



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD LEÓN**

**TÍTULO:
ESTUDIO COMPARATIVO DE MICROFILTRACIÓN APICAL DE DOS
TÉCNICAS DE OBTURACIÓN, ESTUDIO *IN VITRO*.**

**FORMA DE TITULACIÓN:
INVESTIGACIÓN**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ODONTOLOGÍA**

P R E S E N T A:

ITZEL DÍAZ MARTÍNEZ



**TUTORA: MTRA. PAOLA CAMPOS IBARRA
ASESOR: ESP. ALEJANDRO CAMACHO HERNANDEZ
ASESORA: DRA. MARIA DEL CARMEN VILLANUEVA
VILCHIS**

LEÓN, GUANAJUATO 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mi familia, por siempre estar conmigo y brindarme su apoyo en todo momento. Nunca dejaré de agradecerles todo lo mucho que han hecho por mí. Son los pilares de mi vida y para ustedes es que dedico todos mis triunfos.

*Te dedico mi trabajo Papá, no fue nada fácil en tu ausencia pero al fin lo logré y sé que puedo dar más de mí porque así me has enseñado. Ser fuerte ante cualquier adversidad. Sabes que te admiro y eres mi ejemplo a seguir. Sé que pronto leerás esto y estarás muy orgulloso de mí. Quiero compartir este logro contigo, al fin una meta más cumplida de muchas que faltan y todo gracias a tí. Por impulsarme a ser una mejor persona cada día y ahora soy la profesionalista que tanto deseé.
¡Los Amo Papá y Mamá!*

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme ser quien soy y llegar hasta donde estoy. Gracias por siempre guiarme por el mejor camino y nunca dejarme sola, porque a pesar de los momentos difíciles donde no encontraba salida siempre había una solución a todo. Gracias por la fortaleza y pruebas que me ha puesto la vida.

A mis padres, Irma y Roberto

A mi motor de toda la vida, gracias por todo el apoyo que me han dado, por confiar en mí y nunca dudar de mis capacidades. Es por ustedes que he llegado tan alto, queridos Padres. Sacrificaron mucho de sus vidas para que yo pudiera construir la mía y no saben lo eternamente agradecida que me encuentro. Sin ustedes nada de esto sería posible, este logro es de ustedes y para ustedes, siéntanse orgullosos de ser los mejores. Gracias por su paciencia, amor, enseñanzas, dedicación, no puedo estar más agradecida de lo que estoy ahora. Me siento muy orgulloso de tenerlos en mi vida ¡Gracias por todo! ¡Los Amo queridos Padres!

A mis hermanos Paulina y Rodrigo

Gracias por compartir conmigo tantos momentos, mis compañeros de vida. Saben que siempre estaré para ustedes apoyandonos en todo. Los amo hermanos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por ser la máxima casa de estudios y ahora mi alma mater. Gracias por ofrecerme esta gran oportunidad.

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León

Gracias por brindarme la mejor experiencia y tener el honor de conocer a grandes personas. Estoy completamente orgullosa de mi Universidad, por ofrecerme las mejores instalaciones y la mejor educación académica.
Orgullosamente UNAM.

A mi tutora y profesora Mtra. Paola Campos

Gracias por compartirnos su conocimiento a lo largo de estos 4 años, la admiro muchísimo, es una gran maestra ya que me transmite su pasión por la enseñanza y gracias a usted fue que me dí cuenta de la pasión por la endodoncia, todo lo mucho que sé es gracias a usted. Así como también gracias por ayudarme a realizar mi trabajo de investigación. La estimo mucho.

A mis asesores, Esp. Alejandro Camacho y Dra. Maria del Carmen Villanueva

No me queda más que agradecerles por todo lo que me ayudaron, gracias por compartir sus conocimientos, su tiempo y dedicación para llevar a cabo este trabajo.

A mis profesores

Gracias por su tiempo, paciencia, dedicación, esfuerzo, regaños y felicitaciones, por todo lo que hicieron para lograr mi formación académica. Los admiro muchísimo por su profesionalismo, gracias por compartir todo lo mucho que saben, todo lo que sé es gracias a ustedes. Los llevo a cada uno de ustedes con mucho cariño. Gracias especialmente al Esp. Abraham Mendoza, a la Esp. María Antonietta Riera y al Esp. Alejandro Camacho, por brindarme su amistad y por transmitirme su pasión por su trabajo, los estimo mucho.

A mis amigos

Isela, Alejandra, Carlos, Eduardo, Nelly, Mariana, y a todo el equipo de brigadas. Gracias por brindarme su amistad, hicieron que todo fuera más fácil para mí, gracias por todas esas risas que pasamos, por los momentos de felicidad y de tristeza. Los quiero muchísimo y siempre los llevaré en mi corazón.

ÍNDICE

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE	7
CAPÍTULO 1	8
Marco teórico	8
1.- Generalidades del tratamiento endodóncico.....	8
Objetivos del tratamiento de conductos.....	9
2.- Limpieza y conformación de los conductos radiculares.....	10
3.- Instrumentación.....	13
Técnicas de instrumentación del conducto radicular.....	15
Técnicas apico-coronales.....	15
Técnicas corono-apicales.....	17
Técnica de fuerzas balanceadas.....	18
Uso de las gates glidden.....	20
4.- Irrigación.....	20
Características ideales de un irrigante endodóncico.....	21
Hipoclorito de sodio.....	22
Clorhexidina.....	22
EDTA.....	23
5.- Obturación de los conductos radiculares.....	23
Objetivos de la obturación.....	24
Características de la obturación.....	25
Postulados para la obturación.....	26
5.1. Materiales de obturación.....	28
Clasificación de los materiales de obturación.....	28
Puntas de plata.....	29
Gutapercha.....	31
Composición de los conos de gutapercha.....	32

Resilon.....	33
5.2. Cemento sellador.....	34
Tipos de cementos selladores.....	35
A base de óxido de zinc y eugenol.....	35
A base de hidróxido de calcio.....	37
A base de resina.....	38
A base de ionómero de vidrio.....	38
6.- Técnicas de obturación.....	39
Condensación lateral convencional.....	40
Condensación lateral modificada con ultrasonido.....	42
Propiedades físicas, mecánicas y biológicas del ultrasonido.....	42
Usos del ultrasonido.....	44
Obturación del sistema de conductos con ultrasonido.....	44
7.- Microfiltración apical.....	47
Métodos de evaluación de microfiltración apical.....	47
CAPÍTULO 2.....	50
8.- Planteamiento del problema.....	50
9.- Justificación.....	51
10.- Objetivos del estudio.....	52
11.- Hipótesis del estudio.....	52
12. Criterios de selección.....	53
CAPÍTULO 3.....	54
13.- Materiales y métodos.....	54
CAPÍTULO 4.....	68
14.- Resultados.....	68
15.- Discusión.....	70
16.- Conclusiones.....	72
17.- Bibliografía.....	73

Resumen

El principal objetivo de la terapia de los conductos radiculares es crear un sellado a prueba de microorganismos y fluidos a nivel del foramen apical, así como la obliteración total del espacio del conducto radicular.

El objetivo de este estudio es comparar el grado de microfiltración apical con dos diferentes técnicas de obturación, la técnica de condensación lateral y la técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido.

Se utilizaron 44 dientes unirradiculares previamente extraídos, con fines ortodóncicos, los cuales se instrumentaron con técnica digital (EndoENES). Se dividieron en 2 grupos: Grupo 1.- dientes instrumentados para ser obturados con técnica de condensación lateral (TCL); Grupo 2.- dientes instrumentados para ser obturados con técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido (TCLMU). Se colocaron dos capas de barniz en toda la superficie radicular de cada diente, excepto los últimos tres milímetros; se sumergieron en azul de metileno durante 72 horas, después se sometieron a la bomba al vacío por 15 min. y otra vez al azul de metileno por otras 72 horas. Se lavaron, se cortaron longitudinalmente y se evaluó el grado de microfiltración con un microscopio óptico. (Leica, Alemania).

Se obtuvo como resultado que la técnica lateral modificada con ultrasonido presentó una menor microfiltración, así como un sellado más hermético de la gutapercha que la técnica lateral convencional.

Palabras Clave

Microfiltración, obturación, ultrasonido, técnica lateral.

CAPITULO 1.

MARCO TEÓRICO

1. Generalidades del tratamiento endodóncico

La endodoncia es la rama de la odontología que se ocupa de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental, además de su tratamiento. Su estudio abarcan las ciencias básicas y clínicas, la biología de la pulpa normal, etiología, diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades de la pulpa asociada con las condiciones perirradiculares.¹

El éxito del tratamiento de conductos radiculares se basa en principios amplios, entre ellos se encuentran el diagnóstico, la planeación del tratamiento, el conocimiento de la anatomía y la morfología, además de los conceptos tradicionales de conformación, desinfección y obturación del conducto radicular.²

En un estudio radiográfico temprano sobre las causas del éxito y fracaso, Ingle indicó que el 58% de los fracasos terapéuticos se debían a una obturación incompleta. Por desgracia, los dientes mal obturados suelen estar mal preparados. Es posible que hayan ocurrido debido a errores del procedimiento, como pérdida de longitud, transportación del conducto, perforaciones, pérdida del sellado coronal y fractura vertical de la raíz; se ha demostrado que éstos tienen un efecto adverso sobre el sellado apical.²

Los estímulos a los que constantemente están sometidos los dientes pueden producir lesiones al tejido pulpar; de igual forma la invasión de microorganismos, producto de las enfermedades como la caries dental y los problemas periodontales pueden originar lesiones de tipo irreversibles.³

Se necesita realizar un diagnóstico pulpar que indicará qué tipo de tratamiento requiere el diente afectado; es fundamental para llegar al diagnóstico correcto haber realizado una historia clínica de manera minuciosa, un examen clínico y radiográfico, así como las pruebas complementarias; palpación, percusión y pruebas de sensibilidad.³

Dunmer en 1999, explica que los criterios de éxito del tratamiento de conductos radiculares, se juzgan mediante una combinación de criterios clínicos y radiológicos, como son: ⁴

1. El diente debe ser funcional y no mostrar signos de tumefacción ni trayectos sinuosos.
2. El paciente debe estar asintomático.
3. El aspecto radiológico de los tejidos perirradiculares debe permanecer normal.

Objetivos del tratamiento de conductos

El objetivo general del tratamiento del sistema de conductos es lograr el completo desbridamiento del tejido pulpar infectado o necrótico, la eliminación de los microorganismos presentes y a su vez, obtener un completo sellado del espacio de los conductos para prevenir la persistencia de infección o reinfección de la cavidad pulpar. ⁵

Uno de los principales retos de la terapia endodóncica es alcanzar tales objetivos, sobretodo que se logre una completa eliminación de los restos de tejido pulpar. ⁶

A través de varios estudios basados en la anatomía de los conductos radiculares, se ha demostrado que el sistema de conductos presenta gran complejidad, es por ello que alcanzar el completo desbridamiento mecánico resulta complicado. ^{7,8.}

Se ha comprobado que la infección microbiana de los conductos radiculares es la principal causa de la patología pulpar y periapical, por esta razón la terapia endodóncica debe tener como propósito principal eliminar o reducir los microorganismos. ⁹

Las soluciones irrigantes mediante su acción química, ayudan a disolver completamente los restos de tejido y a erradicar los microorganismos remanentes en los conductos que no pudieron eliminarse mecánicamente. ¹⁰

2. Limpieza y conformación de los conductos radiculares

En 1974, Schilder introdujo el concepto de limpieza y conformación, que consiste en realizar la acción combinada y simultánea de la instrumentación y la irrigación, la cual es la base del éxito en el tratamiento endodóncico. De hecho, la mayoría de los problemas de obturación son el resultado de una limpieza y una conformación deficientes.¹¹

El proceso de la limpieza es la remoción de todo el contenido del sistema de conductos durante la conformación y preparación con el fin de eliminar material infectado, material antigénico, sustratos orgánicos, microflora, productos bacterianos, restos de comida, tejidos remanentes, cálculos pulpares, sustancias químicas inflamatorias, materiales de obturación contaminado y detritos dentinarios que se producen durante los procedimientos de conformación del conducto.¹¹

Mientras que la conformación implica darle forma única a cada conducto radicular, no solo relacionado con su longitud, sino también relacionado con la posición y curvatura de cada raíz.¹¹

Independientemente del material y técnica de obturación, la limpieza deberá ser igual en todos los casos, sin embargo la obturación deberá adaptarse a la conformación del conducto.¹¹

La limpieza facilita la extracción mecánica de los contenidos del conducto mediante la disolución química y la salida de toxinas bacterianas potencialmente inflamatorias.²

Una conformación incorrecta conduce a una obturación incorrecta. En un conducto con una conformación pobre, existen superficies que no fueron trabajadas permitiendo la acumulación y la persistencia de bacterias en el interior del sistema de conductos radiculares, por lo tanto es la causa más frecuente de los fracasos endodóncicos a largo plazo.²

La limpieza y conformación de los conductos es la fase más laboriosa e importante del tratamiento endodóncico; un conducto correctamente preparado resulta, casi siempre, fácil de obturar herméticamente con cualquier técnica.¹²

Hülsmann y *cols.* (2005) concluyen que el principal objetivo de la preparación del sistema de conductos radiculares es la prevención de la inflamación perirradicular, o la promoción de su cicatrización en caso de que ya esté instaurada mediante las siguientes pautas:¹³

- Remoción de tejido vital o necrótico de los conductos radiculares.
- Creación de un espacio suficiente para la irrigación y medicación.
- Preservación de la integridad y ubicación de la anatomía de la porción apical del conducto.
- Evitar daño iatrogénico al conducto y a la superficie radicular.
- Facilitar la obturación.
- Evitar una nueva inflamación o infección de los tejidos perirradiculares.
- Preservación de suficiente espesor de dentina radicular para garantizar la conservación funcional del diente a largo plazo.

Existen dos objetivos fundamentales que se tienen que llevar a cabo muy cuidadosamente durante la limpieza y conformación para que garanticen un buen tratamiento de conductos, que son los biológicos y mecánicos y que a continuación explicaremos:

1. Objetivos Biológicos

Los objetivos biológicos de la limpieza y conformación propician el éxito endodóncico en general como el bienestar del paciente durante el tratamiento.¹¹

- La instrumentación deberá limitarse a los conductos radiculares. Instrumentar más allá del ápice es innecesario y podría ocasionar inflamación periapical, ensanchar y deformar el foramen apical.

- Deberá evitarse el desplazamiento del material necrosado más allá del foramen apical durante la preparación del conducto. El material extruido puede crear una reacción de cuerpo extraño y generar una agudización post-tratamiento.
- Deberá retirarse cuidadosamente todos los restos de tejido, dado que son la principal causa de lesiones periapicales, su completa eliminación es esencial.
- Deberá crearse suficiente espacio durante la preparación del conducto para, posteriormente, recibir los medicamentos intraconductos.

Baugh y Wallace en el 2005, mencionan que instrumentar más allá del ápice puede promover una inflamación adicional, así como crear una reacción de cuerpo extraño.¹⁴

2. Objetivos Mecánicos

Dentro de los objetivos mecánicos que garantizan el éxito en la limpieza y la conformación de los conductos se mencionan 4 postulados:¹¹

- Se debe crear un embudo continuamente divergente desde el ápice radicular hasta la cavidad de acceso de la corona. Esto permite limpiar eficazmente el sistema de conductos, facilitar la irrigación y permitir la condensación de la gutapercha.
- El corte seccional del diámetro de la preparación deberá ser cada vez más estrecha en sentido apical y más amplia en cada punto al acercarse a la entrada de los conductos. El diámetro se estrecha en su porción más apical para conseguir un sellado hermético.
- Se debe seguir la forma original del conducto; aunque muchas veces exista dificultad para esto debido a factores como: anatomía complicada por la presencia de curvaturas, dilaceraciones, una excesiva longitud o conductos excesivamente calcificados.¹²
- El foramen apical deberá conservarse lo más pequeño que se pueda y su relación espacial original respecto a la superficie radicular. Los forámenes delicados pueden perderse durante la preparación del conducto a causa del uso inadecuado de los

instrumentos, irrigación insuficiente, escasa habilidad táctil o una delicadeza inapropiada.²

Buchanan, citado por Baugh y Wallace en el 2005, señala que el foramen apical no debe extenderse excesivamente ya que se corre el riesgo de crear trasportación apical. Esto se logra tras una cuidadosa comprobación radiográfica y electrónica con el localizador apical.

14

3. Instrumentación

Los instrumentos manuales se han utilizado en clínica desde hace casi 100 años; forman parte integral de los procedimientos de limpieza y conformación.²

La instrumentación de los conductos radiculares tiene dos finalidades generales:¹⁵

1. Limpieza: Remoción de la infección o de la pulpa inflamada.
2. Conformación: Creación o formación de un espacio para la obturación radicular.

La instrumentación es un proceso físico-mecánico, que por medio de limas u otros instrumentos, remueve detritos, da forma, esculpe y alisa las paredes dentinarias del conducto radicular.¹⁵

Para poder decir que se ha instrumentado un conducto radicular adecuadamente, es necesario que se utilicen los instrumentos y la irrigación de manera simultánea. Por lo que este proceso también es conocido como preparación bio-químico-mecánica.¹⁵

El área más difícil de instrumentar es la zona apical, en ella son frecuentes las curvaturas abruptas, los conductos secundarios y una mayor facilidad para ocasionar deformaciones; para poder alcanzar la constricción se deben precurvar las limas. Según el calibre de la primera lima que alcanza la constricción, se tiene la idea de hasta que calibre se debe ensanchar la zona apical.¹⁶

El uso de las limas es para darle forma al conducto y mantenerlo permeable, mientras que la limpieza y desinfección del mismo lo consiguen las soluciones irrigadoras.¹⁶

El objetivo es instrumentar completamente los tercios del conducto radicular para conseguir la irrigación óptima y potenciar la actividad antimicrobiana de las soluciones irrigadoras. Los conductos no ensanchados coronalmente imposibilitan la irrigación eficiente, con lo que aumenta la predisposición al bloqueo.¹⁷

Es importante realizar la forma de la cavidad de acceso de manera adecuada ya que debe permitir la entrada sin interferencias de los instrumentos hasta el tercio medio del sistema de conductos radiculares. Por lo que cualquier técnica de instrumentación necesita una serie de principios o reglas básicas para el éxito del tratamiento de conductos:^{2, 18}

1. Ensanchar y mantener la forma original e idónea del conducto para su obturación, es decir, lo más estrecho en ápice y lo más ancho en la corona, sin producir falsas vías, perforaciones, entre otras.
2. Las irregularidades del conducto y las curvaturas de gran tamaño deberán ser eliminadas, pero si se superpone el diente con su configuración preoperatoria sobre la que se obtendrá después de terminar la preparación, la forma del conducto original deberá estar incluida dentro de la preparación.
3. Intentar mantener todos los instrumentos en el interior del conducto, ya que la sobreinstrumentación será causa de dolor durante y postratamiento, perdiéndose así la constricción apical.
4. Mantener una irrigación copiosa para evitar la acumulación de restos dentinarios e impedir el correcto sellado.
5. La irrigación facilita que los restos y limaduras de dentina floten en el conducto en dirección coronal, que impide que los instrumentos se peguen a las paredes del conducto, disminuyendo así la sobrecarga de las estrías y su posible rotura.
6. Usar limas de menor calibre para calcular el tamaño y la forma del conducto.

7. Usar los instrumentos en secuencia (sin omitir ninguno), limpios, precurvados y sin forzarlos.
8. El limado o ensanchado se hará según el lugar del conducto o el tamaño del instrumento.
9. Trabajar con mucho cuidado y recapitulando con limas de menor calibre, sin cometer errores y lejos de la furca.
10. No sobrepreparar el conducto tanto apical como lateralmente.
11. Evitar que las limas se enganchen en las paredes, por ello se precurvan y se mueven en vaivén hasta el ápice.

Técnicas de instrumentación del conducto radicular

Existen muchas técnicas propuestas para la instrumentación manual de los conductos radiculares, y algunas recurren al ensanchamiento de la zona media y coronal mediante instrumental rotatorio. El concepto de instrumentación manual se centra en la zona apical del conducto seguida por varias técnicas de ensanchamiento para facilitar la obturación. Se pueden clasificar las distintas técnicas en dos grandes grupos:¹⁹

1. Técnicas apico-coronales (Step-Back): en las que se inicia la preparación del conducto en la zona apical, tras determinar la longitud de trabajo, y luego se va progresando hacia coronal.
2. Técnicas corono-apicales (Crown-Down): en las que se preparan al principio las zonas media y coronal del conducto, posponiendo la determinación de la longitud de trabajo, para ir progresando la instrumentación hasta alcanzar la constricción apical.

Técnicas apico-coronales

Step- back

El concepto de preparación mediante retrocesos de la longitud de trabajo de las limas fue expuesto por primera vez por Clem en 1969. Posteriormente, Weine y Mullaney en 1979, explicaron con detalle la técnica; ésta permite mantener un diámetro apical del conducto de escaso calibre, creando una conicidad suficiente para conseguir la limpieza y

desinfección de los conductos, sin deformar en exceso la anatomía original y poder obturarlo tras crear una adecuada morfología apical.²⁰

Aunque ésta técnica se diseñó principalmente para evitar errores de preparación en conductos curvos, se aplica también a la preparación de conductos aparentemente rectos. Con los años la técnica ha sufrido varias modificaciones.²

La longitud de trabajo disminuye poco a poco al aumentar el tamaño del instrumento, esto evita que los instrumentos menos flexibles creen escalones en las curvaturas apicales; al mismo tiempo proporciona una forma cónica para facilitar la obturación.²

Se debe mantener un diámetro apical del conducto de escaso calibre, creando una conicidad suficiente para conseguir la limpieza y desinfección de los conductos, sin deformar en exceso la anatomía original y poder obturarlo tras crear una adecuada conformación apical.¹⁹

1. Se inicia permeabilizando el conducto con la lima k precurvada de escaso calibre.
2. A la primera lima que alcanza y ajusta en la constricción apical se llama lima inicial apical (LIA).
3. El conducto se ensancha 3-4 calibres más mediante una instrumentación en fuerzas balanceadas.
4. La última lima que instrumenta toda la longitud del conducto se conoce como lima maestra apical (LMA).
5. El tercio medio y cervical del conducto se instrumenta con limas de calibre progresivamente superior en retrocesos para cada incremento de calibre.
6. A cada lima de calibre superior se le ajusta el tope de silicona 1mm más corto, de modo que se vaya creando una morfología cónica con escasa deformación del conducto.
7. Si la curvatura es muy pronunciada, se puede utilizar limas de calibres intermedios y efectuar retrocesos menores de 0.5mm.

8. Tras el paso de cada lima nueva, se recapitulará con la LMA para mantener la permeabilidad del conducto. Las zonas más coronales se pueden ensanchar con Gates- Glidden 4, 3 y 2.

Es una técnica que se basa en la reducción gradual y progresiva de la longitud en los milímetros de la lima, a medida que los instrumentos aumentan de calibre. Este retroceso permite dar la forma de conicidad al conducto radicular, teniendo como resultado un menor diámetro en el tercio apical y el mayor en el tercio coronario.

Técnicas corono-apicales

Crown-Down

La técnica Crown Down fue presentada por Marshall y Pappin en 1983 y publicada, tras su evaluación, por Morgan y Montgomery en 1984.²¹

Su objetivo es disminuir la extrusión de bacterias y restos hísticos al periápice y permitir que las limas alcancen la zona apical del conducto sin interferencias, ya que se demostró que esta zona no era siempre tan estrecha como se pensaba. Lo que sucedía es que el instrumento inicial de permeabilización iba chocando con las paredes del conducto y con suerte, solo instrumentos de calibre 08 o 10 lograban alcanzar la zona apical.¹⁹

El ensanchamiento inicial del tercio coronario del sistema del conducto evita que se atoren los instrumentos al no tener obstrucciones en la mayor parte de su longitud y también proporciona mejor acceso en línea recta hacia el foramen apical del conducto radicular, permitiendo que penetre mejor la solución irrigante. También se reducen los oxidantes de procedimiento, como empaque de residuos, escalones, enderezamiento de la región apical del conducto, perforaciones y fractura de instrumentos.^{22, 23.}

1. Se inicia la instrumentación con una lima K calibre 35, girándola de modo pasivo, sin presión hacia apical, hasta encontrar resistencia.

2. Se toma una radiografía para comprobar si la resistencia se debe al estrechamiento del conducto o a una curvatura. Si no progresa, se inicia el acceso con limas más finas hasta alcanzar la 35.
3. Cuando la lima 35 se encuentra holgada en el conducto, se utilizan Gates- Glidden números 2 y 3 sin presión hacia apical, para ensanchar el acceso radicular.
4. Se continúa con una lima 30 girándola en sentido horario dos veces.
5. Se repite el procedimiento con una lima de menor calibre hasta acercarse a la zona apical.
6. Se procede a tomar una radiografía con la lima en el conducto y se establece la longitud de trabajo provisional.
7. Posteriormente progresando con limas cada vez más finas, hasta que se crea alcanzar la longitud apical.
8. Se determina la longitud de trabajo verdadera.

Si se llega, por ejemplo hasta un calibre 10, se repite la secuencia iniciándola con una lima 40 con lo que, en la zona de la constricción se podría alcanzar probablemente un diámetro 20. Se repite la secuencia hasta alcanzar un calibre apical 25 o 30.¹⁹

Sin embargo, los juegos de instrumentos de varios diámetros de punta y conicidades permiten el uso de una conicidad o un diámetro menores para facilitar el avance en sentido apical.¹⁹

Técnica de fuerzas balanceadas

Roane y cols. en 1985 presentaron la técnica de fuerzas balanceadas en donde mencionan que la eliminación de los bordes cortantes del extremo apical de las limas K, suavizándose el ángulo de transición entre la punta y el resto del segmento cortante, y la constatación de que los instrumentos con un ángulo de corte inferior a 45° eran más eficaces mediante un movimiento de rotación.²⁴

Se consiguen mejores resultados en cuanto a la morfología del conducto que con el limado lineal y la preparación en *step-back*. Recientemente, Charles y Charles en 1998, han demostrado, mediante un modelo matemático, los movimientos y los efectos de las limas con esta técnica, confirmando su eficacia.²⁵

Permite alcanzar calibres mayores en comparación con las técnicas manuales de impulsión y tracción con menor índice de deformaciones del sistema de conductos ya que asegura el mantenimiento del contorno del conducto sin provocar ningún desplazamiento ni laceración del foramen apical.²⁶

Puede usarse sin demasiada dificultad en casos de curvas moderadas, ahorrando tiempo y fatiga para la limpieza y ensanchado de los conductos radiculares, pero la técnica no es recomendable para conductos demasiado curvos.²⁷

Se inicia la preparación realizando una cavidad de acceso radicular con limas K y fresas Gates-Glidden. Dicha técnica empieza entonces y tiene 3 fases:²⁴

1. Se introduce una lima K inactiva en su punta y se efectúa un giro horario, con presión apical suave, con una magnitud variable en función de la curvatura del conducto, pero siempre inferior a 180° para evitar que el instrumento pueda doblarse.
2. Se produce el corte de la dentina; se realiza mediante un giro de la lima en sentido inverso a las manecillas del reloj, con cierta presión hacia apical y una magnitud no inferior a 120°. La presión hacia apical será similar a la aplicada a la lima para hacerla girar, siendo mayor cuanto más grande sea el calibre de la lima empleada.
3. Consiste en efectuar uno o dos giros completos de la lima en sentido horario para extraer las virutas de dentina generadas y alojadas entre las espiras, seguida de una irrigación.

La secuencia se repite con limas de menor calibre hasta alcanzar la constricción, ensanchando a nivel de la terminación apical hasta un diámetro suficiente.

Con ésta técnica se consiguen mejores resultados en cuanto a la morfología del conducto que con el limado lineal y la preparación en step-back.

Uso de las Gates-Glidden

Las fresas Gates-Glidden (GG) son instrumentos, que han sido utilizados durante más de 100 años sin cambios destacables del diseño. Estos instrumentos suelen tener un buen funcionamiento para el ensanchamiento previo del tercio coronal del conducto; sin embargo, si se utilizan de forma incorrecta, pueden reducir de forma significativa el grosor de la pared radicular.^{28, 29.}

Debido a su diseño y a sus propiedades físicas, las fresas GG son instrumentos de corte lateral con puntas de seguridad; se pueden usar para cortar dentina conforme son retiradas; sólo se deben usar en las porciones rectas del conducto y se deben emplear de forma secuencial y pasiva.²³

Se pueden usar secuencialmente fresas Gates-Glidden (GG) para ensanchar el tercio coronal del conducto en los dientes con raíces rectas. Se han recomendado las secuencias tanto de Step-Back como Crown-Down.

4. Irrigación

Se ha demostrado concluyentemente que la instrumentación mecánica no puede proporcionar suficiente desinfección de los conductos radiculares, con independencia de que se usen instrumentos de acero inoxidable o NiTi; se necesitan irrigantes para eliminar los microorganismos, y a lo largo del tiempo se han propuesto diversas sustancias químicas para ese fin.²

Éstas sustancias químicas actúan en el conducto durante la preparación sobre los restos necróticos y microorganismos, material orgánico e inorgánico, sumando los efectos de desinfección y escombros de restos.¹⁵

La irrigación de los conductos tiene 4 objetivos básicos: ¹⁹

1. Disolución de los restos pulpares vitales o necróticos.
2. Limpieza de las paredes de los conductos para eliminar los residuos que las cubren y que taponan la entrada de los túbulos dentinarios y de los conductos accesorios.
3. Destrucción de las bacterias y neutralización de sus productos y componentes antigénicos.
4. Lubricar los instrumentos para facilitar su paso y capacidad de corte.

Un objetivo complementario es prevenir el oscurecimiento de la corona dental por la sangre y diversos productos que puedan haber penetrado por los túbulos dentinarios de la cámara pulpar.

Características ideales de un irrigante endodóncico

Los irrigantes endodóncicos deben cumplir con ciertas características para la eliminación de residuos y erradicación de bacterias, con el fin de obtener una mejor desinfección del sistema de conductos radiculares. Por lo tanto, las propiedades deseables de una solución irrigadora son las siguientes: ²

1. Ser germicida y fungicida eficaz.
2. No irritar los tejidos periapicales.
3. Mantenerse estable en solución.
4. Tener un efecto antimicrobiano prolongado.
5. Ser activo en presencia de sangre, suero y derivados proteicos del tejido.
6. Tener una tensión superficial baja.
7. No interferir en la reparación de los tejidos periapicales.
8. No teñir la estructura dental.
9. Poder inactivarse en un medio de cultivo.
10. No inducir una respuesta inmune celular.

11. Poder eliminar completamente el barrillo dentinario y desinfectar la dentina subyacente y sus túbulos.
12. No ser antigénico, tóxico ni carcinógeno para las células tisulares que rodean al diente.
13. No tener efectos adversos en las propiedades físicas de la dentina expuesta.
14. No tener efectos adversos en la capacidad de sellado de los materiales obturadores.
15. Ser de aplicación práctica.
16. Ser relativamente económico.

Dentro de los irrigantes que se utilizan en endodoncia, los más utilizados debido a que cumplen con la gran mayoría de las características ideales son el hipoclorito de sodio, la clorhexidina y el EDTA, que a continuación se describen:

Hipoclorito de sodio

El Hipoclorito de Sodio (NaOCl) tiene muchas de las propiedades deseables de un irrigante de conducto radicular principal y, por tanto, se ha descrito como la solución irrigante más utilizada. Es un excelente antibacteriano, capaz de disolver tejido necrótico, tejido pulpar vital, componentes orgánicos de dentina y biopelícula. La solución de NaOCl, conocida como lejía, se usa a menudo como desinfectante o blanqueador; es el irrigante de elección en endodoncia, por su eficacia frente a los patógenos y la digestión de la pulpa.³⁰

Se ha utilizado a concentraciones variables, desde 0,5% a 5,25%. Como es lógico, a mayor concentración, mejores son sus propiedades solventes y antibacterianas, pero también se incrementa su efecto tóxico si alcanza el periápice.³¹

Clorhexidina

La clorhexidina (CHX) posee acción antimicrobiana sobre los microorganismos grampositivos, gramnegativos, aeróbicos y anaeróbicos.³²

La actividad remanente de la clorhexidina, después de la instrumentación, podría tener un efecto sinérgico con la medicación intraconducto sobre microorganismos inaccesibles a la instrumentación o en posibles infecciones secundarias del conducto radicular después de la preparación biomecánica. Además, la solución de clorhexidina al 2% ha demostrado ser medianamente biocompatible con los tejidos periodontales, lo que justifica su uso como solución irrigadora del sistema de conductos radiculares.³³

Como desventaja, podemos citar la incapacidad de la clorhexidina para disolver tejidos necróticos, siendo indicado por tanto, su uso asociado al hipoclorito de sodio. Además de una mejor disolución tisular, podemos obtener, a través de esta asociación, una acción antimicrobiana adicional.³⁴

EDTA

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) fue introducido como solución irrigadora en 1957 por Nygaard Ostby. Aunque inicialmente el efecto buscado era reblandecer la dentina y favorecer el tratamiento de los conductos estrechos y muy calcificados, posteriormente su mejor acción consiste en favorecer la eliminación de la capa residual y mejorar la efectividad del hipoclorito sódico. Las soluciones de EDTA más usadas tienen una concentración del 15-17%, con un pH de 5-7. Estas concentraciones se han mostrado eficaces para eliminar la capa residual, aunque con concentraciones inferiores (del 3%) se han encontrado resultados similares. Con todo, la eliminación total de la capa residual en la zona apical es muy difícil, y se debe dejar actuar la solución de EDTA al menos unos 2-3 minutos.¹⁹

5. Obturación de los conductos radiculares

De acuerdo a la asociación americana de endodoncia (AAE), una obturación adecuada se define y se caracteriza por el llenado tridimensional de todo el conducto radicular, lo más cercano posible de la unión cemento-dentinaria.³⁵

Según Weine, la obturación es la tercera etapa del tratamiento endodóncico después del diagnóstico y la preparación de los conductos.³⁶

La obturación hermética con un material biocompatible, es imprescindible para evitar que la microfiltración invada los espacios vacíos. Conseguir esto no es fácil por la gran complejidad del sistema de conductos: presencia de curvaturas, ramificaciones y deltas apicales.¹²

El propósito de la obturación endodóncica es prevenir la reinfección de los conductos radiculares que han sido limpiados, conformados y desinfectados mediante los procedimientos de instrumentación, irrigación y medicación.³⁷

Una obturación exitosa requiere del uso de materiales y técnicas capaces de rellenar de forma adecuada y homogénea el sistema de conductos radiculares para prevenir la reinfección. Esto también implica una adecuada restauración coronaria para prevenir la microfiltración bacteriana desde la cavidad oral. Se ha informado que un tratamiento endodóncico es dependiente de ambas: la calidad de la obturación y la restauración final.

³⁷

Objetivos de la obturación

Su objetivo es crear un sellado hermético a lo largo del sistema de conductos radiculares, desde la apertura coronaria hasta su terminación apical que impida el paso de fluidos o bacterias. La importancia de establecer y mantener un sellado coronario es quizás igual o más importante que el de la zona apical para un éxito a largo plazo.^{12, 23.}

Un conducto no obturado constituye un medio de cultivo ideal para el desarrollo bacteriano; en este espacio se conjugan diversos elementos: humedad, temperatura (37°C) persistencia de gérmenes a pesar de una meticulosa limpieza y por último, la ausencia de elementos celulares defensivos. La obturación hermética del sistema de conductos conducirá a la desaparición de los gérmenes o bien propulsarlos hacia zonas provistas de células de defensa que se encargarán de neutralizarlos.³⁶

Sin embargo, muchos estudios relacionados con la preparación y obturación, señalan que la mayoría de las obturaciones no llenan completamente el sistema de conductos radiculares, por lo tanto existe una permeabilidad de la interfase entre la dentina y la obturación, este se puede comprobar utilizando colorantes, radioisótopos, métodos electroquímicos, fluorométricos y microscopía de barrido electrónico. Es por esto que, la investigación endodóncica continúa buscando una mejor forma de sellado usando nuevos materiales y técnicas.³⁸

Cohen en 1999, menciona que los objetivos de la obturación del espacio del conducto radicular preparado pueden resumirse en:²

- Eliminar todas las filtraciones provenientes de la cavidad oral o de los tejidos perirradiculares.
- Sellar dentro del sistema todos los agentes irritantes que no puedan eliminarse por completo durante el procedimiento de limpieza y conformación del conducto.

Posterior a estos objetivos, Kuttler menciona los postulados de la obturación radicular:³⁹

1. Llenar completamente el conducto.
2. Llegar exactamente a la unión cemento-dentina-conducto (CDC).
3. Lograr un cierre hermético en la unión cemento-dentinaria.
4. Contener un material que estimule los cementoblastos a obliterar biológicamente la porción cementaria con neocemento.

Características de la obturación

Las características ideales de la obturación del sistema de conductos radiculares son las siguientes:^{2, 35.}

- Debe ser realizada de forma tridimensional para prevenir la percolación y microfiltración hacia los tejidos periapicales del contenido del sistema de conducto radicular y también en sentido contrario.

- Utilizar la mínima cantidad de cemento sellador, el cual debe ser biológicamente compatible al igual que el material de relleno sólido, químicamente entre sí para establecer una unión de los mismos y así un selle adecuado.
- Radiográficamente, el relleno debe extenderse lo más cerca posible de la unión cemento dentina y observarse denso, debe reflejar una conformación que se aproxime a la morfología radicular. Así mismo, debe mostrar una preparación continua en forma de embudo y estrecha en el ápice, sin excesiva eliminación de estructura dentinaria en cualquier nivel del sistema del conducto, porque el material obturador no fortalece la raíz ni compensa la pérdida de dentina.

Es por esto la importancia de los diversos sistemas de obturación que existen y cumplan estas características para el éxito del tratamiento.

Postulados para la obturación

Existen algunos requisitos para poder obturar un conducto radicular que contempla 5 postulados los cuales describiremos a continuación.²

- **Conducto biomecánicamente preparado.**

El conducto radicular se obtura sólo después de que el conducto haya sido adecuadamente ampliado, conformado, limpiado y desinfectado; debe ser conformado para producir un cono continuo teniendo su diámetro menor en el foramen apical para promover un sellado idóneo con las técnicas de obturación.

La anchura final del conducto deber ser tan grande como para asegurar la limpieza y desinfección y tan pequeña como para preservar suficiente estructura radicular para tolerar las fuerzas masticatorias; la ampliación del conducto está limitado por la anatomía radicular (volumen y presencia de curvaturas) y la flexibilidad de los instrumentos endodóncicos.

- **Ausencia de exudado persistente.**

El conducto radicular debe estar seco al momento de la obturación. Si es notable el exudado en el conducto radicular después de retirar la curación temporal, la obturación debe ser pospuesta. Un exudado discreto no representa un problema si es posible secarlo con algunas puntas de papel después de irrigar con hipoclorito de sodio.

El exudado se considera importante si después de tres o cuatro puntas de papel, éstas se impregnan con líquido más allá de la mitad de la punta. La presencia de exudado persistente significa que los procedimientos para desinfectar el conducto no han sido eficaces o se han contaminado iatrogénicamente los tejidos periapicales.

La presencia de humedad en el conducto puede modificar las propiedades físico-químicas del material de obturación y crear una capa en la pared del conducto, todo lo cual causará deficiencias en el sellado final.

- **Diente asintomático.**

Ningún síntoma debería estar presente al momento de la obturación; de manera similar al exudado persistente, los síntomas persistentes o emergentes son una indicación de que el tratamiento no ha sido eficaz para el control de la infección.

La sobreinstrumentación puede jugar un papel importante en este aspecto y por lo tanto la obturación debe ser pospuesta y el caso tratado de la misma manera que el exudado persistente.

- **Obturación provisional intacta.**

Si el paciente acude a la cita para la obturación del conducto radicular sin la curación temporal o si ésta se encuentra parcialmente desalojada o fracturada, es obvio que la saliva y sus componentes bacterianos han entrado y lo han infectado. Se deberá posponer la cita de obturación asegurándose de que la curación temporal permanezca intacta.

- **Ausencia de olor desagradable - hedor.** (de acuerdo con Grossman, es una prueba con poca validez).

El conducto radicular no debe ser obturado si un hedor emana del conducto radicular puesto que es una clara evidencia de una infección bacteriana anaeróbica activa. Los productos bacterianos responsable del hedor incluyen ácidos grasos de cadenas cortas, poliaminas, amoniaco y compuestos sulfurosos.

5.1. Materiales de obturación

Existen muchos materiales de obturación en el mercado y se clasifican en: sólidos y plásticos. A pesar de que ésta clasificación es muy objetiva, es necesario que en los procedimientos endodóncicos se obtenga un binomio ideal entre el material sólido y el plástico como asociación imprescindible en la obturación del sistema de conductos radiculares.¹⁵

Clasificación de los materiales de obturación⁴⁰

Materiales en estado sólido	Materiales en estado plástico
Conos: <ul style="list-style-type: none"> • Puntas de plata • Gutapercha (algunos autores la denominan semisólida) • Resilon 	Pastas: <ul style="list-style-type: none"> • Antiséptica <ul style="list-style-type: none"> - Rápidamente reabsorbibles - Lentamente reabsorbibles • Alcalinas Selladores: <ul style="list-style-type: none"> • A base de óxido de zinc y eugenol • A base de resina • A base de hidróxido de calcio • A base de ionómero de vidrio

El método de obturación más aceptado actualmente emplea un núcleo sólido o semisólido, como lo es la gutapercha y un cemento sellador del conducto radicular.⁴¹

Grossman en 1959, estableció requisitos ideales que debía cumplir un material de obturación, los cuales se aplican igualmente a metales, plásticos y cementos: ⁴²

- Debe introducirse con facilidad al conducto radicular.
- Debe sellar el conducto en dirección lateral así como apical.
- No debe encogerse después de insertado.
- Debe ser impermeable.
- Debe ser bacteriostático, o al menos no favorecer a la reproducción de bacterias.
- Debe ser radiopaco.
- No debe manchar la estructura dentaria.
- No debe irritar los tejidos periapicales.
- Debe ser estéril, o poder ser esterilizado con rapidez y facilidad antes de la inserción en el conducto.
- Debe retirarse con facilidad si fuera necesario.

Puntas de plata

Las puntas de plata fabricadas en tamaños estandarizados se introdujeron en 1930, como un método para llenar conductos tortuosos finos, ya que con los instrumentos y técnicas de preparación disponibles para esa época, era difícil agrandar adecuadamente estos conductos para que aceptaran la gutapercha. ⁴

Las puntas de plata ofrecían ventajas como: ⁴

1. Su rigidez, que facilitaban y aceleraban la terminación del proceso de llenado, ya que la presión apical en las puntas las forzaba a través de los conductos estrechos hasta el extremo final de la preparación.
2. Densidad radiográfica, que mostraba de manera invariable un llenado radiopaco denso que parecía obturar la totalidad del conducto.

Siguiendo este orden de ideas, se puede decir que Dunmer refiere, que desafortunadamente este método fracasó debido a que las puntas de plata se podían forzar por los conductos, los clínicos no invertían mucho tiempo en el aseo y configuración de los mismos y como resultado dejaban desechos pulpares y microorganismos. Este abuso de las puntas de plata condujo a fracasos frecuentes, ya que con el tiempo se filtraban microorganismos y toxinas hacia los tejidos perirradiculares.⁴

En la actualidad no se recomienda utilizar puntas de plata, ya que tienen otras desventajas inherentes como:⁴

1. Por su configuración redonda, no se adaptan completamente a los conductos.
2. El sellado depende de volúmenes de cemento relativamente grandes para adherir la punta en su sitio, por lo que pueden quedar espacios en la obturación.
3. Hay mayor microfiltración, debido a que los líquidos tisulares pueden escaparse por los espacios de la obturación y disolver el sellador.
4. No se pueden usar puntas de plata de longitud completa, en dientes donde se planea hacer restauraciones retenidas con perno radicular, ya que la porción coronal de la punta ocupa el espacio necesario para el poste.
5. Tienen propensión a corroerse cuando se exponen a líquidos tisulares, permitiendo que estos productos escapen hacia los tejidos perirradiculares y produzcan lesiones.

Aunque las puntas de plata pueden llenar algunos de los conductos y dar resultados satisfactorios en esos casos, es menos frecuente y predecible que obturen por completo la totalidad del sistema de conducto, que las técnicas en que se utiliza gutapercha.⁴

Seltzer y colaboradores demostraron en forma contundente que las puntas de plata han fracasado, siempre están pigmentadas y corroídas cuando se retiran de un conducto. La corrosión puede observarse microscópicamente en casos previamente juzgados exitosos utilizando criterios clínicos y radiográficos.⁴³

Gutapercha

En los últimos dos siglos, la gutapercha ha sido el material semisólido más utilizado en la práctica dental. Es el exudado purificado de un árbol sapotáceo originario de las islas del Archipiélago Malayo y se ha utilizado en odontología desde el siglo XIX.²

Históricamente, la gutapercha ha demostrado ser el material de elección para el mejor llenado del conducto radicular, desde la corona hasta la porción apical.¹⁵

La gutapercha es un transpoliisopreno que puede presentarse en tres formas distintas: dos formas esteáricas cristalinas (α y β) y una forma amorfa o fundida. Las tres forman parte de la obturación de conductos radiculares; las puntas convencionales de gutapercha están fabricadas de fase β , que se transforma en fase α cuando se calienta a 42-49°C. Si aumenta por encima de este valor, se pierde la forma cristalina y se convierte en amorfa.⁴⁴

Las transformaciones de fase que sufre la gutapercha están asociadas con cambios volumétricos, con una relevancia obvia en la obturación de los conductos radiculares, a una temperatura muy alta se contrae más al enfriarse.⁴⁴

Ventajas

Los conos de gutapercha presentan las siguientes ventajas:²

1. Pueden ser compactados y se adaptan a las irregularidades del conducto
2. Pueden ser reblandecidos y convertidos en un material plástico mediante el calor o solventes comunes (eucaliptol, cloroformo, xylol).
3. Son inertes.
4. Poseen estabilidad dimensional (excepto cuando se ha convertido en material plástico).
5. Son biocompatibles (no alergénicos)
6. No alteran la coloración de los dientes.
7. Son radiopacos.
8. Pueden ser retirados fácilmente del interior del conducto si fuese necesario.

Desventajas

Los conos de gutapercha presentan las siguientes desventajas: ²

1. Carecen de rigidez.
2. Carecen de adherencia.
3. Pueden ser desplazados fácilmente mediante presión cuando no hay control en la longitud de la obturación, por lo que es necesario un tope apical efectivo.

Se han buscado diversas alternativas para reemplazar a la gutapercha pero ningún otro material ha mostrado estar en condiciones de sustituirla y permanece como modelo de calidad para la obturación. ¹⁵

La gutapercha no puede usarse como único material de obturación ya que carece de las propiedades adherentes necesarias para sellar el espacio del conducto radicular. Por lo tanto, siempre se necesita un cemento para el sellado final. ¹⁵

Composición de los conos de gutapercha

Los conos de gutapercha usados como material de relleno de los conductos radiculares están compuestos por: ⁴⁵

Gutapercha	20%
Óxido de zinc	65%
Sulfatos de metales pesados como bario	10%
Plastificadores (ceras y resinas)	5%

Los conos de gutapercha convencionales se comercializan en tamaño estandarizado y no estandarizado; la nomenclatura convencional se refiere a las dimensiones de la punta y del cuerpo y están diseñados para corresponder con la conicidad de los instrumentos de acero inoxidable y de níquel-titanio (NiTi). Un tamaño 40/04 tiene una punta de 0.4 mm y una conicidad de 0.04 mm/mm. Lamentablemente, no existe uniformidad en la fabricación y el tamaño real de los conos es variable. ⁴⁶

Aunque las puntas no pueden esterilizarse con calor, un estudio reciente encontró que las puntas de gutapercha deberían ser desinfectadas antes su uso mediante la colocación de los conos en hipoclorito de sodio al 5.25% durante 1-5 min.⁴⁷

La obturación con gutapercha requiere algún tipo de presión de compactación, pero la compresión real es prácticamente imposible. La presión aplicada durante la obturación del conducto radicular no comprime la gutapercha, sino que compacta los conos para tener una obturación más completa y tridimensional del sistema de conductos radiculares. Después de calentarla, mientras se enfría, se produce una pequeña retracción de aproximadamente un 1-2% cuando ésta se solidifica. La prevención de la retracción es prácticamente imposible en la compactación vertical caliente.⁴⁸

Resilon

El Resilon (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT), es un material de relleno de conductos radiculares termoplástico compuesto de polímeros que se creó en un intento de conseguir una unión adhesiva entre el material sólido del núcleo y el sellador. Se diseñó para emplearlo con Epiphany (Pentron Clinical Technologies), un material nuevo sellador de resina con capacidad de unión a la dentina. El Resilon se suministra en los mismos tamaños y formas ISO que la gutapercha. Según el fabricante, se puede emplear con cualquier técnica de obturación. Los conos tienen una flexibilidad similar a la de la gutapercha. Compuesto de polímeros de poliéster, el Resilon contiene cristal bioactivo y rellenos radiopacos (clorato de bismuto y sulfato de bario) con un contenido de selladores aproximado del 65%.⁴⁹

Se puede reblandecer con calor y disolver con solventes como el cloroformo; esta característica facilita las técnicas actuales de retratamiento en los casos fallidos. Como se trata de una resina, es compatible con los procedimientos de restauración recientes, en los que se emplean postes y muñones con agentes de unión de resina.⁴⁹

La principal característica de estos materiales, según sus creadores, es que el sellador de resina se uniría a las paredes del conducto y al material de llenado, formando así una obturación en bloque (monobloque), que en principio reduciría la filtración marginal y proporcionaría mayor resistencia del diente.⁵⁰

Además, las características de manipulación son muy similares a las de la gutapercha salvo la temperatura de plastificación, ya que ésta es más baja que la utilizada en las técnicas termoplásticas, pues su uso es relativamente simple.⁵¹

5.2. Cemento sellador

La gutapercha sigue siendo uno de los materiales más usados, pero debido a su falta de fluidez y adhesión a las irregularidades del conducto, debe estar siempre combinada con un cemento sellador, el cual actúa como interfase entre la masa de gutapercha y la estructura dentaria, además, contribuye a la desinfección del conducto gracias a su efecto antimicrobiano, es fundamental señalar su efecto lubricante, lo que facilita la técnica de obturación.⁴³

Los selladores suelen ser una mezcla que se endurece a través de una reacción química; tal reacción incluye la liberación de materiales tóxicos, lo que convierte al sellador en menos biocompatible.²

Grossman en 1976, enumeró los requisitos y características para un buen cemento endodóncico de conductos radiculares:²

- Debe ser pegajoso cuando se mezcla para proporcionar buena adhesión entre la gutapercha y la pared del conducto, formando un sello hermético que no permita la filtración.
- Ser radiopaco.
- Las partículas de polvo deben ser muy finas para que puedan mezclarse fácilmente con el líquido.

- No debe presentar contracción volumétrica al fraguar.
- No debe pigmentar la estructura dentaria.
- Debe ser bacteriostático, o al menos no favorecer la reproducción de bacterias.
- Debe fraguar lentamente.
- Debe ser insoluble en líquidos bucales.
- Ser bien tolerado por tejidos periapicales.
- Ser soluble en un solvente común por si fuera necesario retirarlo del conducto.
- No provocar una reacción inmunológica en tejidos periapicales.
- No ser mutagénico ni carcinogénico.

Función del cemento sellador endodóncico: ²

- Funciona como agente de unión entre los conos de gutapercha, gutapercha y dentina.
- Sirve de relleno de espacios vacíos.
- Funciona como lubricante para facilitar la entrada de conos de gutapercha.
- Después de su colocación, debe ser capaz de fluir y llenar conductos accesorios y forámenes múltiples.

Tipos de cementos selladores

A base de óxido de zinc-eugenol

El polvo contiene óxido de zinc adicionado de pequeñas cantidades de resina blanca que reducen la fragilidad del cemento y acetato de zinc como reactor, promotor de mayor resistencia y acelerador de la reacción de endurecimiento. ¹¹

El vehículo de la mezcla para estos materiales es el eugenol, extraído de aceite de clavos, el cual le proporciona efecto antimicrobiano. Por ser un compuesto fenólico, ejerce una importante acción sobre bacterias, hongos y formas vegetativas. ⁵²

La unión del eugenol con el óxido de zinc por cristalización forman el Eugenolato de zinc, en presencia de una mínima cantidad de agua, la cual se formará como subproducto, la consistencia es suave y cremosa; una vez cristalizado el cemento tiene un pH de 6- 8 y un tiempo de fraguado de 4 a 5 minutos.⁵²

Rickert en 1925, señaló la necesidad de utilizar un sellador a base de óxido de zinc, esta fórmula fue llamada comercialmente Cemento de Kerr® (Kerr Manufacturing Company, Romulus, Mich. EEUU) y cumplía cabalmente con los requisitos establecidos por Grossman, a no ser porque pigmentaba el tejido dentario por la plata agregada para obtener radiopacidad.⁵³

Posteriormente Grossman recomendó el uso de un cemento a base de óxido de zinc eugenol que no producía manchas en la estructura dentaria, como sustituto de la fórmula de Rickert. Se conoce comercialmente como Sellador No Manchador ProcoSol® (Proco-Sol Chemical Company, Inc., Philadelphia, Pa. EEUU), Rooth 801® (Roth Drug Co., Chicago, IL. EEUU), Fill Canal® (Dermo, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) o Endoseal®18 (Centric, Inc. EEUU). La popularidad de este cemento resulta de su excelente plasticidad, consistencia, eficacia selladora y alteraciones volumétricas pequeñas luego de fraguar.⁵²

Muchos selladores tiene un efecto antimicrobiano bajo, pero prolongado. En un estudio, un sellador de óxido de zinc y eugenol tuvo una zona media de inhibición estadística significativamente mayor que tres selladores de hidróxido de calcio.⁵⁴

El fraguado de los cementos de óxido de zinc eugenol comprende la formación de una matriz de eugenolato de zinc durante su endurecimiento; el eugenolato de zinc tiene la desventaja de disolverse en los tejidos, liberando eugenol y óxido de zinc; el eugenol libre siempre permanece en el sellador y actúa como un irritante.⁵⁵

A base de Hidróxido de Calcio

Las pastas de Hidróxido de Calcio se han utilizado como medicamento intraconducto en el manejo de exudados, para tratar resorciones radiculares internas y externas, como agente bactericida y en perforaciones de la raíz entre otras indicaciones. Manhart en 1974, propone el uso de un agente para pulpotomías a base de Hidróxido de Calcio como un sellador de conductos radiculares permanente.⁵⁶

Desde entonces, se han comercializado varios selladores basados en Hidróxido de Calcio. Ejemplos de ellos son Sealapex® (Kerr/Sybron, Romulus, MI EEUU), Calciobiotic o CRCS® (Hygienic, Akron, OH. EEUU), Apexit® (Vivadent/Ivoclar, Schaan, Liechtenstein) y Sealer 26® (Dentsply Industria e Comércio Ltda., Petrópolis, RJ, Brazil).⁵⁷

Estos selladores se caracterizan por ejercer un efecto terapéutico debido a su contenido de Hidróxido de Calcio. Sin embargo, para que el Hidróxido de Calcio sea eficaz, debe disociarse en ion calcio e ion hidróxido; esto genera la preocupación de que se disuelva el contenido sólido del sellador y deje espacios en la obturación, debilitando por tanto, el sellado del conducto radicular.⁵⁷

No existen pruebas objetivas de que un sellador de Hidróxido de Calcio proporcione ventajas para las obturaciones de los conductos radiculares, ni que tenga los efectos biológicos deseables de la pasta de Hidróxido de Calcio. En un estudio sobre la difusión de iones hidroxilo en la dentina adyacente después del relleno radicular con Sealapex y Apexit, no se encontraron restos del material en los dientes rellenos con Apexit. Se detectaron algunos iones hidroxilo en la dentina, cerca del relleno radicular con Sealapex. El Sealapex liberó más iones, pero se desintegró durante el proceso. Los estudios in vivo sobre el Sealapex y el CRCS (Coltene Whaledent, Altstätten, Suiza) han comprobado que ambos productos se desintegran con facilidad en los tejidos y causan inflamación crónica.

A base de Resina

Han sido introducidos en la práctica por sus características favorables, como la adhesión a la estructura dentaria, largo tiempo de trabajo, facilidad de manipulación y buen sellado. Se caracterizan por su alta toxicidad inicial que genera una respuesta inmunológica que desaparece rápidamente.⁵⁹

Debido a que su trama de resina es radiolúcida, se les incorporó sales metálicas para hacerlos radiopacos. Su extrusión al periápice determina una larga permanencia en éste, ya que al organismo se le dificulta la reabsorción o le es prácticamente imposible.⁵⁹

Consiste en un polvo y líquido que permite escoger la viscosidad del material. A medida que este sellador fragua (24 - 48 horas), se liberan residuos de formaldehído, muy inferior a la liberación a largo plazo de los selladores convencionales que contienen este componente pero con los mismos efectos citotóxicos.⁶⁰

A base de Ionómero de Vidrio

Los cementos de Ionómero de Vidrio fueron desarrollados a mediados de los años sesenta; ya para los setenta sufrieron cambios en su formulación original, luego de que Wilson y Kent los introdujeran en el campo odontológico.⁶¹

Los componentes de este material están conformados por: un polvo que contiene calcio, sodio, alúmina, flúor, fósforo y silicatos; una solución acuosa de ácido poliacrílico y ácido tartárico. Tiene la propiedad de la adhesión química a la estructura del esmalte y la dentina aún bajo condiciones de humedad relativa.⁶¹

El Ionómero de Vidrio es un cemento de una reacción ácido-base, siendo el ácido un homopolímero o copolímero de ácidos alquenoicos y el componente básico un Aluminio silicato de vidrio que contiene flúor.⁶²

Fue en 1991, que el Ionómero de Vidrio fue introducido por primera vez como un cemento sellador endodónico por la compañía ESPE llamado Ketac-Endo® (ESPE/Seefeld,

Alemania). Inicialmente, se sugirió que el cemento se utilice con un cono único sin la condensación lateral convencional con la idea de disminuir la posibilidad de crear fracturas radiculares.⁵²

Entre las ventajas de este material se mencionan la adhesión a la dentina, por lo que se adapta a las paredes del conducto, radiopacidad similar al del cemento de Grossman, contracción mínima, excelente estabilidad dimensional, buen sellado y escasa irritación tisular. Sin embargo, su principal desventaja es la dificultad de ser retirado del conducto radicular en caso de ser necesario un retratamiento, ya que hasta ahora no se conoce solvente alguno para los Ionómeros de Vidrio.⁴³

En cuanto a la tasa de éxito, Trope, Loest y Friedman, hacen una evaluación de 254 dientes obturados con el uso del Ketac Endo; luego de seis meses, reportaron un 81.1% (206) de los casos como exitosos, un 14.9 % (38) se le consideró incompleto o en evolución y sólo el 3.9 % (10) fracasaron.⁶¹

6. Técnicas de obturación de los conductos radiculares

Las técnicas que actualmente usamos para realizar la obturación del sistema de conductos radiculares varían según la dirección de compactación de la gutapercha; lateral o vertical y la temperatura que debe aplicarse, fría o caliente “plastificada”.⁶³

Son diversas las técnicas de obturación entre las cuales destacan las siguientes :⁶³

- Condensación lateral.
- Condensación vertical.
- Gutapercha termoplastificada inyectable.
- Compactación termomecánica.

Condensación lateral

La condensación lateral, es actualmente la técnica más aceptada universalmente para obturar el espacio del conducto radicular. Se puede usar en la mayoría de las situaciones clínicas ya que proporciona un control de la longitud durante la compactación. Funciona como estándar para comparar otras técnicas.^{64, 43}

Ésta técnica no produce un relleno radicular homogéneo, sino un número de conos estrechamente presionados entre sí, retenidos con un cemento sellador de conductos radiculares; se considerada prolongada y puede causar fractura de raíz vertical, irregularidades en la conicidad y la morfología, fomenta la creación de espacios o la acumulación de cemento, la microfiltración entre los conos individuales de gutapercha y las paredes del conducto radicular, los cuales contribuyen al fracaso del tratamiento de conductos.^{65, 66.}

Se ha recomendado el uso de calor o solventes como un medio para mejorar la adaptación de la gutapercha sin necesidad de fuerzas excesivas, ya que la condensación lateral caliente produce una obturación radicular con menos filtración que la condensación lateral fría.⁶⁶

Técnica de condensación lateral:²

1. Después de la preparación del conducto se selecciona un cono estandarizado que tenga un diámetro acorde a la lima más grande usada en el conducto hasta la longitud de trabajo. Una alternativa consiste en adaptar un cono convencional de conicidad apropiada cortando progresivamente pequeñas porciones de la punta.
2. Este cono maestro se mide y se sujeta con unas pinzas de forma que la distancia desde la punta del cono hasta las pinzas sea igual a la longitud preparada. Se puede marcar un punto de referencia en el conducto pinzándolo; el cono se coloca en el conducto y si se selecciona un tamaño apropiado, se notará resistencia al desplazamiento o retroceso.

3. La colocación del cono maestro se confirma mediante una radiografía periapical.
4. El conducto se irriga y posteriormente se coloca una punta de papel para absorber la humedad que pueda estar acumulada. Las puntas de papel más grandes deben usarse primero seguida por las puntas de papel de menor tamaño hasta alcanzar la longitud total.
5. El cemento sellador se aplica a las paredes del conducto.
6. El espaciador se preajusta para poder insertarse a 1-2 mm de la longitud de trabajo. También se seleccionan puntas accesorias apropiadas. Los espaciadores digitales proporcionan mejor sensibilidad táctil y es menos probable que induzcan fracturas en la raíz, en comparación con el espaciador manual D-11T. El tamaño del espaciador puede ser un factor predisponente para la fractura radicular, a mayor tamaño mayor estrés. Se dispone de espaciadores fabricados de NiTi, que ofrecen mayor flexibilidad, reducen el estrés y permiten penetrar más profundamente, en comparación con los instrumentos de acero inoxidable.
7. El espaciador debe encajar a 1-2 mm de la longitud preparada y cuando se introduce en el conducto con el cono maestro en posición debe quedar a menos de 2 mm de la longitud de trabajo. Parece existir una relación entre el cemento sellado y la penetración del espaciador.
8. Una vez introducido el espaciador se extrae rotándolo en uno y otro sentido mientras se retira.
9. Se coloca un cono accesorio en el espacio dejado vacío por el instrumento.
10. El proceso se repite hasta que el espaciador ya no pasa del tercio coronal del conducto.
11. El exceso de gutapercha se elimina con calor y la masa coronal se compacta con un condensador. Sólo se necesita presión ligera debido a que la gutapercha no es compresible además de que una presión de tan sólo 1.5 kg es capaz de fracturar la raíz.

Condensación lateral modificada con ultrasonido

Ultrasonido

El ultrasonido se define como un sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales así como en el campo de la medicina.⁶⁸

El empleo de dispositivos ultrasónicos en la especialidad de Endodoncia surge en el año 1957, cuando Richman desarrolla un dispositivo ultrasónico para la preparación de conductos radiculares, siendo el primero en utilizarlo en el ámbito odontológico.⁶⁹

Martin y cols. en 1976, desarrollaron un dispositivo ultrasónico que comercializaron con el nombre de *Caviendo* (Dentsply®), el cual consistía en un dispositivo magneto-estrictivo, que generaba una potencia de 25-30 KHz. y que incluía un receptáculo integrado donde se colocaba la solución irrigante. También introdujeron el término *Endosónico*, el cual definen como la síntesis de acciones ultrasónicas, biológicas, químicas y físicas, que actúan por separado pero que interactúan entre sí de forma sinérgica.⁷⁰

Propiedades Físicas, Mecánicas y Biológicas del Ultrasonido en el Conducto Radicular

Las propiedades del ultrasonido que presentan interés en el campo de la endodoncia son:
71, 72.

- La producción de movimiento oscilatorio del instrumento.
- La cavitación.
- La microcorriente acústica.
- La generación de calor.

La combinación de estas propiedades con la irrigación, genera un efecto sinérgico que potencia la acción biológica del irrigante dentro del conducto radicular.

Movimiento oscilatorio

El dispositivo del ultrasonido genera energía acústica, que al ser transmitida al instrumento va a causar que vibre con un movimiento oscilatorio característico que va a depender de la frecuencia de la vibración. Generalmente esta frecuencia va a oscilar en un rango de 20 a 50 KHz. en los dispositivos ultrasónicos y de 2 a 6 KHz. en los dispositivos sónicos.⁴³

Cavitación

La cavitación consiste en la formación de vacíos submicroscópicos, como resultado de vibrar un medio fluido por el movimiento alternante de alta frecuencia de la punta de un instrumento. Cuando estos vacíos hacen implosión, se crean ondas de choque que se propagan a través del medio y producen liberación de energía en forma de calor.³⁵

Microcorriente acústica

La microcorriente acústica es la circulación de un fluido, inducida por las fuerzas creadas por la vibración hidrodinámica, alrededor de un pequeño objeto vibratorio, como una lima endodóncica activada por ultrasonido. Cuando un objeto oscilante con una baja amplitud de desplazamiento es sumergido en un líquido, se forman patrones de oscilación del fluido alrededor del objeto. Estas oscilaciones van a formar corrientes en remolino, que crean un gradiente de velocidad produciendo tensiones vibratorias, de manera tal, que cualquier material biológico que entre en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posiblemente sea dañado.⁷²

Generación de calor

La generación de calor y el consiguiente aumento de la temperatura resulta como producto de la energía liberada durante el efecto de cavitación, debido a la implosión de las microburbujas de gas o también puede producirse por la fricción generada por el contacto de la lima oscilatoria con las paredes del conducto radicular.^{70, 72}

Cunningham y Balekjian en 1980, observaron que el aumento de la temperatura potencializa la acción de las soluciones irrigadoras; el hipoclorito de sodio de una concentración de 2.6%, incrementaba su capacidad de disolver tejidos orgánicos, igualando la capacidad de soluciones de concentración de 5.0%.⁷³

Usos del ultrasonido en Endodoncia

Desde el año 1976, cuando Martin describió el mecanismo de desinfección del conducto radicular por medio de la aplicación de un instrumento activado por ultrasonido, la utilización del mismo ha sido adaptada en los distintos procedimientos que involucra la terapéutica de los conductos radiculares:^{2, 39, 70.}

- Retiro de restauraciones definitivas.
- Retiro de pernos intraconductos.
- Retiro de instrumentos fracturados.
- Eliminación de calcificaciones radiculares.
- Preparación biomecánica del conducto radicular.
- Irrigación y desinfección ultrasónica.
- Obturación del sistema de conductos.

Obturación del SCR mediante ultrasonido

Los dispositivos de ultrasonido pueden ser utilizados en el procedimiento de obturación del sistema de conductos radiculares; Moreno reportó en el año 1976, una técnica en la que utilizaba el ultrasonido para reblandecer la gutapercha durante la obturación, llamando a dicha técnica compactación termomecánica. La técnica sugerida por las casas fabricantes es una modificación de la técnica de condensación lateral, la cual aprovecha el calor generado por la punta ultrasónica para este mismo fin.^{2, 39}

La energía de un inserto ultrasónico podría convertirse en calor y ayudar a suavizar la gutapercha cuando se usa condensación lateral. Se han confirmado las diferencias significativas en la penetración del colorante apical entre los dientes obturados con y sin el sistema ultrasónico.⁷⁴

Para una completa obliteración del espacio del conducto radicular y obtener resultados óptimos, se emplean puntas ultrasónicas las cuales vibran linealmente y producen calor, termoplastificando así la gutapercha formando una masa más homogénea con disminución en número y tamaño de espacios vacíos; por lo tanto producen una obturación tridimensional más completa del sistema de conductos radiculares.⁶⁹

La condensación lateral con ultrasonido se domina rápidamente y tiene varias ventajas sobre otras técnicas de condensación lateral caliente; por ejemplo, el calor que se genera durante la activación ultrasónica desaparece muy pronto una vez que la activación ultrasónica se detiene, lo que disminuye el riesgo de dañar el ligamento periodontal.⁷⁵

Tiene control sobre la longitud de la obturación radicular, igual a la condensación lateral en frío, pero con una capacidad superior debido a la termoplastificación de la gutapercha, la cual permite replicar la forma tridimensional del conducto radicular.⁷⁶

El tamaño de la punta de ultrasonido se puede elegir dependiendo del diámetro del conducto, así como también se puede precurvar para que coincida con la curvatura del conducto radicular. Además, la gutapercha no se adhiere a la punta ultrasónica cuando se activa.⁷⁴

La baja temperatura producida por el ultrasonido en el menor nivel de potencia da como resultado menos cambios volumétricos de la gutapercha al enfriarse.⁷⁷

Se han descrito varios protocolos de obturación para la condensación lateral con ultrasonido:⁷⁶

1. Ablandamiento ultrasónico del cono maestro seguido de condensación lateral fría.
2. Una o dos veces de activación ultrasónica después de completar la condensación lateral fría.
3. Activación ultrasónica después de la colocación de cada segundo cono accesorio.
4. Activación ultrasónica posterior a la colocación de cada cono accesorio.

La técnica de obturación con ultrasonido recomendada consiste en:⁷⁵

1. Colocación inicial de un cono de gutapercha a la longitud de trabajo seguida de condensación lateral en frío de dos o tres conos accesorios mediante un espaciador digital.
2. La punta ultrasónica se coloca, entonces, en el centro de la masa de gutapercha con un tope a 1 mm antes de la longitud de trabajo y se activa a potencia intermedia para evitar el sobrecalentamiento de la superficie radicular y la fractura del espaciador ultrasónico.
3. Después de la activación, se retira la punta ultrasónica y se coloca un cono accesorio adicional, seguido de energización con el ultrasonido activado. Este proceso se repite hasta que el conducto se llena.
4. Durante cada paso, el espaciador ultrasónico debe colocarse ligeramente más coronalmente.

La punta de ultrasonido debe estar en la masa de gutapercha durante máximo 10 segundos para lograr la termoplastificación. Dejarlo en el conducto durante más de 10 segundos puede producir un aumento de la temperatura de la superficie externa de la raíz causando necrosis del ligamento periodontal.

En un estudio se comprobó que con esta técnica se conseguía una obturación adecuada, con una tasa de éxito clínico del 93%.⁷⁸

En otro estudio se comprobó que la cantidad de gutapercha en peso aumentaba un 33% con dos aplicaciones de ultrasonidos, en comparación con la compactación lateral convencional.⁷⁵

7. Microfiltración apical

La causa primordial de fracaso en los tratamientos de conductos, se debe a una contaminación bacteriana o de productos bacterianos del conducto radicular que pueden iniciar o reactivar el proceso inflamatorio.⁷⁹

La obturación endodóncica limita el intercambio de fluidos entre el conducto y el área perirradicular, esta limitación determina en gran parte el éxito del tratamiento, por lo tanto el sellado apical se explica en función de la microfiltración, si el material de obturación se vuelve soluble en el área apical, este sellado se perderá y por consiguiente no se logrará cumplir los objetivos establecidos.⁶⁴

El proceso de microfiltración consiste en el paso de fluidos, bacterias y sustancias a través del relleno radicular, lo cual es debido a una adaptación deficiente de los materiales, a la solubilidad del cemento sellador o a la contracción del relleno radicular durante la reacción de fraguado. Sellando la interfase entre paredes del conducto radicular y el relleno endodóncico se evitará la microfiltración apical, promoviendo la cicatrización periapical.⁸⁰

Métodos de evaluación de microfiltración apical

Numerosas técnicas han sido empleadas para evaluar *in vitro* el paso de bacterias, sustancias químicas y fluidos entre la superficie radicular y el material de obturación, entre las cuales se encuentra:⁸¹

- Penetración por tinción.
- Penetración bacteriana.
- Estudios con radioisótopos.
- Método electroquímico y filtración de fluidos.

- Centrifugación radioisótopos y nitrato de plata.
- Aire a presión.
- Análisis de la activación de neutrones.
- Microscopio electrónico de barrido.
- Marcadores químicos.
- Termociclado y ciclado mecánico.

Algunos de estos procesos se encuentran en desuso, como los métodos con aire a presión y los estudios electroquímicos; otros por su sofisticación resultan costosos y algunos otros no son operativos, por ejemplo, los estudios con radioisótopos o los análisis de la activación de neutrones; además de algunas técnicas inespecíficas, como los estudios bacteriológicos.⁸¹

La técnica para evaluar la microfiltración apical *in vitro* a través de la penetración de tintes, ha sido el método más utilizado debido a su sensibilidad, facilidad de uso y conveniencia, ya que indica el espacio que queda entre la obturación y la pared del conducto, aunque su validez ha sido frecuentemente cuestionada por el posible efecto del atrapamiento de burbujas de aire dentro del conducto que pudieran impedir el ingreso de las soluciones colorantes.⁸²

Los estudios de microfiltración con tintes han sido utilizados desde 1957 por su facilidad de uso, pero al igual que los radioisótopos, presentan desventajas porque el tamaño de las partículas es más pequeño que el tamaño de las bacterias y no reflejan la interacción dinámica entre los conductos radiculares y los tejidos periapicales.⁸³

Camps y cols. en 1996, afirman que la técnica de tinción no es confiable al ser comparada con otros métodos como la filtración de fluidos, en la cual se evalúa la capacidad de un material para resistir la microfiltración cuando se somete a cambios de presión.⁸⁴

Entre los tintes utilizados para evaluar la microfiltración se encuentran: hematoxilina, azul de metileno y tinta china; se debe tener en cuenta algunos aspectos como el tamaño

molecular, el pH, la reactividad química, la tensión superficial y la afinidad con los tejidos dentarios. El tamaño molecular no debe ser muy pequeño, ya que los resultados de penetración serán mayores de lo que realmente penetran las bacterias. El pH no debe ser ácido porque puede producir un efecto desmineralizante que ayuda a la penetración del tinte. La tensión superficial es un punto controversial, puesto que de ser muy baja la penetración sería mayor y de ser muy alta tardaría varios días.⁸⁵

El azul de metileno es una sustancia ácida que tiene la capacidad de penetrar a lo largo del conducto radicular, tiene un pH de 4.7, su tamaño molecular es pequeño, es muy volátil y se evapora a las 72 horas.⁸⁶

Masters y cols. en 1995 postularon que la naturaleza porosa de la dentina deja espacios suficientes para que el aire pueda ser desplazado por el tinte, ya que en su estudio en conductos obturados solamente con gutapercha, al igual que Dickson y cols. no encontraron diferencias significativas en la penetración de tinte mediante la técnica de difusión pasiva y activa (al vacío).^{87, 88.}

Chong y cols. en 1995 reportan que tanto la microfiltración bacteriana como la penetración de tintes proveen resultados muy similares en los estudios probados. Por lo tanto, no existe un método universalmente aceptado para evaluar la microfiltración apical, incluyendo el de la penetración de colorantes por difusión pasiva.^{89, 90, 91.}

Se han realizado estudios de microfiltración con diferentes técnicas de obturación, con la finalidad de conocer la capacidad de sellado y el tiempo en el cual se puede producir una microfiltración. La técnica de condensación lateral ha sido ampliamente estudiada y es tomada como parámetro de referencia para la evaluación de otras técnicas de obturación. Sin embargo, existe controversia sobre qué técnica de obturación presenta menor microfiltración, teniendo en cuenta aspectos como: tiempo de evaluación, método para medir la microfiltración y el uso de un cemento sellador.⁹²

CAPITULO 2.

8. Planteamiento del problema

La obturación es la última etapa operatoria del tratamiento del sistema de conductos radiculares; la obtención de un sellado hermético, junto con la limpieza y conformación de los conductos tiene valor fundamental en el éxito a mediano y largo plazo, por lo que su objetivo final es la obturación completa del sistema de conductos para lograr la preservación del diente como una unidad funcional sana.

La importancia de una buena obturación, es impedir que los microorganismos y sus subproductos invadan el conducto radicular ya que son la principal causa de fracaso endodóncico. Otras de las causas es una obturación deficiente, con presencia de espacios y que no llegue a longitud de trabajo o por lo contrario, que haya una sobreobturación. Todos estos factores son los problemas que se pueden llegar a presentar al momento de obturar un conducto radicular e impiden el éxito del tratamiento.

Es por eso que surge la necesidad de revisar y comparar diferentes técnicas de obturación para ofrecer al clínico la mejor técnica con el menor índice de microfiltración, reduciendo el índice de fracasos endodóncicos.

El presente trabajo busca responder el siguiente cuestionamiento:

¿Existe diferencia en la microfiltración utilizando la técnica de condensación lateral convencional y la técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido en premolares unirradiculares extraídos?

9. Justificación

La microfiltración marginal crea un ambiente propicio para el establecimiento de un biofilm, capaz de desarrollar una lesión periapical persistente posterior al tratamiento endodóncico.

Existen muchas técnicas de obturación en endodoncia, dentro de las cuales la más utilizada es la técnica de condensación lateral convencional, ya que se puede usar en la mayoría de las situaciones debido a su efectividad y por todas las ventajas que presenta, una de ellas es que no se necesita instrumental adicional para llevarla a cabo, sin embargo, es importante señalar que uno de los principales inconvenientes de ésta técnica es que no permite llenar las irregularidades del conducto, por lo que pueden quedar espacios y por consecuencia existe mayor microfiltración.

Con el paso de los años ha avanzado la tecnología y se ha demostrado que ésta técnica se puede mejorar con el uso del ultrasonido, ya que gracias a éste, la gutapercha se reblandece y crea un sellado tridimensional y más hermético, reduciendo así la microfiltración y obteniendo un mayor éxito en el tratamiento.

Es necesario revisar y comparar las diferentes técnicas de obturación que existen, algunas requieren más instrumental que otras pero finalmente lo que se busca es elegir las mejores y más sencillas para lograr un tratamiento más eficaz, de mejor calidad y que sea accesible para el profesional como para el paciente.

10. Objetivo General

Comparar el sellado apical en cuanto a la microfiltración de dos diferentes técnicas de obturación *in vitro*, técnica de condensación lateral convencional y técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido.

Objetivos Específicos

- Determinar la microfiltración apical con la técnica de condensación lateral convencional mediante estereomicroscopía.
- Determinar la microfiltración apical con la técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido mediante estereomicroscopía.

11. Hipótesis

H1: La técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido presenta una menor microfiltración apical en comparación con la técnica de condensación lateral convencional.

H0: La técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido presenta una mayor o igual microfiltración apical en comparación con la técnica de condensación lateral convencional.

12. Criterios de Selección

Criterios de Inclusión

- Premolares unirradiculares
- Premolares con un tiempo de extracción no mayor a 21 días.
- Premolares con un solo conducto radicular
- Premolares con curvatura radicular inferior a 20°

Criterios de Exclusión

- Premolares con ápices abiertos
- Premolares con caries radicular
- Premolares con fracturas radiculares.
- Premolares con presencia de calcificaciones intrarradiculares.

Criterios de Eliminación

- Premolares que como resultado del procedimiento, sufran alguna fractura radicular o presenten líneas de fisuras.

CAPÍTULO 3.

13. Materiales y Métodos

Tipo de Estudio: Estudio experimental puro, descriptivo, comparativo.

Universo del Estudio: Dientes unirradiculares

Tipo de muestra: No probabilístico por cuotas

Muestra: 44 dientes unirradiculares procedentes de diferentes clínicas o consultorios odontológicos del estado de Guanajuato y que fueron extraídos por indicaciones ortodóncicas.

Variables

Variable Dependiente

Microfiltración: Consiste en el paso de fluidos, bacterias y sustancias a través del material de obturación debido a una adaptación deficiente de los materiales. La zona pigmentada debido a la microfiltración, se midió en milímetros desde la porción apical hasta su extensión mas coronal. Variable cuantitativa continua en escala de razones (0-n mm de microfiltración).

Variable Independiente

Técnica de obturación: La obturación es el relleno tridimensional de todo el conducto radicular. La técnica de obturación lateral convencional consistió en la obliteración del espacio de los conductos con un cono principal de gutapercha y conos accesorios utilizando espaciadores digitales y cemento sellador; mientras que en la técnica con ultrasonido se aplicó una fuente de calor para termoplastificar la gutapercha. Variable cualitativa medida en una escala ordinal dicotómica.

MÉTODO DE RECOLECCIÓN:

Recolección de las unidades de estudio:

En este estudio se utilizaron 44 premolares unirradiculares que fueron previamente extraídos con fines ortodóncicos (Fig. 1). Se conservaron durante 48 horas en una solución de Hipoclorito de Sodio al 5.25% (Cloralex, México) a efecto de eliminar restos de tejidos orgánicos remanentes. Posteriormente, fueron sometidos a una limpieza por medio de curetas tipo Gracey (Hu-Friedy, USA) (Fig. 2), para eliminar restos de ligamento periodontal de la superficie radicular.



Fig. 1 Recolección de 44 premolares unirradiculares extraídos



Fig. 2 Limpieza con curetas tipo Gracey

Posteriormente, se mantuvieron en suero fisiológico durante todo el procedimiento.

Preparación de dientes

Se tomaron radiografías y fotografías iniciales, frontal y lateral de los 44 dientes para garantizar que cumplan con los siguientes criterios de inclusión: que sean unirradiculares, con formación apical completa, conductos sin calcificaciones, rizolisis, fractura radicular y que presenten una curvatura radicular inferior a 20° (Fig. 3 y 4).



Fig. 3 Fotografía inicial

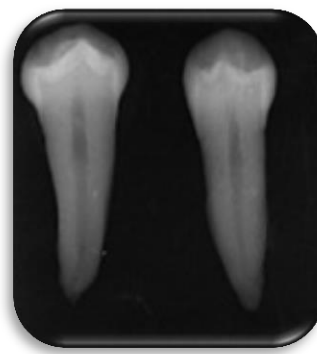


Fig. 4 Radiografía inicial

Se verificó que el segmento apical (últimos 3 mm) se encontrara íntegro mediante el microscopio óptico (Leica, Alemania) y se documentó mediante fotografías obtenidas del mismo.

Se removieron las coronas en la unión cemento-esmalte con un disco de diamante de doble cara (Solard, China) a una longitud promedio de 15mm± 2mm para facilitar la instrumentación y obturación; se tomaron radiografías. (Fig. 5, 6, 7 y 8).



Fig. 5 Disco de diamante de doble cara



Fig. 6 Remoción de la corona clínica en la unión cemento-esmalte



Fig. 7 Premolar con remoción de la corona



Fig. 8 Radiografía después de la remoción de la corona

Para comprobar la permeabilidad y determinar la longitud de trabajo se utilizaron limas tipo K #10 (Maillefer, Suiza) la cual se introdujo en el conducto radicular hasta que ésta se observó a través del foramen apical y se le restó 0.5 mm desde esta longitud (Fig. 9).



Fig. 9 Determinación de la longitud de trabajo

La técnica de instrumentación digital fue la siguiente:

- Se permearon los conductos con limas tipo K-Flexofile (Maillefer, Suiza) #10, 15 y 20 (Fig. 10).



Fig. 10 Permeabilidad del conducto

- Se realizó acceso cervical con pieza de baja velocidad (NSK, Japón) y fresas Gates Glidden (Mani, Japón) #3 hasta el tercio cervical y #2 hasta el tercio medio (20.000 a 40.000 rpm), con movimientos de entrada y salida (Fig. 11).



Fig. 11 Uso de gates glidden #3 y 2

- Posteriormente, con limas tipo K-Flexofile de la primera serie (Maillefer, Suiza), se ensanchó el tercio apical en el siguiente orden: #20, 25, 30, 35, hasta la lima maestra #40.
- Finalmente, se realizó el retroceso con limas de la segunda serie: #45, 50, 55, 60 y 70. Restándole 1mm de longitud entre cada lima (Fig. 12).
- Todos los conductos radiculares fueron instrumentados por el mismo operador.



Fig. 12 Instrumentación de los conductos

Durante toda la instrumentación de los conductos se irrigó con Hipoclorito de Sodio al 5.25% (Cloralex, México) entre cada cambio de limas, ocupando 3.0 ml en cada diente, con jeringas desechables (DL Médica S.A. de C.V.) y agujas de calibre 27G (Endo-Eze, Ultradent) (Fig. 13).



Fig. 13 Irrigación de los conductos con Hipoclorito de Sodio al 5.25%

Obturación

Para realizar la obturación se dividieron al azar las raíces para formar 3 grupos:

- Grupo 1: 20 raíces obturadas con técnica de condensación lateral y cemento sellador (Silco, México).
- Grupo 2: 20 raíces obturadas con técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido y cemento sellador (Silco, México).
- Grupo 3: control negativo 4 raíces instrumentadas sin obturación radicular.

Obturación del Grupo 1:

Técnica de condensación lateral

- Una vez realizada la limpieza y conformación de los conductos, se secaron con puntas de papel estandarizadas del #40 (3 puntas por conducto) (meta-biomed, Corea) (Fig. 14 y 15).



Fig. 14 Puntas de papel

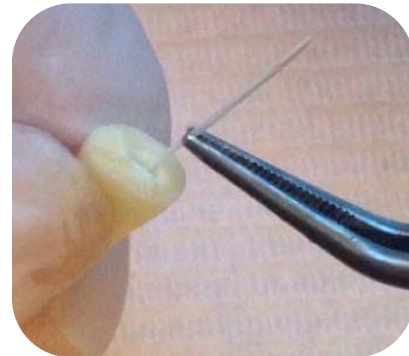


Fig. 15 Secado del conducto

- Se utilizó un cono maestro con estandarización ISO del #40 se midió con una regla milimétrica a longitud real y se ajustó en el tercio apical para realizar la prueba de conometría (Fig. 16 y 17).



Fig. 16 Medición a la longitud real

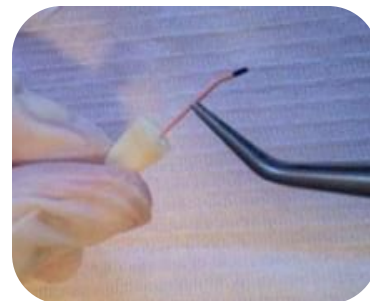


Fig. 17 Ajuste de cono maestro

- Se mezcló el cemento sellador silco en porciones iguales según las indicaciones del fabricante, en una loseta de vidrio hasta obtener una consistencia cremosa y homogénea capaz de formar una hebra (2cm) (Fig. 18 y 19)



Fig. 18 Cemento sellador Silco



Fig. 19 Preparación del cemento sellador Silco

- Se introdujo el cemento sellador en las paredes del conducto con el cono maestro, llevándolo hasta el tercio apical (Fig. 20).

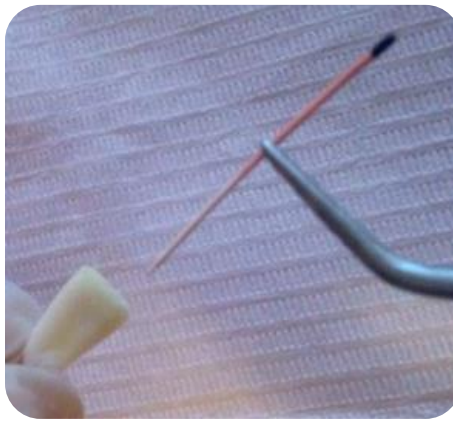


Fig. 20 Colocación del cono maestro en el conducto

- Se utilizó un espaciador digital, finger spreaders (Mani, Japón) a menos 2mm de la longitud real para hacer espacio, se introdujeron puntas accesorias MF, F y FM hasta rellenar el conducto con el mismo procedimiento (Figs. 21, 22, 23 y 24).



Fig. 21 Puntas de gutapercha accesorias MF, F y FM.

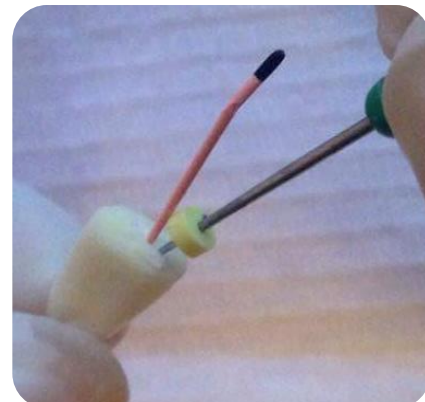


Fig. 22 Uso del espaciado digital

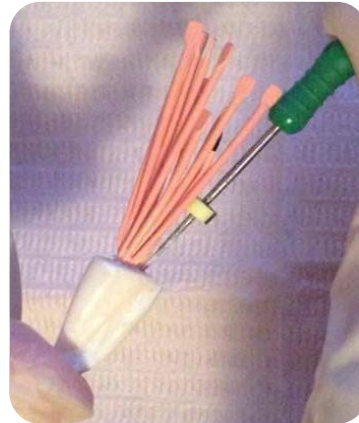
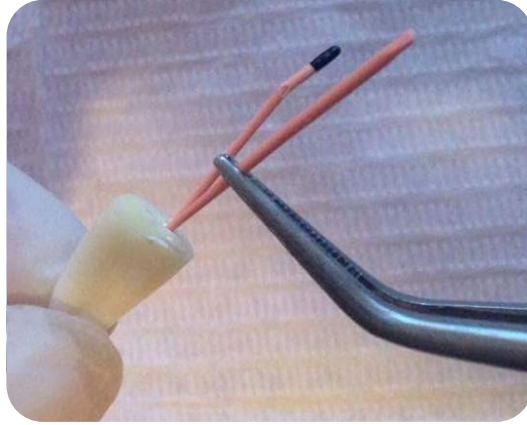


Fig. 23 y 24 Colocación de conos accesorios

- Una vez obturado el conducto, se tomó la radiografía de prueba de obturación y se recortó el excedente de gutapercha con un glick y finalmente se compactó de forma vertical (Fig. 25 y 26).

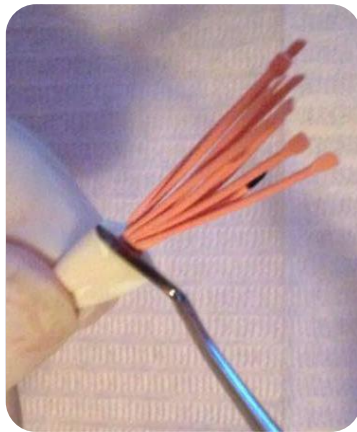


Fig. 25 Eliminación del excedente de gutapercha

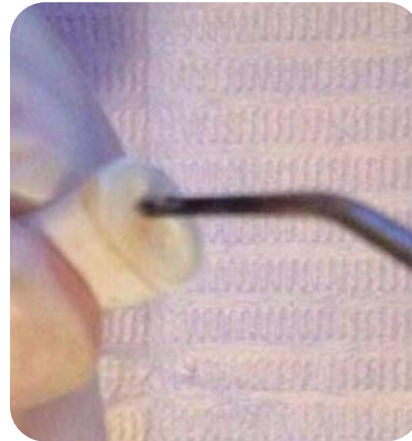


Fig. 26 Compactación de la gutapercha

Obturación del Grupo 2:

Técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido

- Una vez realizada la limpieza y conformación de los conductos, se secaron con puntas de papel estandarizadas del #40 (3 puntas por conducto) (meta-biomed, Corea) .

- Se utilizó un cono maestro con estandarización ISO del #40 se midió con una regla milimétrica a longitud real y se ajustó en el tercio apical para realizar la prueba de conometría.
- Se mezcló el cemento sellador silco en porciones iguales según las indicaciones del fabricante, en una loseta de vidrio hasta obtener una consistencia cremosa y homogénea capaz de formar una hebra (2cm).
- Se introdujo el cemento sellador en las paredes del conducto con el cono maestro #40, llevándolo hasta la longitud de trabajo.
- Se obturó el conducto de la misma manera que la técnica de condensación lateral intercalando el espaciador digital con el aditamento ultrasónico para obturar #30 con el ultrasonido Varios 350 (NSK, Japón) a una potencia 3.
- Se colocó el tope a menos 1mm de la longitud real (Fig. 27) y se activó el ultrasonido dentro del conducto durante 5 segundos para crear espacio y poder introducir más puntas accesorias.



Fig. 27 Uso del ultrasonido

- Se realizó este procedimiento hasta que el espaciador ultrasónico ya no bajo más allá del tercio cervical (Fig. 28)

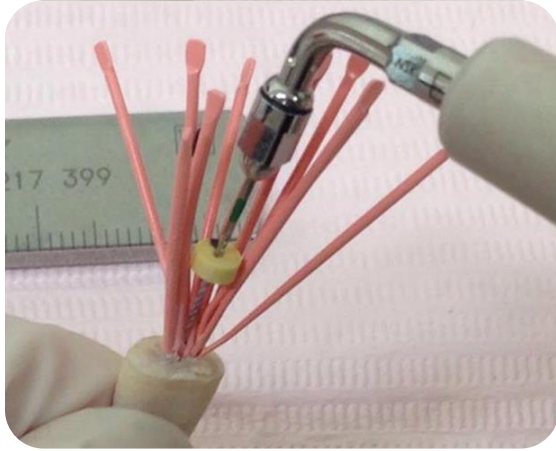


Fig. 28 Uso del aditamento ultrasónico #30

- Finalmente, se recortó el excedente de gutapercha y se realizó compactación vertical con un condensador (Fig. 29)

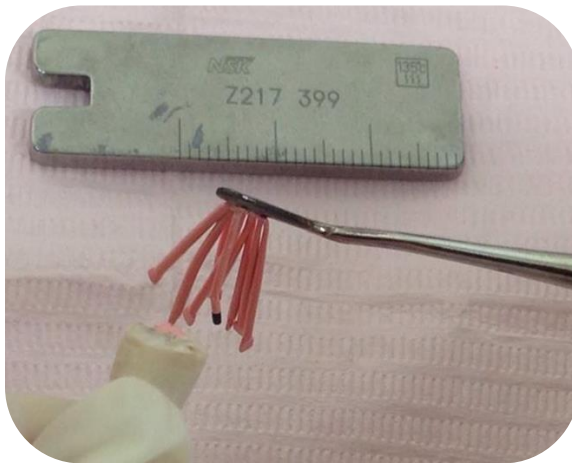


Fig. 29 Eliminación del excedente de gutapercha

Proceso de tinción

Una vez obturados todos los conductos, se dejó fraguar el cemento sellador por 24 horas. Las raíces de los dos grupos fueron cubiertas por dos capas de barniz de uñas (Revlon, USA) con excepción de los últimos 3 mm a nivel apical, esperando el secado total entre cada capa (Fig. 30). El grupo control negativo fue recubierto en su totalidad con dos capas de barniz de uñas.



Fig. 30 Colocación del barniz de uñas

Posteriormente, fueron sumergidos en una solución de azul de metileno al 2% (QCA S.A.) con una humedad del 100% a una temperatura de 37°C durante 72 horas en una incubadora (MTI Corporation, Panama). (Fig. 31, 32 y 33).



Fig. 31 Azul de metileno al 2%

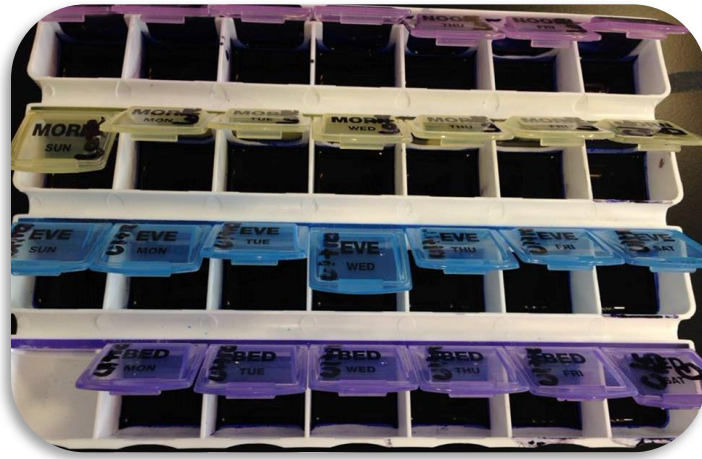


Fig. 32 Dientes sumergidos en azul de metileno



Fig. 33 Incubadora a 37 °C

Después de esto, se colocaron en un matraz de vidrio de 500 ml conectado a una bomba de vacío de 7.4 atmósferas; divididos por grupos, durante 15 min cada uno (Fig. 34 y 35).



Fig. 34 Bomba de vacío



Fig. 35 Dientes en la bomba de vacío

Las raíces se volvieron a sumergir en azul de metileno al 2% con una humedad del 100% a una temperatura de 37°C por 72 horas más en la misma incubadora.

Al término de esto, las raíces se lavaron bajo el chorro de agua corriente durante 15 min.

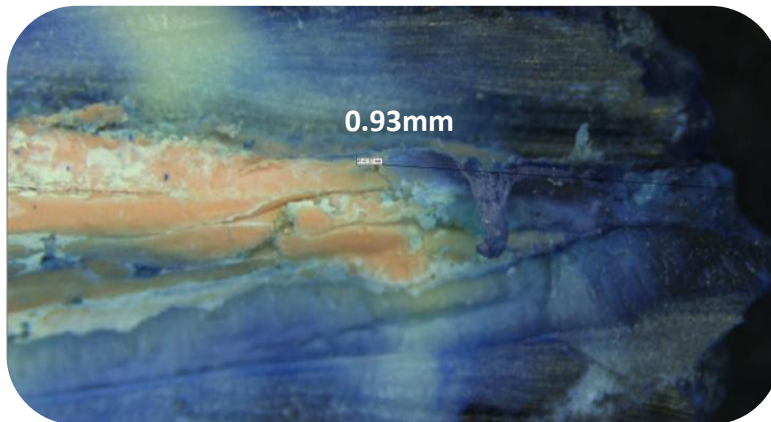
Análisis de microfiltración

Dos surcos longitudinales opuestos se realizaron con el disco de diamante de doble cara (Solard, China) en la superficie radicular sin tocar la gutapercha; con ayuda de un cincel quirúrgico (Hu-Friedy, USA) se dividieron las raíces.

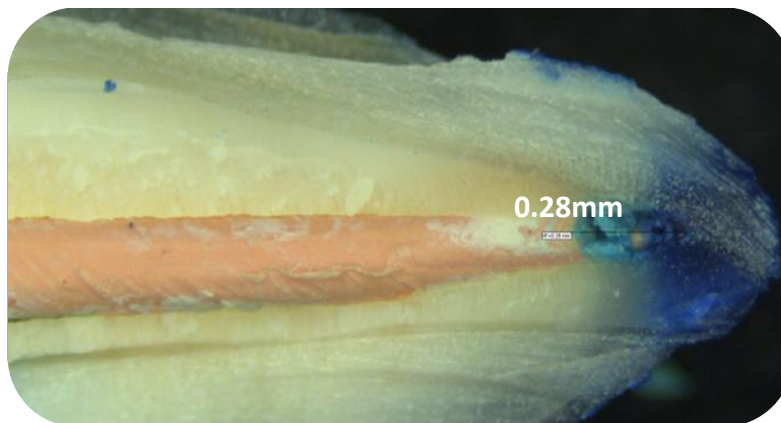
La penetración apical del azul de metileno de cada grupo de estudio fue evaluada independientemente, utilizando un microscopio de medición (Leica, Alemania) a una magnificación de 1.25X.

La penetración fue medida en milímetros a partir del foramen apical dentro del conducto radicular hasta la extensión más coronal visible en el material de obturación o las paredes del conducto.

Técnica lateral convencional



Técnica lateral modificada con ultrasonido



Análisis estadístico

A los datos se les calculó la media y la desviación estándar y fueron analizados con pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y sometidos a pruebas no paramétricas de Mann-Whitney. La significancia estadística se fijó en un valor $P < 0.05$ con un coeficiente de confiabilidad del 95%.

CAPÍTULO 4.

14. Resultados

Los datos recopilados se procesaron empleando las herramientas de estadística descriptiva, inferencial, específicamente la prueba T-student para diferencia de medias de dos muestras independientes, con un nivel de confianza del 95%.

En promedio, el grupo control presentó una microfiltración de 0.953 ± 0.433 mm con un intervalo de 0.480mm como mínimo y 2.09mm como máximo, mientras el grupo experimental presentó una microfiltración de 0.364 ± 0.076 mm con un intervalo de 0.230mm como mínimo y 0.500mm como máximo. Se observó diferencia estadística significativa entre las medias de microfiltración por grupo ($t=5.995$ $p<0.001$). Gráfica 1. Gráfico 2.

Gráfica 1. Microfiltración en grupo control y experimental.

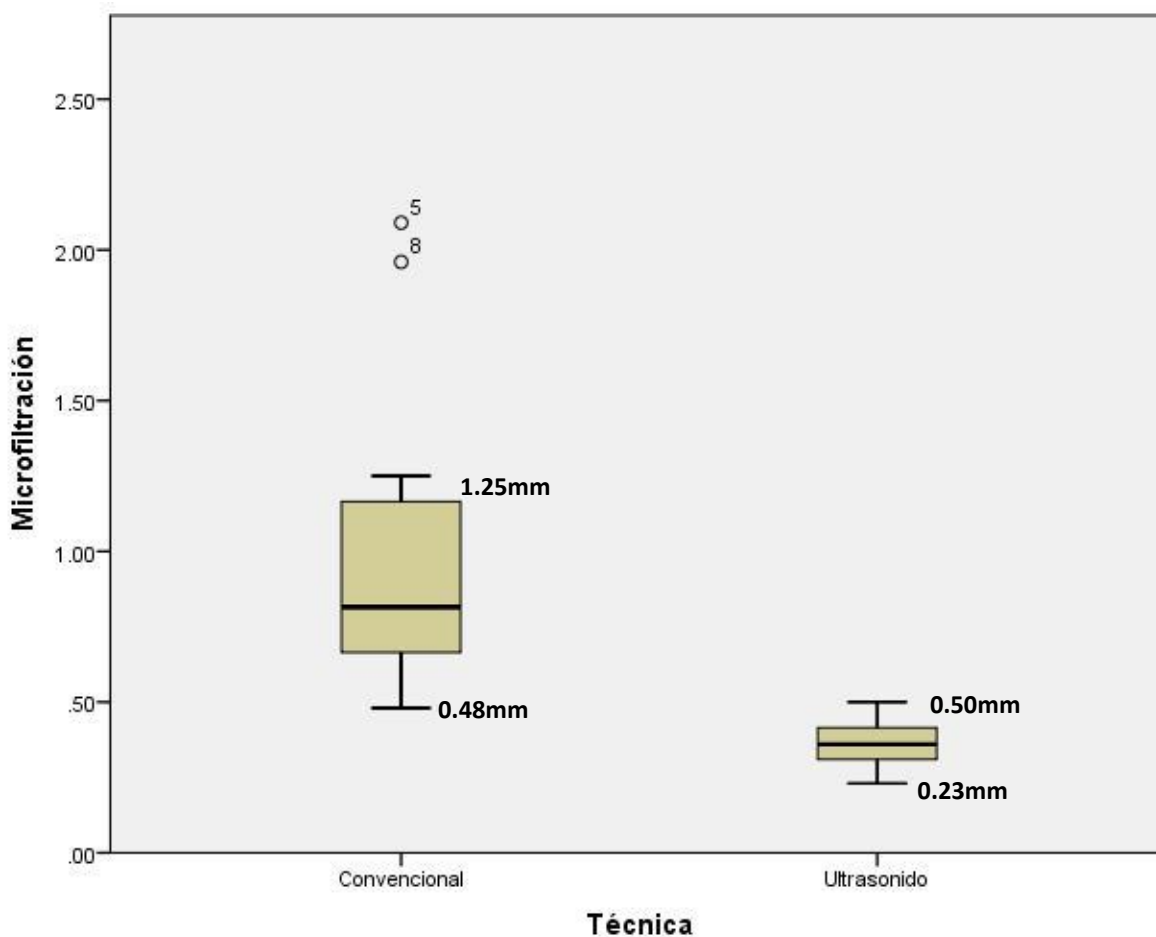
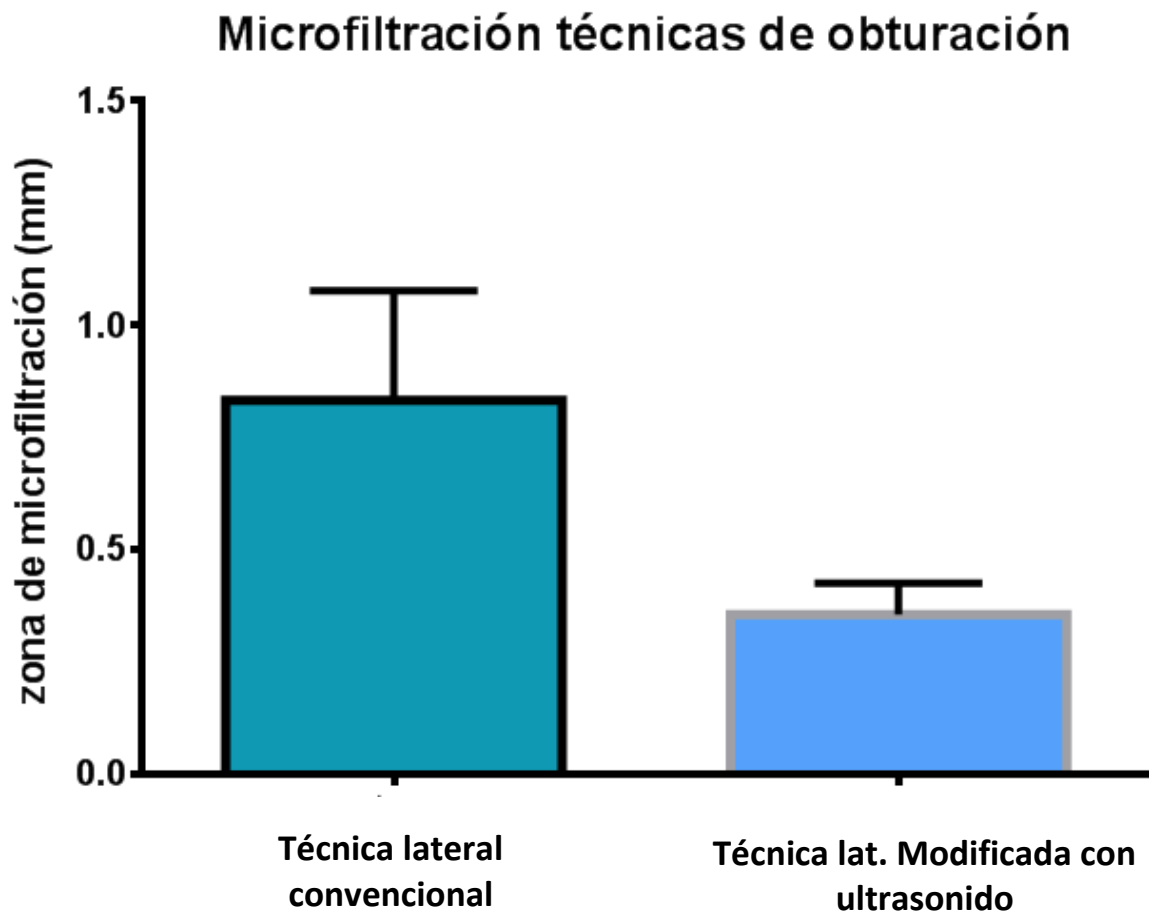


Gráfico 2.



$P < 0.001$, Man-Whitney

15. DISCUSIÓN

La adaptación incompleta del material de obturación radicular a las paredes del conducto puede llevar a la acumulación de fluidos y microorganismos, los cuales pueden causar enfermedad periapical (Orstavik). En este sentido, Spradling y Senia refieren que un 60% de los fracasos endodóncicos se atribuyen a la microfiltración apical, por lo que la capacidad de sellado del material de obturación es una importante consideración en su elección.^{93, 94.}

Asimismo, Saunders y Saunders coinciden al afirmar que es importante que los materiales usados durante la obturación de los conductos radiculares tengan buenas propiedades de sellado; además refieren que un inadecuado uso de estos, puede guiar al fracaso del tratamiento.⁹⁵

Con relación al sellado del sistema de conductos, varios autores (Bramante; Berbert, 1989; Dulac et al., 1999; Evans; Simon, 1986; Gutmann; Hovland, 1999; Reader et al., 1993) encontraron que la técnica de termoplastificación contiene una gran cantidad de gutapercha en los conductos radiculares, mientras que la técnica de condensación lateral fría contiene menos cantidad de gutapercha la cual se compensa con el cemento sellador. Ellos afirman también, que la técnica de termoplastificación de gutapercha obtura los conductos laterales del tercio coronario y medio mejor que la técnica de condensación lateral.^{96, 97, 98, 99, 100.}

En este estudio se encontró, que la técnica lateral en frío contiene una gran cantidad de espacios entre las puntas y poca adaptabilidad a las paredes del conducto, no se puede demostrar que estos espacios fueron llenados por cemento y pueden servir de depósito bacteriano. La técnica con ultrasonido, a pesar de que se necesita de instrumental adicional y más cantidad de gutapercha, es más homogénea, se adapta mejor a las paredes del conducto, por lo tanto contiene menos espacios dentro de la obturación y la microfiltración es mínima.

Los estudios de microfiltración de los materiales endodóncicos son importantes y relevantes, algunos de estos métodos pueden ser por diafanización, marcadores químicos, microscopio electrónico de barrido, por penetración de tintes, entre otros; estos han sido utilizados para evaluar el sellado de los materiales para la obturación del conducto radicular. Wimonchit et al., 2002; Valli et al., 1998, mencionan que la técnica de penetración de tintes ha sido el método más utilizado debido a su sensibilidad, facilidad de uso y conveniencia, aunque según Verissimo & do Vale y Ahlberg et al., 1995, su validez, ha sido frecuentemente cuestionada debido a que tienen un peso molecular menor que las toxinas bacterianas. ^{101, 102, 103, 104.}

Por lo que el marcador de penetración de tintes utilizado para este estudio fue el azul de metileno al 2%, ya que tiene un bajo peso molecular y penetra más profundamente a través de un conducto radicular obturado. Se utiliza con frecuencia, ya que indica el espacio que queda entre la obturación y la pared del conducto radicular. ^{105, 106.}

Dentro de las limitantes de este estudio podemos destacar que la longitud de las raíces no fue estandarizada.

16. CONCLUSIONES

En relación con los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir que la hipótesis de trabajo fue aceptada, ya que la técnica de obturación lateral modificada con ultrasonido presentó una menor microfiltración apical en comparación con la técnica lateral convencional.

Como se ha revisado en el presente trabajo, la fase de obturación es la última etapa del tratamiento de conductos y es de suma importancia, ya que en ésta etapa se verifica que la conformación haya sido la correcta y por lo tanto se facilite la obturación.

Es necesario lograr un sellado tridimensional en todo el conducto radicular, para así evitar una colonización de microorganismos y por consiguiente el fracaso del tratamiento.

La técnica de obturación lateral convencional es la más utilizada por su bajo costo ya que no se necesita instrumental adicional para llevarla a cabo. Sin embargo, es de gran utilidad contar con el ultrasonido ya que tiene una gran diversidad de usos tanto en otras áreas como en endodoncia, éste al activarlo reblandece la gutapercha creando una masa más homogénea pudiendo obturar conductos laterales o accesorios disminuyendo el grado de microfiltración apical.

17. BIBLIOGRAFÍA

1. Basrani, Enrique. ENDODONCIA. TÉCNICAS EN PRECLÍNICA Y CLÍNICA. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. 1988. 190 pp.
2. Cohen, S., Hargreaves, K.M. VIAS DE LA PULPA, 9a. ed. Elsevier. Madrid. 2008 Págs. 365 a 406.
3. Boj, J., Cortés, O. y Canalda, C. Estado actual de los distintos fármacos utilizados en las pulpotomías en dentición primaria. *Endodoncia*. 1995; 13: (4)178-185.
4. Dunmer, P. Llenado del conducto radicular. En: Pitt Ford, T. Harty. *Endodoncia en la Práctica Clínica*. Cuarta ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 1999; 123-147.
5. Lin L, Skribner J, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *Journal of Endodontics* 1992;18:625-627.
6. Heuer M. The biomechanics of endodontic therapy. *Dental Clinics of North America* 1963;7:341-359.
7. Skidmore A, Bjorndal A. Root canal morphology of the human mandibular first molar. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology* 1971;32:778-784.
8. Skillen W. Morphology of root canals. *Journal of America Dental Association* 1932;19:719-735.
9. Cunningham W, Martin H, Pelleu G, Stoops D. A comparison of antimicrobial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology* 1982;54:238-241.
10. Trope M, Bergenholtz G. Microbiological basis for endodontic treatment: can a maximal outcome be achieved in one visit? *Endodontic Topics* 2002;1:40-53.
11. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 18 (2): pp 269-296, 1974.
12. Rodríguez-Ponce, Antonio. *Endodoncia Consideraciones Actuales*. 1ra. Edición. Edit. Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericanas C.A. 2003.
13. Hülsmann, M., Peters, O., Dummer, P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topic*, 10:36-76. 2005.

14. Baugh D., Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A Review of the literature. *J of Endodontic*, 31 (5): 333-340, 2005.
15. Leonardo, Mario s Roberto. ENDODONCIA. TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES. PRINCIPIOS TÉCNICOS Y BIOLÓGICOS. 2 volúmenes. Artes Médicas Latinoamérica. Sao Paulo. 2005. 1368 pp.
16. Bassols Casanellas, M. Josep. RECONSTRUCCIÓN DE DIENTES ENDODONCIADOS. *Fac Odontología*. Universidad de Barcelona. Madrid. 2006. pp.16-19.
17. Walsch H: The hybrid concept of NiTi rotary instrumentation, *Dent Clin North Am* 48:183, 2004.
18. Weine Franklin S. Tratamiento Endodóntico. 5ta. Edición. Madrid. Editorial Harcourt Brace. 1997.
19. Canalda Sahli C, Brau Aguadé E. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 3a ed. Barcelona: Masson; 2014.
20. Clem WH. Endodontics in the adolescent patient. *Dent Clin North Am*1969;13:483. Mullaney TP. Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin North Am* 1979;23:195-222.
21. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pres-sureless technique. *J Endod* 1984;10:491-8.
22. Saunders, E.M. Saunders, W.P. (1999) "Preparación Del Sistema Del Conducto Radicular" en *Endodoncia en la Práctica Clínica Ford P*. Cuarta Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México.
23. Torabinejad, M. Walton, R. (1997) "Endodoncia Principios y Práctica" Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. Torabinejad M, Walton R: *Principles and practice of endodontics*, ed 4, St. Louis, 2008.
24. Roane JB, Sabala CL, Duncanson M Jr. The «Balanced Force» concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985;11:203-11.
25. Charles TJ, Charles JE. The balanced force concept for instrumentation of curved canals revisited. *Int Endod J* 1998;31:166-72.
26. Roig, M. Canalda, C. Brau, E. (1997) "Técnica de Fuerzas Equilibradas de Roane".

- Oper. Den. Endo., Vol. 1, num. 1. Scianamblo, M (1994) "La Preparazione Della Cavita Endodontica" En Endodoncia. Castelucci A. Italia.
27. Tondo, E. (1999) "Técnica Crown-Down con Material Rotatorio y limas Pow-R, según Dr. J.B. Roane". Oper. Dent. Endo., Vol. 3, num. 1.
 28. Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS: A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators, *Int Endod J* 34:476, 2001.
 29. Isom TL, Marshall JG, Baumgartner JC: Evaluation of root thickness in curved canals after flaring, *J Endod* 21:368, 1995.
 30. Senia ES, Marshal FJ, Rosen S: The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 31:96, 1971.
 31. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. *J Endod* 1985;11:525-8.
 32. Van Strijp AJ, Van Steenberghe TJ, ten Cate JM. Effects of chlorhexidine on the bacterial colonization and degradation of dentin and completely demineralized dentin in situ. *Eur J Oral Sci* 1997; 105(1):27-35.
 33. Segura JJ, Jiménez-Rubio A, Guerrero 1M, Calvo JR. Comparative effects of two endodontic irrigants, chlorhexidine digluconate and sodium hypochlorite on macrophage adhesion to plastic surfaces. *J Endod* 1999; 25(4):243-46.
 34. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod* 1998; 24(7):472-76.
 35. American Association of endodontist. Glossary, 6° Ed. Chicago, 1998.
 36. Dupont, Anne Marie. LA OBTURACIÓN DEFINITIVA DE CONDUCTOS. *Rev Euro p Odonto-Estomatología*. 1998:227-230.
 37. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995;28:12-18.
 38. Mondragón Espinoza, Jaime & Camacho Mondragón, Antonio. VALORACIÓN DE

- THERMAFIL COMO MATERIAL DE OBTURACIÓN ENDODÓNTICA. *Prac Odontol.* 1991;12(9):25-32.
39. Lasala, Ángel. ENDODONCIA. 3a. ed. Editorial Salvat. Barcelona. 1979. Págs.. 373 a 430.
 40. Goldberg, Fernando. MATERIALES Y TÉCNICAS DE OBTURACIÓN ENDODÓNTICA. .Ed. Mundi SAIC y F. Buenos Aires. 1982. 194 pp.
 41. Oguntebi BR, Shen C. Effect of different sealers on thermoplasticized Gutta-percha root canal obturations. *J Endod.* 1992; 18(8):363-6.
 42. Grossman. L. (1959). Terapéutica de los conductos radicales. 4ta. edición. Buenos Aires. Pp. 95-115.
 43. Ingle I. Raymond G. Zidel. (1991). Endodoncia, 3ra. ed. Editorial Interamericana. Pp. 913.
 44. García Gonzales LA. Evaluación del sellado apical en obturaciones endodónticas utilizando sellador de mineral trióxido agregado [Tesis de Titulación]. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
 45. Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW: Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials, *J Endod* 3:304, 1977.
 46. Goldberg F, Gurfinkel J, Spielberg C: Microscopic study of standardized gutta-percha points, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 47:275, 1979.
 47. Siqueira JF Jr, da Silva CH, Cerqueira M, das D, Lopes HP, de Uzeda M: Effectiveness of four chemical solutions in eliminating *Bacillus subtilis* spores on gutta-percha cones, *Endod Dent Traumatol* 14:124, 1998.
 48. Goodman A, Schilder H, Aldrich W: The thermomechanical properties of gutta-percha II, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 37:954, 1974.
 49. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira F, Trope M: An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon), *J Endod* 30:342, 2004.
 50. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *J Endod.*

2005; 31(2):91- 6.

51. Leonardo MR, Barnett F, Debelian GJ, de Pontes Lima RK, Bezerra da Silva LA. Root canal adhesive filling in dogs' teeth with or without coronal restoration: a histopathological evaluation. *J Endod.* 2007; 33(11):1299-303.
52. Leonardo M, Almeida W, Silva L, Utrilla L. Histological evaluation of the response of apical tissues to zinc oxide - eugenol based sealers in dog teeth after root canal treatment. *Endod Dent Traumatol.* 1998; 14: 257.
53. Bellizzi, R.; Cruse, W.; (1980). A historic review of Endodontics, 1689-1963, part 3. *J. Endod.* 6:576-85.
54. Mickel AK, Wright ER: Growth inhibition of *Streptococcus anginosus* (Milleri) by three calcium hydroxide sealer and one zinc oxide-eugenol sealer, *J Endod* 25:34, 1999.
55. Araki, K.; Suda, H.; Spangberg, L.; (1994). Indirect longitudinal cytotoxicity of root canal sealers L929 cells and human periodontal ligament fibroblasts. *J. Endod.* 20:67-70.
56. Briseño, B.; Willershausen, B.; (1992). Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts. III. calcium hydroxide-based sealers. *J. Endod.* 16:110-19.
57. Tagger, M.; Tagger, E.; (1988). Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *J. Endod.* 14:588-91.
58. Staehle HJ, Spiess V, Heinecke A, Muller HP: Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide and the alkalinity of root dentin, *Endod Dent Traumatol* 11:163, 1995.
59. Azar, N.; Heidari, M.; Bahrami, Z.; Shokri, F.; (2000). In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J. Endod.*, 26:462-5.
60. Jukic S, Miletic I, Anic I, Britvic S. The mutagenic potential of AH26 by Salmonella /microsome assay. *J Endod* 2000; 26: 321 - 324.
61. Bóveda, C. Vidrios ionoméricos en la obturación endodóntica. *Acta Odontológica Venezolana.* 1994; 32: (1)5-10.
62. Gil, M. y Sáenz, M. Compómero: ¿vidrio ionomérico modificado con resina o resina

- modificada con vidrio ionomérico?. *Acta Odontológica Venezolana*. 2001; 39: (1)57-60.).
63. Leonardo MR, Leonardo RT. *Endodoncia: Conceptos biológicos y recursos tecnológicos*. Sao Paulo: Editorial Artes Médicas; 2009. p.91, 95.
 64. Dummer PMH. Comparison of undergraduate endodontic teaching programmes in the United Kingdom and in some dental schools in Europe and the United States. *Int Endod J* 1991; 24,169-77.
 65. Brayton SM, Davis SR, Goldman M. Gutta percha root canal fillings. An in vitro analysis. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Endod* 1973; 35,226-31.
 66. Kerkes K, Tronstad L. Long term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *Journal of Endodontics* 1979; 5, 83-90.
 67. Kersten HW. Evaluation of three thermo plasticized gutta percha filling techniques using a leakage model in vitro. *Int Endod J* 1988; 21,353-60.
 68. Real academia española. *Diccionario de la lengua española*, 21ª Ed. Madrid, Espasa Calpe, 1991.
 69. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod* 2007;33:81-95.
 70. Martin H, Cunningham W. Endosonics endodontics: The ultrasonic synergistic system. *Int Dent J*. 1984; 34(3): 198-203.
 71. Cameron J. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: A scanning electron microscope evaluation. *J Endod*. 1987 Nov; 13(11): 541-545.
 72. Walmsley A. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J*. 1987; 20:105-111.
 73. Cunningham W, Balekjian A. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1980 feb; 49(2): 175-77.
 74. Moreno A. Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling. *J Endodon* 1977;3:186-8.

75. Bailey GC, Cunnington SA, Ng Y-L, Gulabivala K, Setchell DJ. Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface—an in vitro study. *Int Endod J* 2004;37:447–54.
76. Deitch AK, Liewehr FR, West LA, William R. Patton WR. A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. *J Endod* 2002;28:665–7.
77. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of guttapercha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985;58:285–96.
78. Zmener O, Banegas G: Clinical experience of root canal filling by ultrasonic condensation of gutta-percha, *Endod Dent Traumatol* 15:57, 1999.
79. Zmener, O. Evaluation of the apical seal obtained with two calcium hydroxide based endodontic sealers. *Int. Endod. J.*, 20(2):87-90, 1987.
80. Davich, M. H. Closing the door on microleakage. *Endod. Ther.*, 7(1):1-3, 2007.
81. Limkangwalmongkol S, Abbot PV, Sandler AB. Apical Dye penetration with four root canal sealers and guttapercha using longitudinal sectioning. *J Endod.* Nov 1992; 18(11): 535-9.
82. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root Canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* Apr 2000; 26(4): 210-16.
83. Kersten HW, Moore WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J.* May 1989; 22(3): 118-24.
84. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod.* Sep 2003; 29(9): 592-4.
85. Howard M. Fogel, Marshall D. Microleakage of rootend filling materials. *J Endod.* Jul 2001; 27(7): 456-8.
86. Hession RW. Long-term evaluation of endodontic treatment: anatomy,

- instrumentation, obturation-the endodontic practice triad. *Int Endod J.* Sep 1981; 14(3): 179-84.
87. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *J Endod.* Jun 1995; 21(6):332-4.
88. Dickson SS, Peters DD. Leakage evaluation with and without vacuum of two gutta-percha fill techniques. *J Endod.* Ago 1993; 19(8): 398-403.
89. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye penetration studies re-examined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Mar 1989; 67(3): 327-32.
90. Chong BS, Pitt Ford TR, Watson TF, Wilson RF. Sealing ability of potential retrograde root fillings. *Endod Dent Traum.* Dic 1995; 11(6): 264-9.
91. Karadag S, Bala O, Türköz E, Mihçioğlu T. The effects of water and acetone-based dentin adhesives on apical Microleakage. *J Contemp Dent Pract.* May 2004; 5(2): 93-101.
92. LaCombe, Jan Stabley, Lamar M, Pelleu G. A comparison of the apical seal produced by two Thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endod.* Sep 1988; 14(9): 445-50.
93. Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal* 1983; 16: 59-63.
94. Spranling PM, Senia ES. The relative sealing ability of paste-type filling materials. *Journal of Endodontics* 1982; 8 (12): 543-549.
95. Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Termafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *Journal of Endodontics* 1994; 20 (4): 155- 158.
96. BRAMANTE, C. M. et al. Estudo comparativo de algumas técnicas de obturacao de canais raducilares. *RBO*, v. XLVI, n. 5, p. 26-35, set./out. 1989.
97. DULAC, K. A et al. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J. Endod.*, v. 25, n. 5, p. 376-380, May, 1999.
98. EVANS, J. T; SIMON, J. H. S. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal

- sealer. *J. Endod.*, v. 12, n. 3, p. 101-107, Mar. 1986.
99. GUTMANN, J. L.; HOVLAND, E. J. Problemas na obturacao do canal radicular. In: GUTMANN, J. et al. *Solicao de problemas em endodontia*. 3, ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999, p. 102-127.
100. READER, C. M. et al. Effect of three observation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J. Endod.*, v. 19, n. 8, p. 404-408, Aug. 1993.
101. Wimonchit, T. M.; Timpawat, S. & Vongsavan, N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J. Endod.*, 28(1):1-4, 2002.
102. Valli, K. S.; Rafeek, R. N. & Walker, R. T. Sealing capacity in vitro of thermoplasticized gutta-percha with a solid core endodontic filling technique. *Endod. Dent. Traumatol.*, 14(2):68-71, 1998.
103. Veríssimo, D. M. & do Vale, M. S. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J. Oral Sci.*, 48(3):93-8, 2006.
104. Ahlberg, K. M.; Assavanop, P. & Tay, W. M. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. *Int. Endod. J.*, 28(1):30-4, 1995.
105. Ahlberg KM, Assavanop P, Tay WM. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *Int Endod J* 1995; 28: 30.
106. Wimonchit S, Timpawat S, Vongsavan N. A comparison of techniques for assessment of coronal dye leakage. *J Endod. Ene* 2002; 28(1): 1-4.