado, coincidiendo con el protocolo de instrumentación del presente estudio.

Como irrigante principal se utilizó el hipoclorito de sodio al 2% por sus características y capacidad de disolución del tejido orgánico. Los sistemas complementarios como el EndoVac o IPU mejoran la eliminación de detritus y barrillo dentinario al combinar los distintos irrigantes (46,50). Pero en la mayoría de las investigaciones para estudiar la capacidad de sellado y área o volumen de espacios vacíos presentes en la obturación, no realizan la activación de irrigantes, simplemente la combinación de NaOCL y EDTA en la irrigación final (75,80,84), tal y como se realizó en este estudio.

En la siguiente tabla se muestran aquellos artículos que han comparado las técnicas de obturación en conducto ovals con métodos distintos a la micro-CT desde 2001 hasta 2021.

Tabla 9. Estudios comparativos sobre técnicas de obturación en conductos ovals, métodos de observación distintos a la micro-CT y resultados.

Autor y año	Técnica obturación	Tipo de cemento	Método de observación	Resultados
Wu et al 2001 (72)	CL CVC	AH26	Filtración apical Estereo- microscopio	No hay diferencias en el filtrado apical. La técnica CVC presenta mayor PGP, significativo a los 4mm. CVC consigue una obturación de mejor calidad que CL en conductos ovals.
Van der Sluis LW et al 2005 (77)	CL	AH Plus	Radiografías Filtración apical Estereo- microscopio	La obturación de los conductos ovals se ve comprometida. Los conductos ovals presentan una obturación de menor calidad, con más filtración y menos área de gutapercha frente a los conductos redondos.
De-Deus G et al 2006 (90)	CL CVC Thermafil	Grossman sealer	Filtración bacteriana	Ambas técnicas proporcionan un sellado apical de similar calidad.

De-Deus G et al 2007 (91)	CL CVC Resilon®- CVC	Pulp Canal Sealer Epiphany	Filtración bacteriana	Resilon/Epiphany no mejora el sellado frente a la filtración bacteriana.
De-Deus G et al 2008 (92)	CL MacSpadden CVC Thermafil	No usaron	Estereo- microscopio	Las técnicas termoplásticas obtienen los mejores resultados. Estos resultados están comprometidos por varios factores: no utilizaron irrigantes ni cemento sellador.
Ozawa T et al 2009 (73)	CU Thermafil CU+CL	AH Plus	Estereo- microscopio	Todas las técnicas alcanzan un buen sellado apical. CU muestra una gran cantidad de cemento en coronal y medial. CU+CL los resultados son variables, no hay uniformidad en la muestra. Con Thermafil la gutapercha se adapta mejor al conducto y hay menor cantidad de cemento y menos vacíos.
Faus-Llácer et al 2015 (79)	Thermafil Beefill 2in1®	Top Seal	Estereo- microscopio	Ambas técnicas alcanzan altos porcentajes de conducto obturado. Mayores vacíos en tercio medio que en coronal.
Farias AB et al 2016 (93)	TC®System Touch'n Heat® Tagger's Hybrid	AH Plus	Estereo- microscopio	TC System presenta significativamente el mayor porcentaje de gutapercha y el más bajo de cemento. No hay diferencias significativas en cuanto a los vacíos.
Uzunoglu E et al 2016 (94)	Herofill® CL	No usaron	Radiografías CBCT Estereología Estereo- microscopio	El 100% de las radiografías desde proximal muestran una obturación insuficiente. El porcentaje de volumen de vacíos según el CBCT fue mayor en el grupo CL. El porcentaje de área vacía fue mayor en el grupo Herofill. No existe correlación entre los datos de la estereología y la microscopia. No hay diferencias significativas entre grupos.
Dumani A et al 2017 (86)	CU CU+CL Thermafil CVC CL	ND	Estereo- microscopio	La técnica de obturación de mejor calidad fue obtenida con la técnica CVC.
Hirai VHG 2020 (95)	CL CU+CL CVC CVCM	AH Plus	Microscopia confocal láser	En el tercio medio, observaron más cantidad de gutapercha y vacíos. Las técnicas de condensación en frío obtienen menos porcentaje de cemento sellador. Las técnicas de gutapercha caliente resultan en mayor cantidad de cemento y menor número de vacíos.
Mancino D et al 2020 (96)	CVC Guttacore Thermafil CU CU + BC	AH Plus BioRoot RCS	Estereo- microscopio SEM Análisis químico	Las técnicas de vástago son apropiadas para la obturación de conductos ovales. Obtuvieron muy pocos vacíos y cemento a diferencia de la CVC y CU. Las técnicas de CU obtuvieron más vacíos independientemente del cemento sellador empleado

Los estudios de filtración de bacterias o fluidos han observado que las técnicas de gutapercha en frío y en caliente alcanzan un sellado apical eficaz, sin embargo, ese sellado se puede ver comprometido por la formación de vacíos en el interior del conducto, debido a que la gutapercha en frío no se puede adaptar a las irregularidades del conducto (72,77,90,91). En un primer estudio comparando la técnica de condensación lateral y la técnica de condensación vertical caliente se observó mejor adaptación de la gutapercha y por tanto menor número de vacíos con la técnica de CVC (72).

Existen otras técnicas que utilizan la gutapercha caliente para obturar el conducto, como la técnica de vástago (Thermafil®, Guttacore®, Herofill®) o la técnica de MacSpadden. Todas ellas consiguen rellenar mejor el conducto oval, sin embargo, su capacidad para llegar a la totalidad del conducto se ve limitada por el acúmulo de detritus y barrillo dentinario, es imprescindible acompañar la preparación mecánica del conducto con el uso de los irrigantes (92).

Pese a haber algunas diferencias metodológicas entre los siguientes estudios de observación de cortes transversales con estereomicroscopio, las técnicas de vástago y de CVC alcanzan más del 90% de conducto obturado y los porcentajes de vacíos pueden llegar a ser inexistentes. Las diferencias metodológicas radican principalmente en la distancia al ápice al obtener la muestra, este dato puede ser importante porque cuanto más coronal es el corte, más ovalado es el conducto y por tanto la dificultad para rellenar la totalidad del conducto aumenta (73,79,86,94,96). Únicamente, el artículo de Uzunoglu E et al (2016) no observó en el porcentaje de área vacía diferencias estadísticamente significativas entre la técnica de vástago (Herofill®) y CL (94). Es posible que se deba a que los autores no usaron cemento sellador en la obturación del conducto. Cabe destacar que este grupo investigador utilizó una técnica de observación no usada hasta el momento, la estereología, ciencia que trata de interpretar tridimensionalmente los datos

bidimensionales. Obtuvieron imágenes bidimensionales mediante el CBCT para calcular el volumen de conducto vacío mediante un software estereológico. Sin embargo, los resultados no tuvieron correlación con los obtenidos en los cortes transversales observados en el estereomicroscopio (94). Posiblemente no hubo una correlación en los resultados porque las imágenes escogidas en el CBCT eran cortes longitudinales de toda la raíz y las imágenes del estereomicroscopio eran 3 cortes transversales. En el presente estudio sí se observa que los resultados obtenidos en el análisis volumétrico se corresponden con los resultados de porcentajes de áreas.

En las publicaciones de Faus-Llácer et al (2015) y Farias AB et al (2016) se utilizaron técnicas de obturación termoplástica para compararlas entre sí. En ambos estudios se obtuvieron resultados satisfactorios en la obturación y porcentaje de vacíos, mostrando que todas ellas son técnicas válidas en el tratamiento de conductos ovaes (79,93).

Las técnicas de obturación de CU y CL se alejan de los cánones de obturación ideal, pues en el tercio medio y coronal hay una gran cantidad de cemento, la gutapercha en frío no puede llegar a las extensiones vestibulares y linguales del conducto y estas se rellenan en mayor o menor medida con cemento (73,96).

Sólo un artículo ha utilizado el cemento biocerámico junto a un cono maquinado de gutapercha obteniendo resultados muy similares a la técnica de cono único con cemento de resina epoxy, en porcentajes de gutapercha, cemento y vacíos. Sin embargo, ambas técnicas de cono único obtuvieron un porcentaje significativamente mayor de vacíos que las técnicas de vástago recubierto de gutapercha tanto a 2 como a 4 mm (96), no así en el presente estudio donde no se observaron diferencias significativas entre la técnica de vástago y cono único con biocerámico a lo largo del conducto radicular.

La técnica de observación mediante SEM tiene una gran resolución de imagen a la hora de observar cortes transversales, pero supone un método destructivo de la muestra y se pueden inducir artefactos o modificar el relleno radicular por el hecho de cortar las raíces y su posterior manipulación (75). Además, no deja de ser una lectura parcial del conducto ya que se secciona y se obtienen una o dos imágenes por tercio radicular, a diferencia del micro-CT que obtiene cientos de imágenes por tercio (80). El análisis con SEM permite observar la íntima unión entre cemento-gutapercha y dentina y la formación de prolongaciones intratubulares, que según Mancino et al (2020) sólo se produjeron en los conductos obturados con Guttacore o Thermafil y no en los obturados con CVC o CU (96).

Los resultados obtenidos por Hirai VHG et al (2020) son llamativos, las técnicas de condensación lateral en frío obtienen significativamente mayores porcentajes de gutapercha y menores porcentajes de cemento frente a las técnicas de condensación vertical caliente (95), al contrario que los artículos revisados hasta el momento. Únicamente en el tercio medio la técnica CL mostró un porcentaje de vacíos significativamente mayor a las técnicas de gutapercha caliente, como nos indican otros autores (72,73,92,96). Estos resultados parecen indicar que la técnica de microscopia confocal laser puede ser que no sea apropiada para la cuantificación de áreas y los correspondientes porcentajes de obturación y vacíos.

Actualmente, el método de observación más utilizado es la micro-tomografía computarizada, ya que permite reproducir el diente en un modelo virtual y poder examinar su interior sin necesidad de destruir o manipular de manera irreversible las muestras. Mediante la micro-CT se evalúa la obturación en 2D utilizando las imágenes transversales de los conductos obturados, permitiendo analizar los espacios vacíos, ubicación y área de

estos de manera precisa; así mismo en el análisis 3D se puede evaluar el volumen de los vacíos remanentes en el conducto en relación con el volumen total obturado (82).

En la literatura se ha utilizado la nanotomografía computarizada (nano-CT) como herramienta para observar la presencia y distribución de vacíos en la interfase cemento-dentina. La nano-CT emplea un nanofoco de rayos X de alta potencia y ultra precisión, con una resolución de voxel de 1,58 micras. Al comparar los resultados obtenidos con micro-CT y nano-CT se puede reseñar que con este último método la incidencia de vacíos fue algo mayor, lo cual es obvio al tener mayor resolución. En términos generales, los resultados obtenidos con la micro-CT se correspondían con los obtenidos mediante la nano-CT (97). Esta tecnología se aplicó a conductos redondos de incisivos mandibulares, pero también podría emplearse en otras morfologías de conducto para estudiar la adaptación de los cementos selladores o gutapercha a éste, o para el estudio de la microestructura de materiales o de los tejidos dentales.

8.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.2.1 DISCUSIÓN ÁREAS DE VACÍOS

Los resultados del análisis de los cortes transversales muestran que no hay diferencias significativas entre los tres grupos, sólo en tercio apical y no existe ningún grupo libre de vacíos. La presencia de vacíos en el interior del conducto coincide con los artículos publicados hasta el momento.

La técnica de condensación lateral es el “gold standard” en cuanto obturación del conducto, pero tiene ciertas limitaciones en la adaptación de la gutapercha a la superficie del conducto radicular, no así las técnicas de gutapercha termoplásticas como la condensación vertical caliente o la obturación con vástago (72,79,92).

Se ha descrito en la literatura que la técnica de CL puede inducir a fracturas radiculares verticales (FRV) por el estrés y fuerza generados en el interior del conducto mediante el espaciador digital. En el presente trabajo se fracturaron dos de los 21 incisivos inferiores del grupo CU+CL, que posteriormente fueron repuestos por dos dientes más con conducto oval. En algunos artículos donde también se seleccionaron conductos ovales o incisivos inferiores se observó que estas fracturas pueden ocurrir en un porcentaje variable, hasta de 5 dientes en series iguales que el presente estudio (72,98). Estos autores sugieren que la CL y condensación vertical caliente causan más cracks dentinarios que la técnica de CU. Estos cracks pueden originar una futura FRV (98,99). Algunos autores lo atribuyen a la concentración del hipoclorito o a las características del sistema de instrumentación (72,98), pero en igualdad de condiciones parece ser la técnica de obturación la responsable de las fracturas.

En el presente estudio, la técnica de cono único con condensación lateral obtuvo un alto porcentaje de conducto obturado ($93,29 \pm 3,80\%$), pero inferior al resto de técnicas

empleadas. Del mismo modo, el porcentaje de vacíos fue el más alto $6,70 \pm 3,80\%$, existiendo diferencias significativas en el porcentaje de vacíos en la zona apical respecto a las técnicas de cono único con biocerámico y Guttacore.

Li GH et al (2014) emplearon para la obturación de los conductos ovaes un cono maestro del mismo diámetro apical y de la misma conicidad que la última lima empleada (40.06) junto a gutaperchas accesorias, misma técnica empleada en este estudio para el grupo B. Los autores le llamaron condensación lateral, siendo realmente un híbrido entre la técnica de cono único y la técnica de condensación lateral, ya que el espaciador no es capaz de alcanzar el tercio apical, por tanto, la condensación lateral sólo se realiza en tercio coronal y algo de tercio medial. En el análisis con micro-CT estos autores no detallaron la media porcentual de área con vacíos y gaps 2D, únicamente nos muestran en su análisis 2D unos ejemplos representativos, por tanto, no es posible la comparación de resultados.

Para la comparación entre técnicas de obturación emplearon los resultados obtenidos mediante el SEM, observando diferencias significativas en el porcentaje de área ocupada por vacíos, siendo superior en la técnica de condensación lateral respecto a la técnica de vástago Guttacore (75).

En un estudio muy similar al anterior se comparó la técnica CU+CL con un cono de no gutapercha (NGP) más CL, así como la técnica termoplástica de condensación vertical caliente, mediante el micro-CT y SEM (84). En el análisis 2D del porcentaje de área vacía los autores no proporcionan datos estadísticos para poder comparar, pero en el gráfico representativo se observaron vacíos en todas las técnicas empleadas.

Tras observar las muestras en el SEM, la técnica CU+CL obtuvo un área de vacío significativamente mayor que la técnica de condensación vertical caliente (84). Los mismos resultados se obtuvieron en el artículo anterior, la técnica de gutapercha caliente

minimiza el área de conducto vacío (75). Esta afirmación también es aplicable al presente estudio, pese a que las técnicas de observación de la muestra son distintas. La técnica de gutapercha caliente obtuvo diferencias significativas en el tercio apical. El mayor número de vacíos de la técnica de CU+CL se puede deber a la aplicación del espaciador que genera un hueco para colocar una posterior gutapercha y que esta no se adapta completamente al espacio generado (80,92). También se ha observado que la aplicación de calor facilita la adaptación de la gutapercha a las paredes del conducto radicular ya que puede fluir junto al cemento y adaptarse a morfologías más irregulares (92,84).

La técnica de condensación lateral se aventaja con respecto a la técnica de cono único en la proporción gutapercha-cemento, resultando un mayor porcentaje de gutapercha y minimizando el porcentaje de cemento. De este modo, se puede evitar la microfiltración ocasionada por la contracción o disolución del cemento sellador que evitará su unión con los túbulos dentinarios. Este aspecto es relevante al comparar técnicas de obturación con cemento de resina epoxy o con biocerámico. Los cementos biocerámicos, dadas sus propiedades suponen un cambio de concepto en la obturación del conducto radicular. La presencia de cemento en mayor cantidad no va ligada a una mayor microfiltración o presencia de gaps entre cemento y dentina debido a la estabilidad dimensional y la alcalinidad de éstos. Esta última característica facilita la penetración del cemento sellador en los túbulos dentinarios y por tanto menor número de gaps (100).

Para el grupo A, cono único y biocerámico, se obtuvo un porcentaje de área vacía del $5,11 \pm 2,88\%$ que correspondería a los gaps o fallos entre el cemento y la gutapercha o cemento y pared dentinaria. En la zona apical se obtuvo el menor porcentaje, 3,2%. La técnica de cono único y biocerámico no se diferenció de manera significativa con la técnica termoplástica y sí se diferenció de la técnica de CU+CL. Según los autores, estas

diferencias deben ser originadas por la ligera expansión que tiene lugar tras el fraguado el cemento biocerámico (59,64).

Resultados similares obtuvieron Celikten et al (2015) al emplear la técnica de cono único y biocerámico. El análisis de las áreas de vacío fue muy favorable, dejando apenas un 3% de área vacía. Si bien emplearon premolares inferiores, no especifican si toda la muestra poseía conducto ovalado y, por consiguiente, la obturación va a ser más homogénea en conductos redondeados por las características anatómicas de estos (76).

Posteriormente, este mismo grupo de investigadores emplearon exclusivamente conductos ovalados con el objetivo de evaluar y comparar la presencia de vacíos en conductos obturados con técnica de cono único y biocerámico o cono único y cemento de resina epoxy AH Plus®. En casi todas las secciones 2D se observan vacíos independientemente del cemento utilizado, pero el porcentaje de área vacía sigue siendo bajo en todos los grupos. Los diferentes cementos selladores empleados presentan capacidad de relleno adecuada (82).

Eltair M (2018) evaluó la obturación de conductos redondos mediante técnica de cono único y condensación lateral con cemento biocerámico o cemento a base de resina epoxy, sin observar diferencias significativas en el porcentaje de vacíos entre ambos cementos, así como un porcentaje de vacío muy inferior al descrito en el presente estudio (100). Las diferencias entre estos resultados y el presente estudio parecen deberse a la compleja anatomía del conducto oval y al método de observación de los vacíos (SEM vs micro-CT).

8.2.2 DISCUSIÓN VOLUMEN DE VACÍOS

Keleş et al (2014) realizaron un estudio volumétrico mediante micro-CT de los conductos ovales obturados con CL y CVC. La técnica de CL obtuvo un porcentaje medio de relleno del 95,74%. En el tercio medio y coronal observaron un volumen porcentual de vacíos significativamente mayor a los observados con la técnica de condensación vertical caliente (80). Sin embargo, en el presente estudio, sólo se observaron diferencias significativas en el tercio apical. Estas diferencias pueden deberse a las diferentes técnicas estudiadas, a las características del micro-CT empleado, resolución y número de imágenes generadas por mm. La combinación entre la técnica de CU y CL, utilizando un cono maestro maquinado a las dimensiones de la última lima utilizada y gutaperchas accesorias, ha resultado en una mayor similitud de relleno y una menor presencia de vacíos en los tercios medio y coronal al comparar esta técnica con la técnica termoplástica de vástago.

En el análisis volumétrico Li GH et al (2014) observaron diferencias significativas en el porcentaje de vacíos entre Guttacore y condensación lateral, existiendo menor volumen de vacíos en la técnica Guttacore. Estas diferencias tenían lugar en los tres tercios del conducto radicular (75), a diferencia del presente estudio, donde únicamente se observaron diferencias significativas en el tercio apical.

Siguiendo esta línea de investigación, Selem LC et al (2014) revelaron diferencias significativas entre la técnica de CU+CL y la técnica de condensación vertical caliente, reportando un peor ajuste de la gutapercha y el cemento con la técnica de CU+CL. Las diferencias en la distribución del volumen porcentual de vacíos fueron significativas en tercio apical y coronal, resultado parcialmente similar al presente estudio. La muestra de NGP+CL resultó en un porcentaje significativamente mayor de vacíos en comparación con CU+CL (84).

Los estudios de Celikten et al (76,82) muestran resultados discordantes, puesto que independientemente de la técnica empleada (condensación lateral, cono único o Thermafil) el porcentaje de vacíos en el análisis 3D es mayor en conductos redondos que en conductos ovales obturados con cono único. En ambos estudios utilizaron selladores biocerámicos y el mismo micro-CT. Sin embargo, en los conductos redondeados los vacíos llegan a ser el doble que en conductos ovalados, si bien ya sabemos de la mayor dificultad para realizar un relleno más uniforme en estos últimos. El volumen porcentual de vacíos de la técnica de CU y biocerámico es muy inferior al obtenido en el presente estudio ya que sus resultados tienen un rango entre 0,21% hasta 1,55% (82) frente al 3,1%-8,2% en este estudio.

Un reciente estudio (Penha da Silva et al, 2021) evaluó la capacidad de sellado del cemento biocerámico Endosequence BC Sealer® junto a dos técnicas de obturación distintas: la técnica cono único y condensación lateral. Los resultados del porcentaje de volumen de vacíos fueron elevados (101), más del doble que en el presente estudio, representando un sexto del volumen total del conducto. Las diferencias tan marcadas pueden deberse a la técnica de instrumentación manual, al tamaño apical de la preparación superior a 30, o al uso de conos de gutapercha impregnados en nanopartículas de biocerámico, tal y como recomienda la casa comercial, y que en un artículo anterior también se observó que originaban más vacíos que los conos de gutapercha tradicionales (100).

A continuación, se resumen los análisis volumétricos en conductos ovales encontrados en la literatura y el actual estudio (tabla 10).

Tabla 10. Media del volumen porcentual de vacíos obtenidos mediante micro-CT.

Autor y año	Técnica obturación	Volumen de vacíos tercio apical %	Volumen de vacíos tercio medio %	Volumen de vacíos tercio coronal %	N
Li GH et al 2014 (75)	CU+CL	3,3	1,5	3,5	10
	Guttacore	0,9	0,3	1	10
	CVC	1,5	0,9	1,8	10
Selem LC et al 2014 (84)	NGP CU+CL	2,3	2,5	3,6	10
	NGP CVC	1,9	1,1	0,8	10
	CU+CL	2,2	0,8	2,1	10
	CVC	0,5	0,6	1,3	10
Keleş A et al 2014 (80)	CL	3,1	3,1	6,1	12
	CVC	1,6	0,6	0,4	12
Celikten et al 2016 (82)	CU+AH Plus	0,3	0,5	1,6	10
	CU + EndoSequence®	0,2	0,4	0,8	10
	CU + Smartpaste®	0,3	0,5	1,0	10
	CU + ActiV GP®	0,4	0,5	1,6	10
Penha da Silva et al 2021 (101)	CU + EndoSequence	ND	13,1	15,2	19
	CL + EndoSequence	ND	8,4	15,2	19
En este estudio	CU + MTA Fillapex®	3,1	8,2	3,7	21
	CU+CL	5,8	8,4	6,2	21
	Guttacore	2,6	7,1	5,2	21

Como podemos observar en la tabla, ninguna técnica de obturación, independientemente del cemento sellador, biocerámico o en base resina epoxy, consigue una obturación tridimensional sin vacíos. La distribución de los vacíos puede deberse a diferentes factores anteriormente comentados, pero da la sensación de que su aparición es impredecible coincidiendo con las afirmaciones de Keleş A et al (80).

8.2.3 DISCUSIÓN TIEMPO DE OBTURACIÓN

El tiempo empleado para la obturación del conducto fue registrado con el objetivo de ver qué técnica de obturación era más rápida y si existía relación entre el tiempo y la capacidad de relleno. La técnica de cono único con biocerámico fue la más rápida, seguida de Guttacore. Además, estas dos obtuvieron menor porcentaje de vacíos.

En el presente estudio, la media de tiempo para la obturación con CU y biocerámico fue $57,11 \pm 11,3$ segundos, con Guttacore $113 \pm 13,1$ segundos y para CU+CL $152 \pm 23,6$ segundos. La técnica de cono único supone un ahorro de tiempo sustancial, sobre todo cuando se trata de obturar varios conductos en una misma sesión, ya que para la obturación de un solo conducto se ha empleado menos de 1 minuto (57 segundos), casi 3 veces menos que con la técnica de cono único y condensación lateral y la mitad que con la técnica de vástago.

En la búsqueda bibliográfica realizada, descrita más arriba, sólo encontramos en la literatura un artículo de Moeller L et al (2013) que analice el tiempo de obturación en conductos ovales. Las técnicas que utilizaron fueron CL modificada y técnica híbrida (cono de gutapercha y Thermafil), siendo esta última significativamente más rápida (204 segundos vs 114 segundos) (102).

Este resultado está acorde a los del presente estudio, donde se observó que la técnica de CU+CL requiere significativamente más tiempo para la obturación del conducto que las otras tres técnicas. El uso de las técnicas termoplásticas mediante vástago, bien sea Thermafil o Guttacore, suponen un menor tiempo de trabajo para el clínico. Además, como ya hemos visto en la discusión, estas técnicas obtienen una mejor distribución de la gutapercha a lo largo de toda la superficie radicular, favoreciendo una obturación tridimensional con menor número de vacíos o gaps.

Estudios previos de Schäfer C.A et al (2012) realizados con la técnica de cono único y cemento sellador de resina epoxy en conductos curvos también resultó ser la más rápida de las técnicas ($44 \pm 4,32$), seguida de la CU+CL y CL, consiguiendo una obturación eficiente y aceptable (103).

Un estudio posterior de Aminsobhani M et al (2015) comparó distintas técnicas de condensación vertical caliente con la técnica de condensación lateral empleando conductos rectos y redondos y también bloques de resina (104). Debido a las importantes diferencias metodológicas resulta difícil la comparación de resultados.

Se observa un acuerdo unánime entre los autores analizados en que las técnicas de condensación vertical y lateral son las más lentas comparadas con las otras técnicas.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos en anteriores investigaciones:

Tabla 11. Media de los tiempos de obturación según la técnica empleada.

Autor y año	Técnica obturación	Media tiempo registrado (seg)	Conclusiones
Moeller L et al 2013 (102)	CU+CL	204	La técnica híbrida fue significativamente más rápida. Suponiendo un ahorro de tiempo del 40% respecto a la técnica CU+CL.
	TH	114	
Schäfer E et al 2012 (103)	CU	44	Obturación de conductos curvos. La técnica significativamente más rápida fue CU.
	CU+CL	105	CU+CL fue significativamente más rápida que la CL clásica.
	CVC	259	
	CL	181	La técnica CVC fue la más lenta con amplia diferencia.
Aminsobhani M et al 2015 (104)	CL	290	Utilizaron conductos redondos y bloques de resina.
	CVC	310	La técnica de CVC fue significativamente más lenta.
	CVO	170	La técnica de CVOM fue la más rápida.
	CVOM	130	
El presente estudio	CU+BC	57	La técnica significativamente más rápida fue CU con biocerámico, seguido de Guttacore.
	CU+CL	152	La técnica CU+CL fue significativamente más lenta que el resto de las técnicas.
	Guttacore	113	

9. CONCLUSIONES

Tras los resultados obtenidos de la investigación in vitro realizada mediante micro-CT y teniendo en cuenta las limitaciones de la misma se deducen las siguientes conclusiones:

1. Las tres técnicas de obturación empleadas para la obturación de conductos ovales: cono único con condensación lateral, Guttacore y cono único con biocerámico rellenan en gran medida el conducto y ninguna de ellas está libre de vacíos.
2. Tanto en el análisis de áreas (2D) como en el análisis volumétrico (3D), la técnica de cono único con condensación lateral presenta el mayor porcentaje y volumen de vacíos. Esta diferencia es significativamente mayor en el tercio apical en comparación con la técnica de cono único con biocerámico y Guttacore.
3. El tiempo empleado en la obturación de conductos ovales con la técnica de cono único con biocerámico ha resultado significativamente menor que la técnica con Guttacore y cono único con condensación lateral, representado un 50% y un 86% menos de tiempo respecto a estas.
4. La técnica de cono único con biocerámico es la de mayor eficiencia, medida en términos de disminución de vacíos remanentes y más rapidez. Esto se traduce en menor tiempo de tratamiento para el paciente y en mayor productividad clínica.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of Endodontists. Definition of Endodontics. In AAE Membership Roster; 2005-2006.
2. Blaine M. Cleghorn, Charles J Goodacre, William H Cristie. Morphology of teeth and their root canal systems. In Ingle JI. Endodontics 6. Hamilton: BC Decker Inc; 2008. 151-210.
3. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. J Am Dent Assoc. 1974; 89:369-71.
4. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2000; 89:739-43.
5. Milanezi de Almeida M, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas-Bôas M, Amoroso-Silva P, Brandão C et al. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. J Endod. 2013 Dec; 39(12):1529-33.
6. Mohammadi Z, Shalavi S, Jafarzadeh H. The oval shaped, root canal: A clinical review. S. Afr. dent. j. 2015; 70(5):200-204.
7. Leoni GB , Versiani MA , Pécora JD , Damião de Sousa-Neto M. Micro-computed tomographic analysis of the root canal morphology of mandibular incisors. J Endod. 2014 May; 40(5):710-16.
8. Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA 3rd. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000; 89:739-43.
9. Espir CG, Nascimento CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Bonetti-Filho I, Tanomaru-Filho M. Radiographic and micro-computed tomography classification of root canal morphology and dentin thickness of mandibular incisors. J Conserv Dent. 2018 Ene-Feb; 21(1):57-62.

10. Evans GE, Speight PM, Gulabivala K. The influence of preparation technique and sodium hypochlorite on removal of pulp and predentine from root canals of posterior teeth. *Int Endod J.* 2001; 34(4):322-30.
11. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG. The 'balanced force' concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11(5):203-11.
12. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 2001; 34(2):137-141.
13. Wu MK, Van Der Sluis LW, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J.* 2003; 36(3):218-24.
14. Svec T A. Instruments for cleaning and shaping. In Ingle J I , Bakland L K, Craig-Baumgartner J. *Ingle's Endodontics 6.* Hamilton: BC Decker Inc; 2008. 813-847.
15. Rödiger T, Hülsmann M, Mühge M, Schäfers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2002; 35(11):919-28.
16. Weiger R, ElAyouti A, Löst C. Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod.* 2002; 28(8):580-3.
17. Rüttermann S, Virtel A, Janda R, Raab W. Preparation of the coronal and middle third of oval root canals with a rotary or an oscillating system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 104(6):852-856.
18. ElAyouti A, Chu A-L, Kiminionis I , Klein C, Weiger R, Löst C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 2008 August; 41(12):1088-92.
19. Hilaly Eid GE, Wanees Amin SA. Changes in diameter, cross-sectional area, and extent of canal-wall touching on using 3 instrumentation techniques in long-oval

canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Nov; 112(5):688-95.

20. Marques JLC, Freire LG, Scardini IL, Vieira BR, de Sousa FB, Dos Santos M. Shaping efficiency of XP-endo shaper and Mtwo instruments in long oval root canals: A micro-CT study. *Aust Endod J.* 2021 Jun; 7. doi: 10.1111/aej.12533.
21. Xavier SR, Lima CO, Marceliano-ALves MFV, Lacerda MFLS, Lopes RT, Campos CN. Shaping ability of two root canal instrumentation systems in oval-shaped canals: A microcomputed tomography study. *Aust Endod J.* 2020 Nov; 25. doi:10.1111/aej.12469.
22. Velozo C, Silva S, Almeida A, Romeiro K, Vieira B, Dantas H et al. Shaping ability of XP-endo Shaper and ProTaper Next in long oval-shaped canals: a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2020 Jul; 53(7):998-1006. doi: 10.1111/iej.13301.
23. Jensen LE, Murphy S, Williamson AE, Teixeira FB, Johnson WT, Friedl CC et al. Root canal preparation in mandibular premolars with TRUShape and Vortex Blue: A micro-computed tomography study. *Aust Endod J.* 2019 Apr; 45(1):12-19.
24. Arias A, Paqué F, Shyn S, Murphy S, Peters OA. Effect of canal preparation with TRUShape and Vortex rotary instruments on three-dimensional geometry of oval root canals. *Aust Endod.* 2018 Apr; 44(1):32-39.
25. Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Tanomaru-Filho M. Shaping ability of rotary or reciprocating systems for oval root canal preparation: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Invest.* 2018 Dec; 22(9):3189-94.
26. Versiani MA, Carvalho KKT, Mazzi-Chaves JF, Sousa-Neto MD. Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *J Endod.* 2018 Mar; 44(3):489-495.

27. Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, Silva EJNL, Souza EM, Versiani MA et al. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2018 May; 51(5):564-571.
28. Lacerda MFLS, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Provenzano JC, Neves MAS, Pires FR et al. Cleaning and Shaping Oval Canals with 3 Instrumentation Systems: A Correlative Micro-computed Tomographic and Histologic Study. *J Endod.* 2017 Nov; 43(11):1878-1884.
29. Guimarães LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Cunha RS, Provenzano JC, Siqueira JF JR. Preparation of Oval-shaped Canals with TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. *J Endod.* 2017 Jun; 43(6):1018-1022.
30. Busquim S, Cunha RS, Freire L, Gavini G, Machado ME, Santos M. A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *Int Endod J.* 2015 Oct; 48(10):1001-6.
31. Versiani MA, Leonie GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD et al. Micro-computed Tomography Study of Oval-shaped Canals Prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal Systems. *J Endod.* 2013 Aug; 39(8):1060-6.
32. Paqué F, Peters OA. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. *J Endod.* 2011 Apr; 37(4):517-21.
33. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010 Apr; 36(4):703-7.
34. Vasconcelos RA, Camargo CHR, Cavalcanti BN, Manhães LRC Jr, Gonçalves SHF. Adaptation of gutta percha to oval canals: a cone beam computed tomographic analysis. *Gen Dent.* 2017 May-Jun; 65(3):e13-e17.

35. Scianamblo M J. The envelope of motion and Protaper Next. *Endod Prac.* 2015 Dic;39-43.
36. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2014 Nov; 40(11):1860-1864.
37. Drukteinis S, Peciuliene V, Dummer PMH, Hupp J. Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. *Int Endod J.* 2019 Ene; 52(1):86-93.
38. da Silva Limoeiro AG, Dos Santos AH, De Martin AS, Kato AS, Fontana CE, Gavini G et al. Micro-Computed Tomographic Evaluation of 2 Nickel-Titanium Instrument Systems in Shaping Root Canals. *J Endod.* 2016 Mar; 42(3):496-499.
39. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000 Jun; 26(6):331-4.
40. American Association of Endodontics. Root canal irrigants and disinfectants. *Endodontics. Colleagues for Excellence.* 2011; Winter.
41. Bortoluzzi EA, Carlon D Jr, Meghil MM, El-Awady AR, Niu L, Bergeron BE et al. Efficacy of 3D conforming nickel titanium rotary instruments in eliminating canal wall bacteria from oval-shaped root canals. *J Dent.* 2015 May; 43(5):507-604.
42. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006 May; 32(5):389-98. doi: 10.1016/j.joen.2005.09.014.
43. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod.* 2010 Feb; 36(2):282-285.
44. Haapasalo M, Qian W. Irrigants and intracanal medicaments. In Ingle JI, Bakland LK, Craig-Baumgartner J. *Ingle's Endodontics 6.* Hamilton: BC Decker Inc; 2008.

45. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010 Jan; 43(1):2-15.
46. Ribeiro EM, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neta MD, Lorencetti KT, Silva SR. Debris and smear removal in flattened root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech.* 2012 Jun; 75(6):781-90.
47. Neelakantan P, Khan K, Li KY, Shetty H, Xi W. Effectiveness of supplementary irrigant agitation with the Finisher GF Brush on the debridement of oval root canals instrumented with the Gentlefile or nickel titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2018 Jul; 51(7):800-807.
48. de Gregorio C, Paranjpe A, Garcia A, Navarrete N, Estevez R, Esplugues EO et al. Efficacy of irrigation systems on penetration of sodium hypochlorite to working length and to simulated uninstrumented areas in oval shaped root canals. *Int Endod J.* 2012 May; 45(5):475-81.
49. Faus-Llácer V, Luna-Roa M, Faus-Matoses I, Ruiz-Sánchez C, Zubizarreta-Macho Á, Sauro S et al. Comparative Analysis of the Smear Layer Removal Capability between EndoVac and Endoactivator Endodontic Irrigation Systems at the Root Canal System and Isthmus: A Micro-Computed Tomography Analysis. *Appl Sci.* 2020 Oct; 10(20):7033. doi:10.3390/app10207033.
50. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Carvalho MS, Souza EM, Lopes RT et al. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig.* 2019 Jul; 23(7):3087-3093.
51. Lee OYS, Khan K, Li KY, Shetty H, Abiad RS, Cheung GSP et al. Influence of apical preparation size and irrigation technique on root canal debridement: a histological analysis of round and oval root canals. *Int Endod J.* 2019 Sep; 52(9):1366-1376.
52. Varela P, Souza E, de Deus G, Duran-Sindreu F, Mercadé M. Effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals

instrumented with a single reciprocating file. *Int Endod J.* 2019 Apr; 52(4):475-483.

53. Rivera-Peña ME, Duarte MAH, Alcaslde MP, Furlan RD, Só MVR, Vivan RR. Ultrasonic tips as an auxiliary method for the instrumentation of oval-shaped root canals. *Braz Oral Res.* 2019 Feb 11; 33:e011. doi: 10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0011.
54. De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ , Reis C , et al. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod.* 2011 May; 37(5):701-5.
55. De-Deus G, Barino B, Marins J, Magalhães K, Thuanne E, Kfir A. Self-adjusting file cleaning-shaping-irrigation system optimizes the filling of oval-shaped canals with thermoplasticized gutta-percha. *J Endod.* 2012 Jun; 38(6):846-849.
56. Walton RE , Torabinejad M. Principle and practice of endodontics. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002.
57. Grossman L. Endodontics. 11th ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1988.
58. Kaur A, Shah N, Logani A, Mishra N. Biototoxicity of commonly used root canal sealers: a meta-analysis. *J Conserv Dent.* 2015; 18(2):83-88.
59. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int J Biomater.* 2016; 2016(9753210).
60. Arikatla SK, Chalasani U, Mandava J, Yelisela RK. Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *J Conserv Dent.* 2018 Jul; 21(4):373-377.
61. Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod.* 2017; 43(4):527-535.

62. Candeiro GT, Moura-Netto C, D'Almeida-Couto RS, Azambuja-Júnior N , Marques MM, Cai S, et al. Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *Int Endod J.* 2016 Sep; 49(9):858-864.
63. Parioikh M, Torabinejad M, Dummer P. M. H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. *Int Endod J.* 2018 Feb; 51(2):177-205.
64. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *J Endod.* 2018 Jul; 44(6):941-945.
65. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology.* 2019 Oct; 107(4):421-436.
66. Torabinejad M, Parioikh M, Dummer P. M. H. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018 Mar; 51(3):284-317.
67. Volponi A, Pelegri RA, Kato AS, Stringheta CP, Lopes RT, Silva ASS, et al. Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod.* 2020 Dic; 46(12):1901-1906.
68. Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorrarak K, Srisatjaluk RL. Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restor Dent Endod.* 2018 Jul; 5(43):e30.
69. Benenati F W. Obturation of the radicular space. In Ingle J I, Bakland L K, Baumgartner J C. *Ingle's Endodontics 6.* Hamilton: BC Decker Inc; 2008. 1053-1060.

70. Peters LB, Wesselink PR, Moorer WR. The fate and the role of bacterial left in root dentinal tubules. *Int Endod J.* 1995 Mar; 28(2):95-9.
71. Allison Da, Weber CR, Walton RE. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endod.* 1979 Oct; 5(10):298-304.
72. Wu MK, Kast'áková A, Wesslink PR. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *Int Endod J.* 2001 Abr; 34(6):485-491.
73. Ozawa T, Taha N, Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dent Mater J.* 2009; 28(3):290-294.
74. Jarrett IS, Marx D, Covery D, Karmazin M, Lavin M, Gound T. Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *Int Endod J.* 2004 Febr; 37(6):392-398.
75. Li GH, Niu LN, Selem LC, et al. Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *J Dent.* 2014; 42(9):1124-1134.
76. Celikten B, F Uzuntas C, I Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, Demiralp KO, et al. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci.* 2015; 57(4):361-366.
77. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. An evaluation of the quality of root fillings in mandibular incisors and maxillary and mandibular canines using different methodologies. *J Dent.* 2005 Sep; 33(8):683-88.
78. Li GH, Niu LN, Zhang W, Pashley Dh, Olsen W, De-Deus G, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: a review. *Acta Biomater.* 2014 Mar; 10(3):1050-1063.
79. Faus-Matoses V, Faus-Llácer V, Collado-Castellanos N, Alegre-Domingo T, Dolz-Solsona M. Measurement of the percentage of root filling in oval-shaped canals

obtured with Thermafil Obturators and Beefill 2in1: In vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2015; 7(2):e299-303.

80. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2014 Dic; 47(12):1177-84.
81. Alakabani TF, Faus-Llácer V, Faus-Matoses I, Ruiz-Sánchez C, Zubizarreta-Macho Á, Sauro S, et al. The Efficacy of Rotary, Reciprocating, and Combined Non-Surgical Endodontic Retreatment Techniques in Removing a Carrier-Based Root Canal Filling Material from Straight Root Canal Systems: A Micro-Computed Tomography Analysis. *J Clin Med*. 2020 Jun 25; 9(6):1989. doi: 10.3390/jcm9061989.
82. Celikten B, Uzuntas C, Orhan A, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp K. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning*. 2016 Mar-Apr; 38(2):133-40.
83. Huang Y , Orhan K , Celikten B , Orhan Al , Tufenkci P , Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci*. 2018 Jan; 15(262):e20160584. doi:10.1590/1678-7757-2016-0584.
84. Selem LC, Li GH, Niu LN, Bergeron BE, Bortoluzzi EA, Chen JH, et al. Quality of Obturation Achieved by a Non-gutta-percha-based Root Filling System in Single-rooted Canals. *J Endod*. 2014 Dic; 40(12):2003-8.
85. Schneider C.A, Rasband W.S, Eliceiri K.W. NIH Image to Image J: 25 years of image analysis. *Nature methods*. 2012 Jul; 9(7):671-75.
86. Dumani A, Yilmaz S, Yoldas O, Kuden C. Evaluation of various filling techniques in distal canals of mandibular molars instrumented with different single-file nickel-titanium systems. *Niger J Clin Pract*. 2017 Mar; 20(3): p. 307-312.
87. Angerame D, De Biasi M, Pecci R, Bedini R, Tommasin E, Marigo L, et al. Analysis of single point and continuous wave of condensation root filling

techniques by micro-computed tomography. *Ann Ist Super Sanita*. 2012; 48(1):35-41.

88. Paranjpe A, de Gregorio C, Gonzalez AM, Gomez A, Silva Hergoz D, Piña AA, et al. Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation. *J Endod*. 2012 Feb; 38(2):226-231.
89. Kyaw Moe MM, Ha JH, Jin MU, Kim YK, Kim SK. Root Canal Shaping Effect of Instruments with Offset Mass of Rotation in the Mandibular First Molar: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod*. 2018 May; 44(5):822-27.
90. De-Deus G, Murad CF, Reis CM, Gurgel-Filho E, Coutinho Filho T. Analysis of the sealing ability of different obturation techniques in oval-shaped canals: a study using a bacterial leakage model. *Braz Oral Res*. 2006 En-Mar; 20(1):64-9.
91. De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA. Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 Oct; 104(4):e114-19.
92. De-Deus G, Reis C, Beznos D, Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod*. 2008 Nov; 34(11):1401-1405.
93. Farias AB, Pereira KF, Beraldo DZ, Yoshinari FM, Arashiro FN, Zafalon EJ. Efficacy of three thermoplastic obturation techniques in filling oval-shaped root canals. *acta Odontolo Latinoam*. 2016 Apr; 29(1):76-81.
94. Uzunoglu E, Ilgin C, Yuruker S, Görduysus M. Radiological, stereological, and microscopic evaluation of the quality of canal fillings in oval-shaped root canals prepared with self-adjusting file. *Scanning*. 2016 Sep; 38(5):427-33.
95. Hirai VHG, Machado R, Budziak MCL, Piasecki L, Kowalczyk A, Neto UXDS. Percentage of Gutta-Percha, Sealer, and Void Filled Areas in Oval-Shaped Root

Canals Obturated with Different Filling Techniques: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Eur J Dent.* 2020 Feb; 14(1):8-12.

96. Mancino D, Kharouf N, Cabiddu M, Bukiet F, Haïkel Y. Microscopic and chemical evaluation of the filling quality of five obturation techniques in oval-shaped root canals. *Clin Oral Investig.* 2021 Jun; 25(6):3757-65.
97. Huang Y, Celikten B, de Faria Vasconcelos K, Ferreira Pinheiro Nicolielo L, Lippiatt N, Buyuksungur A, et al. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017 Dic; 46(8):20170223.
98. Capar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, Arslan H, Ertas H. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dent Traumatol.* 2015 Ago; 31(4):302-7.
99. Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. *Int Endod J.* 2010 Nov; 43(11):995-1000.
100. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clin Oral Investig.* 2018 May; 22(4):1631-39.
101. Penha da Silva J, Marcelino-Alves MF, Provenzano JC, Dellazari RLA, Gonçalves LS, Alves FRF. Quality of Root Canal Filling Using a Bioceramic Sealer in Oval Canals: A Three-Dimensional Analysis. *Eur J Dent.* 2021 Feb; 3:1-6 doi: 10.1055/s-0040-1722095.
102. Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kierkevang LL. Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta Odontol Scand.* 2013 May-Jul; 71(3-4):689-96.
103. Schäfer E, Nelius B, Bürklein S. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Invest.* 2012 Ene; 16:225:230.

104. Aminsobhani M, Ghorbanzadeh A, Sharifian MR, Namjou S, Kharazifard MJ. Comparison of Obturation Quality in Modified Continuous Wave Compaction, Continuous Wave Compaction, Lateral Compaction and Warm Vertical Compaction Techniques. *J Dent (Tehran)*. 2015 Feb; 12(2):99-108.

11. ANEXOS

I. Listado de abreviaturas

BC: Biocerámico

CBCT: Cone Beam Computed Tomography

CL: Condensación Lateral

CT: Tomografía Computarizada

CU: Cono Único

CU+BC: Cono Único y Biocerámico

CU+CL: Cono Único y Condensación Lateral

CVC: Condensación Vertical Caliente

CVO: Condensación Vertical de Onda continua

CVCM: Condensación Vertical Caliente Modificada

CVOM: Condensación Vertical de Onda continua Modificada

FRV: Fractura Radicular Vertical

IPU: Irrigación Pasiva Ultrasónica

LT: Longitud de Trabajo

MTA: Mineral Trióxido Agregado

Micro-CT: micro-tomografía computarizada

Nano-CT: nano-tomografía computarizada

ND: No hay Datos

NGP: Cono de No Gutapercha

PCT: Porcentual

PGP: Porcentaje de Gutapercha

SEM: Scanning Electron Microscopy

TH: Técnica Híbrida

UCA: Unión Amelo-Cementaria

II. Listado de tablas

Tabla 1. Estudios sobre instrumentación rotatoria en conductos ovales.	17
Tabla 2. Volumen total del conducto (mm ³).	52
Tabla 3. Homogeneidad de los conductos a través del test de Kruskal-Wallis.	53
Tabla 4. Área porcentual de vacíos en todo el conducto según grupo.	55
Tabla 5. Área vacíos (%) por tercios según grupo.	56
Tabla 6. Volumen de conducto obturado (mm ³) por tercio y grupo.	57
Tabla 7. Volumen de vacíos (mm ³) por tercio y grupo.	58
Tabla 8. Volumen porcentual de vacíos en tercio apical según grupo. Test de Mann-Whitney con corrección de Bonferroni.	59
Tabla 9. Estudios comparativos sobre técnicas de obturación en conductos ovales, métodos de observación distintos a la micro-CT y resultados.	66
Tabla 10. Media del volumen porcentual de vacíos obtenidos mediante micro-CT.	78
Tabla 11. Media de los tiempos de obturación según la técnica empleada.	80

III. Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Configuración anatómica Vertucci tipo I y tipo III.....	11
Ilustración 2. Segmentación por umbrales para diferenciar el conducto obturado de los vacíos.....	46
Ilustración 3. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Guttacore.....	48
Ilustración 4. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Cono Único y biocerámico. ...	48
Ilustración 5. Reconstrucción 3D. Diente obturado con Cono Único y Condensación Lateral.....	48

IV. Listado de gráficos

Gráfico 1. Media de las áreas de conducto obturado y vacío (%) por grupo y tercio radicular.....	54
Gráfico 2. Área porcentual de vacíos	55
Gráfico 3. Media de volumen de conducto obturado y vacío (%) según grupo y tercio radicular.....	59
Gráfico 4. Valor medio, mínimo y máximo, valores atípicos para cada grupo.....	60
Gráfico 5. Relación entre el tiempo de obturación y el área total de vacíos	61

V. Estimación del tamaño muestral

1. Estimación del tamaño muestral para estudio comparativo de 3 técnicas de obturación de conductos radiculares ovalados.

1.1 Cálculos basados en el porcentaje total de volumen obturado

Para calcular el tamaño muestral es necesario definir cuál es la diferencia mínima clínicamente relevante entre técnicas en cuanto a *porcentaje obturado*. El tamaño se estimará para que un test estadístico alcance una cierta potencia en detectar como significativa esa diferencia.

Para ello es necesario disponer de una estimación de la desviación estándar implicada en ese porcentaje. El artículo de Celikten et al describe valores medios y desviación para 4 grupos distintos (82).

La siguiente tabla presenta necesidades muestrales para detectar diferentes tamaños de efecto para diferentes niveles de potencia estadística:

Tabla 1.- Tamaño muestral total necesario según diferencia mínima relevante de porcentaje total obturado entre 3 técnicas y según potencia estadística. Calculado para un nivel de confianza del 95%, desviación estándar ± 8 y un test F del modelo ANOVA de 1 vía

Valores medios de porcentaje obturado (%) en los grupos	Tamaño efecto (f)	Potencia alcanzada		
		70%	80%	90%
94-95-96	0.1 (pequeño)	744	930	1218
92.5-95-97.5	0.25 (medio)	123	153	198
91-95-99	0.4 (grande)	51	63	81

Se necesitará un mínimo de $n=63$ conductos en total (21/21/21) para detectar porcentajes medios 91%, 95% y 99% como significativamente distintos con un 80% de potencia. Calculado para un nivel de confianza del 95% en la aplicación de un F-test.

1.2 Cálculos basados en el volumen del vacío

Se realizan unos cálculos paralelos basados ahora en el *volumen de los espacios sin rellenar*. Por tanto, el futuro test estadístico evaluará si el volumen medio varía entre diferentes técnicas. Hay que proponer, de nuevo, cuál es la diferencia mínima entre volumen medio que puede considerarse relevante a nivel clínico.

Tabla 2.- Tamaño muestral total necesario según diferencia mínima relevante de volumen medio del vacío (mm³) entre 3 técnicas y según potencia estadística. Calculado para un nivel de confianza del 95%, desviación estándar ± 0.0008 y un test F del modelo ANOVA de 1 vía.

Valores medios del volumen del vacío (mm ³) en los grupos	Tamaño efecto (f)	Potencia alcanzada		
		70%	80%	90%
0.001-0.0011-0.0012	0.1 (pequeño)	744	930	1218
0.001-0.00125-0.0015	0.25 (medio)	123	153	198
0.001-0.0014-0.0018	0.4 (grande)	51	63	81

Al igual que en el anterior cálculo, se necesitará un mínimo de n=63 conductos en total (21/21/21) para detectar porcentajes medios 91%, 95% y 99% como significativamente distintos con un 80% de potencia. Calculado para un nivel de confianza del 95% en la aplicación de un F-test.

VI. Producción científica



El Comité Organizador certifica que

Alberto Manzano Saiz, Pedro Micó Muñoz, Alberto Albero Monteagudo, Susana Muwaquet, Nicolás Collado Castellanos

han presentado una comunicación tipo póster en el

39º CONGRESO NACIONAL DE ENDODONCIA
con el título

ESTUDIO COMPARATIVO DEL CAMBIO DE ANGULACIÓN EN CONDUCTOS CURVOS TRAS SU INSTRUMENTACIÓN CON DISTINTOS SISTEMAS

Celebrado en Málaga del 1 al 3 de noviembre de 2018

Dr. Miguel Miñana
Presidente de AEDE

Dr. José María Aranguren
Secretario de AEDE

Dr. Alberto Sierra
Presidente del Congreso

Málaga 2018 | 1, 2 y 3 de noviembre



El Comité Organizador otorga el presente diploma en favor de

Mª Teresa Giner Lluesma, PEDRO MICÓ MUÑOZ, ILARIA PRADA, ALBERTO MANZANO SAIZ, NICOLAS COLLADO CASTELLANOS

Por su comunicación tipo poster titulada:

Análisis mediante CBCT de la anatomía radicular y configuración de conductos de molares mandibulares en una población española

presentada durante el XL Congreso Nacional de Endodencia celebrado en Valencia, del 31 de octubre al 2 de noviembre 2019
Y para que así conste, se expide el siguiente certificado en Valencia a 2 de noviembre de 2019



Journal section: Oral Medicine and Pathology
Publication Types: Review

doi:10.4317/medoral.22907
http://dx.doi.org/doi:10.4317/medoral.22907

Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review

Ilaria Prada ¹, Pedro Micó-Muñoz ², Teresa Giner-Lluesma ³, Pablo Micó-Martínez ⁴, Nicolás Collado-Castellano ³, Alberto Manzano-Saiz ³

¹ Licensed Dentist at Universidad Europea de Valencia, Spain

² Endodontic and dentistry Titular Professor, Universidad Europea de Valencia, Spain

³ Endodontic and dentistry Associate Professor, Universidad Europea de Valencia, Spain

⁴ Licensed Dentist at Universidad Europea de Valencia. Periodontology and Osteointegration Master at Universidad de Valencia, Spain

Correspondence:

Calle Literato Gabriel Miró 34 4 11
Valencia 46008, Spain
Ilaria.prada94@gmail.com

Received: 01/12/2018
Accepted: 07/01/2019

Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2019 May 1;24 (3):e364-72.
http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/v24i3/medoralv24i3p364.pdf

Article Number: 22907 <http://www.medicinaoral.com/>
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - p-ISSN 1698-4447 - e-ISSN: 1698-6946
eMail: 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: The main cause of endodontic failure is the persistence of microorganisms that cause an intraradicular or extraradicular infection and that become resistant to disinfection measures. The objective of this review is to identify the microbiota associated with endodontic failure, as well as the reasons why these microorganisms are capable of surviving basic disinfection measures.

Material and Methods: Systematic search of scientific articles in the databases PubMed with the following keywords "Endodontic Infections", "Endodontic Microbiology", "Endodontic Failure", "Enterococcus Faecalis", "Endodontics Retreatment" was carried out. Case reports and articles with publication date prior to 2000 were not included in this review.

Results: Most authors highlight *E. faecalis* as the main microorganism associated with endodontic failure, nevertheless there are recent studies that isolate, to a greater extent, other bacteria such as *Fusobacterium nucleatum* and *Propionibacterium*.

Discussion: These microorganisms have in common the following properties, which make them able to escape the disinfection measures: the ability to form a biofilm, to locate in areas unreachable to root canal instrumentation techniques, synergism, the ability to express survival genes and activate alternative metabolic pathways.

Key words: Endodontic infections, endodontic microbiologic, endodontic failure, enterococcus faecalis, endodontic retreatment.

Role of cone-beam computed tomography (CBCT) in diagnosis and treatment planning of two-rooted maxillary lateral incisor with palatogingival groove. Case report

Teresa Giner-Lluesma ¹, Pedro Micó-Muñoz ², Ilaria Prada ³, Pablo Micó-Martínez ⁴, Nicolas Collado-Castellanos ¹, Alberto Manzano-Saiz ¹, Alberto Alberó-Montegudo ¹

¹ Prof. Asociado de Endodoncia y Odontología Restauradora, Universidad Europea de Valencia, España

² Prof. Titular de Endodoncia y Odontología Restauradora, Universidad Europea de Valencia, España

³ Graduada en Odontología por la Universidad Europea de Valencia, Master Universitario en Odontopediatría Universidad Católica de Valencia, España

⁴ Graduado en Odontología por la Universidad Europea de Valencia. Máster en Periodoncia y Osteointegración por la Universidad de Valencia, España

Correspondence:

Gran Vía Marqués del Túrria
45. pta 4º. Valencia 46005
mariateresa.giner@universidadeuropea.es

Giner-Lluesma T, Micó-Muñoz P, Prada I, Micó-Martínez P, Collado-Castellanos N, Manzano-Saiz A, Alberó-Montegudo A. Role of cone-beam computed tomography (CBCT) in diagnosis and treatment planning of two-rooted maxillary lateral incisor with palatogingival groove. Case report. J Clin Exp Dent. 2020;12(7):e704-7.

Received: 26/03/2020
Accepted: 26/04/2020

Article Number: 57092 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488
eMail: jced@jced.es
Indexed in:
PubMed
PubMed Central® (PMC)
Scopus
DOI® System

Abstract

Background: The embryonic root groove is an anatomical abnormality that starts in the cingulum and extends longitudinally down the long axis root towards the apex. This developmental anomaly is more frequently reported in maxillary lateral incisors. Gu YC in 2011 established three types of radicular grooves depending on its severity. According to this classification, type III presents a greater diagnostic and therapeutic complexity. The prevalence of palatogingival grooves in maxillary lateral incisors ranges from 1.9 to 14%. This case report provides valuable information about the diagnosis and treatment plan of palatogingival grooves with Cone-beam computed tomography (CBCT) scan.

Case Report: The patient was referred to the University Dental Clinic of European University of Valencia, with recurrent abscesses at the upper right lateral incisor region for the last two years. Palpation and percussion tests were positive for tooth 1.2. There was no clinical history of caries or previous trauma. Periapical radiography showed periapical radiolucent lesions located, not only in the apical area of tooth 1.2, but also in tooth 1.3. Both teeth had previously been endodontically treated. Periodontal probing showed normal values. CBCT scan was performed in order to establish a definitive diagnosis and appropriate treatment plan.

Discussion: The complex anatomy of the palatal root groove requires detailed knowledge of the internal root morphology for endodontic treatment success. This complementary tool allows a more accurate image of hard tissue structures, such as palatal grooves and/or accessory roots, in comparison to conventional periapical radiography. The treatment plan of this primary periodontal lesion with secondary endodontic involvement was as follows: periapical surgery combined with root amputation and sealing with MTA, and guided bone regeneration.

Key words: Palatal radicular groove, palatogingival groove, maxillary lateral incisor, cone-beam computed tomography, endodontic-periodontal lesion, guided bone regeneration.

VI. Comité de ética

El comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité d'Ètica d'Investigació en Humans, en la reunió celebrada el día 18 de Julio de 2019, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral: "*Estudio comparativo de diferentes técnicas de obturación para el sellado de los conductos ovals*";

Cuyo/a responsable es D/Dña.

NICOLAS COLLADO CASTELLANOS, dirigida por D/Dña. MARIA DEL PILAR

MELO ALMIÑANA

ha acordado informar favorablemente el mismo.

Y para que conste, se firma el presente certificado

A circular blue stamp of the Universitat de València is positioned on the left. To its right is a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Pedro J. Lopez'.