



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
UNIDAD LEÓN**

**TÍTULO:
ESTUDIO COMPARATIVO DE MICROFILTRACIÓN APICAL
IN VITRO ENTRE DIFERENTES TÉCNICAS DE
OBTURACIÓN EN ENDODONCIA**

**FORMA DE TITULACIÓN:
INVESTIGACIÓN**

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

P R E S E N T A :

ANGEL ARTURO ARCE VELAZQUEZ

TUTOR: MTRA. PAOLA CAMPOS IBARRA

**ASESOR: ESP. ALEJANDRO CAMACHO
HERNÁNDEZ**

**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 la vida, que me permite estar aquí, disfrutando cada peldaño que escalo otorgándome el placer de aprender y brindar aprendizajes a mi gente, misma que se refleja en felicidad a diario en mis padres, familiares y amigos.

A mi padre y madre quienes fueron cómplices y testigos de este logro y con quienes estaré agradecido de por vida por su inmenso apoyo y darme el mejor ejemplo, mis logros son de ellos, gracias por su amor.

Agradecimientos

Primeramente a **Dios**, quien me da fortaleza y guía en todo momento, que me alienta a ser cada día mejor como persona y me permite admirar día a día con más entusiasmo esta profesión.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, que me recibió con los brazos extendidos y me ofreció una segunda casa, que me ofreció espacios y profesores de gran calidad y la oportunidad de confirmar el por qué es la mejor universidad del país.

A mis **padres**, Arturo y Yolanda, junto a mi **hermana** Yesenia, quienes con creces me apoyaron durante toda la carrera y estuvieron conmigo durante adversidades y dificultades de la licenciatura, el amor y apoyo de ellos estimulaban mis ganas por aprender.

A mi **tutora**, la Mtra. Paola Campos Ibarra y mis **asesores**, el Esp. Alejandro Camacho Hernández y la Dra. María del Carmen Villanueva Vilchis, quienes con su profesionalismo y entrega lograron que de este trabajo disfrutara y aprendiera un poco de su amplio conocimiento, mi más grande admiración para ustedes.

A todos mis **profesores**, quienes desde el principio de esta profesión promovían de la odontología en mí gran entusiasmo, alentándome a superar cada peldaño nuevo que me ofrecía la carrera.

A mis **compañeros** y **amigos**, que siempre ante las adversidades tratamos de ver por el bienestar de la sociedad y nos esforzamos por dar lo mejor para las personas.

ÍNDICE

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE	7
CAPITULO 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.....	12
Técnicas de instrumentación del conducto radicular.....	13
Técnica apico-coronal (step-back).....	14
Técnica corono-apical (crown-down).....	15
Técnica de fuerzas equilibradas.....	16
Uso de las Gates-Glidden.....	18
4.- Irrigación.....	19
Hipoclorito de sodio.....	20
Clorhexidina.....	21
Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA).....	22
5. Obturación de los conductos radiculares.....	23
Objetivos de la obturación.....	24
Postulados para la obturación.....	25
5.1 Materiales de obturación.....	26
Clasificación de los materiales de obturación.....	26
Gutapercha.....	27
Composición de los conos de gutapercha.....	29
Resilon.....	29
5.2 Cementos selladores.....	30
Tipos de cementos selladores.....	32
A base de óxido de zinc-eugenol.....	32
A base de hidróxido de calcio.....	33

A base de resina.....	34
A base de ionómero de vidrio.....	35
6. Técnicas de obturación.....	36
Condensación lateral.....	36
Condensación lateral modificada con ultrasonido.....	39
Onda continua de calor.....	42
7.- Microfiltración apical.....	44
Métodos de evaluación de microfiltración apical.....	44
CAPITULO 2.....	47
8.- Planteamiento del problema.....	47
9.- Justificación.....	49
10.- Objetivo general.....	50
11.- Hipótesis.....	50
CAPÍTULO 3.....	51
12.- Materiales y métodos.....	51
CAPITULO 4.....	68
13.- Resultados.....	68
14. Discusión.....	70
15.- Conclusiones.....	72
16.- Referencias bibliográficas.....	73

RESUMEN

El objetivo principal de la terapia de conductos radiculares es la limpieza y conformación de estos, para su posterior obturación tridimensional. La obtención de un sellado apical es fundamental para el éxito clínico.

El objetivo de la investigación es analizar microscópicamente las técnicas de obturación empleadas desde la perspectiva de microfiltración y diagnosticar cuál técnica presenta menor microfiltración apical.

Para la investigación se utilizaron 42 premolares unirradiculares los cuales se seccionaron, dejando del ápice a coronal 15 mm. Posteriormente se instrumentaron de manera híbrida combinando la técnica Crown-down y Step back, Durante la instrumentación se irrigó con hipoclorito de sodio al 5.25%.

Los dientes se dividieron aleatoriamente para su obturación formando 4 grupos.

Grupo 1, 20 dientes obturados con técnica lateral modificada con ultrasonido. Grupo 2, 20 dientes obturados con técnica onda continua de calor. Grupo 3: 1 control negativo. Grupo 4: 1 control positivo.

Los dientes se cubrieron con resina epóxica hasta 3mm del ápice y fueron sumergidos en azul de metileno al 2% durante 72 horas a 37 grados. Se colocaron en una bomba de vacío durante 15 minutos y se sumergieron en azul de metileno al 2% por otras 72 horas.

Se lavaron los dientes y se dividieron. Se evaluó la penetración con microscopio midiendo en milímetros la pigmentación.

Los datos se procesaron empleando las herramientas de estadística descriptiva e inferencial: prueba ANOVA para igualdad de medias.

El resultado final mostró una media de microfiltración apical menor en la técnica lateral modificada con ultrasonido en comparación con la técnica de onda continua.

Palabras clave

Microfiltración, obturación, lateral con ultrasonido, onda continua.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.- Generalidades del tratamiento endodóncico

La endodoncia es el campo de la odontología que estudia la morfología de la cavidad pulpar, la fisiología y la patología de la pulpa dental, así como la prevención y el tratamiento de las alteraciones pulpares y de sus repercusiones sobre los tejidos periapicales.¹

Existen irritantes químicos y físicos que pueden causar inflamación e incluso necrosis de la pulpa dental, las causas más comunes son bacterias y sus productos las cuales ingresan a la pulpa a través de lesiones profundas de caries o traumatismos. Cuando las bacterias entran en contacto con la pulpa e infectan, en ausencia de tratamiento, la infección puede acumularse en el tercio apical causando una periodontitis apical o un absceso.^{2, 3}

La terapia de conductos es uno de los procedimientos odontológicos con un pronóstico predecible si es realizado correctamente. Estudios como el de Basmadjian-Charles et al. (2002) y Chugal et al. (2003), indican éxito en el tratamiento de hasta el 95% en los casos con pulpitis irreversible, y hasta el 85% en dientes necróticos.^{4, 5}

El éxito en la terapia de conductos está fundamentado en diversos principios, dentro de los cuales se encuentra, un diagnóstico clínico acertado, una excelente planificación del tratamiento, conocimiento de la anatomía y morfología dental, además de una adecuada conformación, desinfección y obturación del conducto radicular.³

Un estudio de Ingle et al. en 1994 indicó que la mayoría de los fracasos en la terapia de conductos se deben principalmente a la obturación incompleta de los conductos,

consecuencia de la mala preparación de los mismos donde se pudieron producir errores de procedimiento como pérdida de longitud, transporte del conducto, perforaciones, pérdida de sellado coronal y/o fractura vertical, los cuales afectan negativamente el sellado apical.^{3, 6}

La evaluación de resultados en la terapia de conductos se basa principalmente en un análisis comparativo tanto clínico como radiográfico del diente, durante el tratamiento y en exámenes de seguimiento.⁷

La determinación del resultado considerado como "éxito" incluye:

Clínicamente:

- Sin síntomas.
- Sin inflamación de los tejidos blandos o tractos sinuosos.

Radiográficamente:

- Restablecimiento de las estructuras periodontales normales.
- El hueso trabecular presenta densidad normal.
- Formación de lámina dura alrededor de las raíces dentales.⁷

Objetivos del tratamiento de conductos

El objetivo principal de una terapia de conductos radiculares es la limpieza, conformación y obturación del sistema de los conductos. El tratamiento tiene también como finalidad eliminar el dolor provocado por lesiones inflamatorias causadas por pulpitis y/o periodontitis apical.^{8, 9}

Otro de los objetivos es la limpieza y conformación de los mismos, eliminando el tejido pulpar necrótico o vital que pueda existir en el conducto, eliminar bacterias y desechos, para posteriormente realizar una obturación tridimensional del conducto previniendo la reinfección pulpar y obteniendo un éxito clínico a largo plazo.^{3, 10}

Si el paciente está dispuesto a someterse al tratamiento con la esperanza de conservar el diente en un estado funcional y asintomático, la supervivencia del diente se convierte en otro objetivo de la terapia de conductos.¹¹

2.- Limpieza y conformación de los conductos radiculares

La limpieza y conformación es una fase importante del tratamiento del conducto radicular. La limpieza implica la eliminación de todos los sustratos orgánicos radiculares que puedan promover y apoyar el crecimiento bacteriano, como los restos pulpares, fluidos corporales y restos de alimentos. Por otro lado la conformación significa preparar el conducto en forma de cono estrechándose continuamente en sentido apical. En pocas palabras, la conformación facilita la limpieza. Resulta más fácil y efectivo limpiar un conducto bien preparado y conformado.¹²

El sistema de conductos radiculares a menudo no se limpia, se desbrida, ni se desinfecta completamente, por ende es necesario realizar una conformación adecuada para lograr encapsular las bacterias aún presentes dentro del sistema de conductos radiculares.¹²

En los casos en los que no se puede lograr una erradicación completa de los microorganismos en la primera cita, la limpieza y conformación están dirigidos a crear las condiciones óptimas para la colocación de una medicación intraconducto que permita mejorar la desinfección del conducto.¹³

El tratamiento endodóncico puede ser predecible, exitoso y relativamente fácil si cada paso se realiza correctamente. La apresurada manipulación quimiomecánica del sistema de conductos radiculares puede conducir a un fracaso rotundo del tratamiento.¹²

A pesar de los avances técnicos en endodoncia, la preparación del conducto sigue estando muy influenciada por la anatomía compleja y variable. Como se mencionó con anterioridad, los estudios han demostrado que a pesar de las diferentes técnicas de limpieza, instrumentación e instrumentos empleados, algunas áreas del conducto aún permanecen intactas.^{14, 15}

El término “conformación y limpieza” refleja el hecho de que los conductos instrumentados y ensanchados, facilitan la acción desinfectante de los irrigantes y la eliminación de la dentina infectada, que en conjunto, forman parte de un esfuerzo concertado para controlar o prevenir la infección.³

La obturación, última fase del tratamiento, refleja que tan adecuada fue la limpieza y conformación, principalmente se observa en la longitud, la conicidad, la densidad, el nivel al que queda la gutapercha y el sellado coronal al final de la terapia.³

Dentro de la limpieza y conformación de conductos se busca alcanzar ciertos objetivos biológicos y mecánicos que garantizan un buen tratamiento de conductos.¹⁶

Los objetivos biológicos propician el éxito endodóncico en general como el bienestar del paciente durante el tratamiento.

- La instrumentación deberá limitarse a los conductos radiculares. Una instrumentación más allá es innecesaria y podría ocasionar inflamación apical, además de ensanchar y deformar el foramen apical de su tamaño real.
- Deberá evitarse la extrusión de material necrótico más allá del foramen apical durante la instrumentación del conducto, debido a que se puede crear una reacción de cuerpo extraño y generar una agudización post-tratamiento.
- La eliminación total de los restos de tejido dentro del conducto es esencial durante el tratamiento, dado que son la principal causa de lesiones periapicales.

- La preparación del conducto debe crear el espacio suficiente para, recibir los medicamentos intraconducto.¹⁶

Los objetivos mecánicos durante la conformación y limpieza de los conductos deben cumplir cuatro postulados para garantizar el éxito:

- crear un cono continuamente divergente desde el ápice radicular hasta el acceso coronal; esto facilita la irrigación y limpiar eficazmente los conductos, además de facilitar la condensación de la gutapercha.
- El corte seccional del diámetro de la preparación debe ser cada vez más estrecho en sentido apical y más amplio 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.
- Durante la conformación del conducto se debe seguir la forma original del conducto, aunque muchas veces exista dificultad por la presencia anatomías complejas de los conductos por curvaturas, dilaceraciones, excesiva longitud o conductos excesivamente calcificados.
- El foramen apical deberá conservarse lo más pequeño posible y su relación espacial original respecto a la superficie radicular. Los forámenes delicados pueden perderse durante la preparación debido al uso inadecuado de los instrumentos, irrigación insuficiente, escasa habilidad táctil o una delicadeza inapropiada.¹⁶

3.- Instrumentación

Para alcanzar el éxito endodóncico, es necesario cumplir ciertos objetivos específicos, la desinfección y eliminación efectiva de las bacterias dentro del conducto radicular es uno de estos, la cual se logra mediante una buena instrumentación.³

La instrumentación de los conductos radiculares tiene como objetivo la modificación de la morfología, respetando al máximo la anatomía interna original, de manera que los conductos adquieran una forma progresivamente cónica desde el orificio de entrada, a la altura de la cámara pulpar, hasta el ápice, manteniendo la posición y el diámetro de la constricción y del foramen.¹⁷

La instrumentación de los conductos radiculares se realiza con el uso de instrumentos endodóncicos e irrigadores antimicrobianos para lograr un ambiente aséptico y una forma más apropiada del conducto, con la finalidad de eliminar la mayor parte de tejido pulpar y elementos infecciosos, por consiguiente, una mayor remoción de sustrato, evitando el crecimiento de microorganismos dentro de este.⁹

El procedimiento que a menudo se conoce como “limpiar y dar forma” es una tarea difícil y requiere tiempo, es por ello la instrumentación requiere una buena metodología para evitar una mala preparación de los conductos o iatrogenias de los mismos, empeorando el pronóstico dentro de la terapia de conductos.⁹

Técnicas de instrumentación del conducto radicular

Existen muchas técnicas propuestas para la instrumentación manual de los conductos, algunas recurren al ensanchamiento de la zona media y coronal mediante instrumental rotatorio y otros medios de instrumentación se centran en la zona apical del conducto.¹⁷

Las técnicas de instrumentación se pueden clasificar generalmente en técnicas crown-down, step-back, ensanchamiento apical y técnicas híbridas.³

Se debe considerar que una adecuada instrumentación del conducto se llevará siempre y cuando exista un buen uso de los instrumentos y que la calidad del acceso sea apropiada, tratando de evitar el adelgazamiento excesivo de las estructuras radiculares lo cual puede verse reflejado en las fracturas verticales o perforaciones

radiculares, debido a la remoción excesiva de dentina radicular en las llamadas “zonas de peligro”.¹⁸

Técnica apico-coronal (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 donde explicó con detalle la técnica; esta 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 idónea morfología apical.¹⁹

Con el método de instrumentación manual step-back la longitud real de trabajo disminuye gradualmente al aumentar el tamaño del instrumento, evitando así que los instrumentos menos flexibles o de mayor calibre creen escalones en las curvaturas apicales, y así, proporcionar una forma más cónica del conducto radicular.³

Un ensanchamiento apical consta de tres fases: preensanchamiento, ensanchamiento apical y acabado apical, lo que permite una mejor irrigación y potenciamiento del efecto antimicrobiano que los irrigantes ofrecen.²⁰

Técnica:

- 1.- Se inicia permeabilizando el conducto con una lima K precurvada de escaso calibre. A la primera lima que alcanza y ajusta en la constricción se llama lima inicial apical (LIA).
- 2.- El conducto se ensancha 3-4 calibres más mediante limado lineal en sentido circunferencial. La última lima que instrumenta toda la longitud del conducto se conoce como lima maestra apical (LMA).

3.- La parte más coronal del conducto se instrumenta con limas de calibre progresivamente superior en retrocesos para cada incremento de calibre o step-back. A cada lima de calibre superior se le ajusta el tope de silicona 1 mm más corto, de modo que se vaya creando una morfología cónica con escasa deformación del conducto.

4.- Si la curvatura es muy pronunciada, se pueden utilizar limas de calibres intermedios y efectuar retrocesos menores, de 0,5 mm. Tras el paso de cada nueva lima, se recapitulará con la LMA para mantener la permeabilidad del conducto. No hay que olvidar el uso de las limas de permeabilización apical.

5.- Las zonas más coronales del conducto se pueden ensanchar aún más con limas H o con fresas Gates-Glidden números 1, 2 y 3. Calibres superiores solo se deben emplear en la entrada cameral del conducto.¹⁷

La técnica de instrumentación manual step back es el método de instrumentación biomecánico más común y utilizado en la actualidad, es un método relativamente sencillo.²¹

Técnica corono-apical (crown-down)

El objetivo de las técnicas corono-apicales 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 pegaba con las paredes del conducto y, con suerte, solo instrumentos de calibre 08 o 10 lograban alcanzar la zona apical.¹⁸

Las técnicas corono-apicales preparan al principio las zonas media y coronal del conducto, posponiendo la determinación de la longitud de trabajo, progresando continuamente la instrumentación hasta alcanzar la constricción apical.¹⁸

La técnica corono-apical Fue presentada por Marshall y Pappin en 1983 y publicada, tras su evaluación, por Morgan y Montgomery. Puede esquematizarse en las siguientes fases:

Técnica.

- 1.- Se inicia la instrumentación con una lima K calibre 35, girándola de modo pasivo, sin presión hacia apical, hasta encontrar resistencia. Si no progresa, se inicia el acceso con limas más finas hasta alcanzar la 35.
- 2.- Cuando la lima 35 se encuentra holgada en el conducto, se utilizan fresas de Gates-Glidden números 2 y 3 sin presión hacia apical, con la finalidad de ensanchar el acceso radicular. Luego se continúa con una lima calibre 30 girándola en sentido horario dos veces.
- 3.- Se repite el procedimiento con una lima de calibre inferior hasta acercarse a la zona apical. Entonces se realiza una radiografía con la lima en el conducto y se establece la longitud de trabajo aparente. Se continúa con limas cada vez más finas, 15 o 10 hasta suponer que se ha alcanzado la constricción apical, se determina la longitud de trabajo verdadera.
- 4.- Si se llega, por ejemplo, hasta un calibre 10, se repite la secuencia iniciándola con una lima calibre 40, con lo que en la zona de la constricción puede alcanzarse probablemente un diámetro
- 5.- Se repite la secuencia empezando con un calibre 45, para alcanzar un calibre apical de 20 o 25.^{17, 22}

Técnica de fuerzas equilibradas

La curvatura del conducto siempre ha representado una complejidad en la preparación del mismo. Una curvatura del conducto introduce factores en la preparación que, si no se controlan durante la conformación, provocarán el transporte, la formación de escalones e incluso la perforación.²³

El concepto de "fuerza balanceada" desarrollado por Roane y cols en 1985, y apoyado por Charles y Charles en 1998, en la que se propone un medio para superar la influencia de la curvatura. Se menciona que la eliminación de los bordes cortantes del extremo apical de las limas K, suaviza el ángulo de transición entre la punta y el resto del segmento cortante, y constata que los instrumentos con un ángulo de corte inferior a 45° eran más eficaces mediante un movimiento de rotación.^{23, 24}

La técnica de fuerzas equilibradas se efectúa preparando inicialmente una cavidad de acceso radicular con limas K y fresas de Gates-Glidden. Es aquí donde la técnica de fuerzas equilibradas empieza y tiene 3 fases:

1.- En la primera 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. En la segunda fase se produce el corte de la dentina; se realiza mediante un giro de la lima en sentido antihorario, con una 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, y será mayor cuanto más grande sea el calibre de la lima empleada. La dentina opone una fuerza semejante y antagónica a la que ejerce la lima al cortar. En una lima de sección triangular, la componente de fuerzas según estos autores se dirigirá al centro del conducto sin deformarlo.

3. La última fase consiste en efectuar 1 o 2 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 calibre menor hasta alcanzar la constricción, ensanchando a la altura de la terminación apical hasta un diámetro suficiente. Aunque originalmente Roane instrumentaba

diámetros elevados, 40 e incluso mayores, estudios posteriores han recomendado no superar un calibre 30 o máximo 35 en conductos curvos.¹⁷

Como se mencionó antes esta técnica es esencialmente una acción de ensanchado usando movimientos a favor de las manecillas del reloj para insertar la lima y movimientos en contra de las manecillas para remover la dentina, evitando así una mayor deformación de la morfología del conducto.⁹

Uso de las Gates-Glidden

Las fresas Gates-Glidden están formados por un vástago largo y fino, con su zona más frágil junto al mandril para facilitar su extracción si se fractura. El segmento cortante es de pequeñas dimensiones y su extremo apical es inactivo. Están indicadas para la preparación de la entrada de los conductos y de los tercios cervical y medio, siendo también utilizados en casos de retratamientos, ya que la fricción de la Gates Glidden con la gutapercha genera calor en la misma, facilitando así su remoción por plastificación, además de llevar a la expulsión el material en sentido coronal.^{3,17,25}

La parte activa de la fresa varía de tamaño, la cual está estandarizada según la ISO, se encuentran disponibles en tamaños 1, 2, 3, 4, 5 y 6 que corresponden respectivamente a los diámetros 0,5, 0,7, 0,9, 1.10, 1.30, 1.50 mm y están disponibles en longitudes de 15 y 19 mm. Los diferentes tamaños pueden ser identificados por el número de anillos marcados en la extremidad de encastramiento de la fresa.^{25,3}

Debido a que son relativamente agresivas, se debe evitar el sobreuso coronal de éstas lo puede debilitar la estructura del diente y preferentemente deben usarse cuando la cámara pulpar esté llena con irrigante para evitar sobrecalentamiento y bloqueo del conducto.³

4.- Irrigación

La instrumentación de los conductos radiculares, sea cual sea la técnica empleada, solo elimina una parte de su contenido; los instrumentos aun no pueden alcanzar las múltiples irregularidades de la anatomía interna radicular que presentan los conductos. Debido a que existe esta deficiencia se necesita el uso de irrigantes dentro del conducto para una mayor eliminación de los microorganismos aun permanentes.^{26, 3}

La irrigación se define como el lavado de una cavidad o herida corporal con agua o un líquido medicado acompañado de una aspiración, la cual se define como el proceso de eliminar líquidos o gases del cuerpo por succión.³

El uso de los irrigantes dentro del sistema de conductos radiculares proporciona ciertas funciones importantes, pues reduce la fricción entre el instrumento y la dentina, mejora la eficacia en los cortes del instrumento sobre la dentina, elimina tejidos y materiales sueltos, necróticos o contaminados dentro del conducto antes de ser empujados hacia los tejidos apicales.²⁷

El uso de los irrigantes durante la terapia de conductos deben proporcionar beneficios para el tratamiento tales como:

- 1.- Disolución de tejidos: disolver materia orgánica y detritos dentro del conducto radicular.
- 2.- Acción antibacteriana: ayudar en la remoción de microorganismos patogénicos del conducto.
- 3.- Lubricación: ayudar al paso libre de los instrumentos dentro del conducto.
- 4.- Quelación: ayudar en conductos estrechos y calcificados mediante la sustitución de iones Calcio y la formación de sales solubles.
- 5.- Efecto blanqueador y deodorizante. 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.^{17, 21}

Los irrigantes ideales deben cumplir ciertos requisitos dentro de la terapia de conductos:

- Bactericida y fungicida eficaz.
- Baja toxicidad.
- Biocompatibilidad con los tejidos periapicales y tejidos intraorales.
- Baja tensión superficial.
- Mantenerse estable en solución.
- Un efecto antimicrobiano prolongado.
- Ser activo en presencia de sangre, suero y derivados proteicos del tejido.
- No teñir la estructura dental.
- Poder inactivarse en un medio de cultivo.
- No inducir una respuesta inmune celular.
- Eliminar barrillo dentinario, desinfectar dentina subyacente y sus túbulos.
- No tener efectos adversos en la capacidad de sellado de los materiales obturadores.
- Conveniente para el uso.
- Buen tiempo de efectividad.
- Fácil almacenamiento.
- Fácil disponibilidad.^{28, 29, 30}

Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio (NaOCl) es la solución más utilizada en la terapia de conductos, es un excelente antibacteriano y disolvente de tejido necrótico, tejido pulpar, componentes orgánicos de dentina y biopelículas. Es el irrigante de elección por su eficacia contra los microorganismos patógenos, satisfaciendo muchas de las características ideales de un irrigante.^{31, 3}

El uso de hipoclorito de sodio se remonta a más de 100 años, cuando Dakin, reconociendo su gran reactividad y su capacidad para digerir químicamente materia orgánica, informó el uso de esta solución al 0,5% para la desinfección de heridas. Su aplicación en la terapia de conductos radiculares se acredita a Alfred Walker en 1936.³²

En el campo endodóncico se ha confirmado su amplio espectro antibacteriano incluyendo aquellos patógenos difíciles de erradicar como *enterococcus*, *actinomyces* y *cándida*. También tiene la capacidad de neutralizar parcialmente los tejidos necróticos o cualquier componente antigénico o microbiano que queda en el conducto radicular, durante la terapia de conductos se ha utilizado en diferentes concentraciones variando entre 0,5 y 6%.^{3, 33}

El NaOCl tiene un pH alto entre 11 y 11,5 eficaz en la eliminación de anaerobios los cuales necesitan un medio ácido para prosperar. Una alternativa para aumentar la eficacia del mismo es la elevación de la temperatura en un rango de 5-60°C, incrementando su capacidad de disolución tisular inmediata.^{21, 34}

Se ha demostrado que el NaOCl elimina los microorganismos rápidamente, incluso a concentraciones bajas de menos del 0.1%, sin embargo, la presencia de materia orgánica consume este NaOCl debilitando su efecto. Por lo tanto la irrigación continua, el tiempo y la concentración son factores importantes para la efectividad del hipoclorito.³⁵

Clorhexidina

La clorhexidina (CHX) es un antimicrobiano de amplio espectro efectivo contra bacterias gramnegativas y grampositivas, además de levaduras. La clorhexidina se ha utilizado en la irrigación de los conductos radiculares, bajo la forma de solución acuosa (digluconato de clorhexidina) en concentraciones de entre 0,12 y 2%.^{36, 1}

Según su concentración, la clorhexidina puede tener efectos bacteriostáticos o bactericidas. En concentraciones altas actúa como detergente, al dañar la membrana celular, causa precipitación del citoplasma convirtiéndose bactericida. En concentraciones bajas es bacteriostática, pues no daña la célula de forma irreversible, también puede alterar el metabolismo bacteriano de otras maneras, inhibiendo la producción de ácidos en algunas bacterias.³⁷

Tiene acción prolongada derivada de su capacidad de adsorción a las superficies, conocida como substantividad. Por ejemplo, se fija a la hidroxiapatita del esmalte y la dentina, se libera con lentitud, a medida que su concentración en el medio disminuye.¹

A pesar de que la clorhexidina es un antimicrobiano eficaz, parece no ofrecer ventajas sobre el hipoclorito de sodio como solución irrigadora. No posee la capacidad disolvente de tejido orgánico ni acción blanqueadora de este irrigante, tampoco ofrece mejor biocompatibilidad. Puede ser una alternativa en pacientes alérgico al hipoclorito.¹

Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) fue introducido como solución irrigadora en 1957 por Nygaard Østby. 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.^{17, 38}

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. Sus propiedades quelantes eliminan la porción mineralizada del barrillo dentinario secuestrando iones metálicos di- y tricationicos como Ca^{2+} y Fe^{3+} que una vez unidos al EDTA se vuelven solución, pero con menor reactividad.^{3, 17}

Elimina el barrillo dentinario cuando contacta directamente con la pared del conducto durante menos de un minuto, el proceso descalcificante es autolimitado, descalcificando hasta 50µm, suficiente para abrir un conducto ocluido muy fino.³

También la exposición directa del EDTA por un tiempo prolongado a las bacterias puede extraer proteínas de la superficie bacteriana que al combinarse con los iones metálicos de la recubierta celular puede producir la muerte bacteriana.³

5.- Obturación de los conductos radiculares

La obturación de los conductos radiculares constituye la última fase del tratamiento de conductos y consiste en el llenado de la porción conformada del conducto con un material inerte o antiséptico que promueva el proceso de reparación o que no interfiera con éste, impidiendo la supervivencia de los microorganismos, contribuyendo así, al éxito de la terapia endodóncica.¹⁷

El éxito de la terapia de conductos depende tanto de una preparación quimomecánica completa, como de una obturación tridimensional que proporcione un sellado completo de los espacios previamente ocupados por la pulpa dental.³⁹

En un estudio realizado en la Universidad de Washington, consideró que la causa principal de fracaso de los tratamientos endodóncicos era una obturación deficiente de los conductos radiculares.⁶

Un objetivo de la obturación del sistema de conductos radiculares consiste en encapsular microorganismos por completo del resto del organismo, para mantener los resultados de la preparación del conducto.¹⁷

Una obturación adecuada debe ser suficiente para evitar la diseminación de bacterias y sus elementos hacia el área periapical. Aun cuando se haga una buena

limpieza y modelado del conducto siempre quedan algunos residuos de bacterias en el interior del sistema de conducto radicular las cuales en condiciones generales y con una buena obturación no causan complicaciones clínicas.^{40, 9}

Objetivos de la obturación

Uno de los principales objetivos de la obturación del sistema de conductos radiculares es evitar la infección/reinfección de los conductos tratados promoviendo la reparación de los tejidos periodontales y manteniendo estable las condiciones periapicales. También se logra el atrapamiento de las bacterias remanentes dentro de un medio en el cual no proliferan, permitiendo un buen sellado de fluidos desde la parte coronal hasta la apical, buscando así mismo prevenir la salida de exudado perirradicular hacia el espacio del conducto evitando ser nutriente para las bacterias remanentes.^{41, 9}

De acuerdo con Laurichesse y Breillat (1986), dentro de la obturación puede distinguirse un objetivo técnico y otro biológico:

El objetivo consiste en rellenar, de la manera más hermética posible, la totalidad del sistema de conductos radiculares con un material que sea estable y que se mantenga de forma permanente en él, sin sobrepasar sus límites, es decir, sin alcanzar el periodonto. Se establece el concepto de “sellado coronoapical”, en el que se enfatiza la importancia de que la obturación tenga la misma calidad a lo largo de toda la extensión del conducto, ya que la posibilidad de penetración de fluidos y bacterias hacia el interior del conducto es tanto más elevada desde la cavidad bucal que desde el periodonto.⁴²

El sellado apical es importante, ya que junto al foramen apical pueden existir bacterias que pueden penetrar de nuevo en un conducto mal obturado y reanudar la inflamación. El sellado coronal es imprescindible, porque muchos materiales de

restauración de la corona pueden permitir un cierto grado de filtración marginal, con paso de saliva y bacterias que alcanzan el material de obturación.⁴²

El objetivo biológico refiere que al no llegar productos tóxicos al periápice, se dan las condiciones apropiadas para la reparación periapical. Los propios medios de defensa del organismo podrán, por lo general, eliminar las bacterias, componentes antigénicos y restos hísticos necróticos que hayan quedado junto al ápice y completar la reparación hística.⁴²

Postulados para la obturación

Para que la terapia de conductos pueda obturarse y concluirse, es necesario que se observen algunas condiciones:

- a) El diente no debe presentar dolor espontáneo ni provocado, ya que la presencia de dolor indica la existencia de inflamación o infección de los tejidos periapicales, y la obturación podría exacerbarlo.
- b) El conducto debe estar limpio y conformado de manera correcta.
- c) El conducto debe estar seco, la presencia de exudado contraindica la obturación. Algunas veces, durante el tratamiento de un diente con pulpa necrótica, después de algunas tentativas para secar el conducto persiste el exudado, en esas situaciones es conveniente reevaluar la preparación realizada y llenar el conducto con hidróxido de calcio.
- d) El conducto conformado no debe quedar expuesto a la cavidad bucal por desalajo de la restauración provisoria.

Cuando el diente presente todos y cada uno de estos requisitos, puede llevarse a cabo la obturación.¹

5.1 Materiales de obturación

Varios materiales de obturación han sido recomendados para la obturación del espacio radicular. Se han utilizado una variedad de materiales de núcleo junto con un sellador / cemento donde el método más común de obturación hoy en día incluye gutapercha como material de núcleo.⁴³

Clasificación de los materiales de obturación⁴⁴

Materiales en estado sólido o semisólido	Materiales en estado plástico
Conos: <ul style="list-style-type: none">- Puntas de plata- Gutapercha- Resilon	Pastas Selladores: <ul style="list-style-type: none">- a base de óxido de zinc-eugenol- a base de hidróxido de calcio- a base de ionómero de vidrio- a base de resinas

Los materiales para la obturación de conductos radiculares deben cumplir con propiedades técnicas, biológicas y de manipulación ideales, entre las cuales destacan.

Propiedades técnicas:

- Sin contracción.
- No soluble en los líquidos tisulares, que su endurecimiento no sea interrumpido por la presencia de humedad.
- Buena adhesión y adaptación a la dentina o a los materiales combinados (puntas, selladores).
- Sin poros y que no absorba agua.
- Sin decoloración dental.

Propiedades biológicas:

- Sin problema para la salud general o alergias en pacientes y el odontólogo.
- Sin irritación de tejidos locales.
- Estéril.
- Antimicrobiano.
- Estimulación de los procesos de recuperación apical.

Propiedades de manipulación:

- Radiopaco: ISO 6876 (62) requiere más de 3 mm de aluminio (la dentina tiene 0.6 a 0.7, la radioopacidad de los materiales dentales se mide como equivalentes de mm de aluminio).
- Endurecimiento en un tiempo adecuado, permitiendo tiempo suficiente para la obturación y para el control radiográfico.
- Fácil de aplicar y eliminar utilizando solventes, calor o instrumentación mecánica.⁹

Gutapercha

La gutapercha es el material más utilizado para obturar la mayor parte del conducto radicular. Es un producto natural formado por exudado coagulado purificado de árboles (*Isonandrapercha*).^{9, 3}

Es un polímero de alto peso molecular basado en el monómero del isopreno. Existen dos formas de gutapercha relevantes para los productos dentales: las formas cristalinas α y β . La gutapercha experimenta transformaciones al ser calentada. Así, cuando aumenta la temperatura, aproximadamente a 46°C se produce la transición de fase β a α . Después entre 54 y 60°C, el material entra en una tercera fase: la fase amorfa o fundida. La gutapercha cristaliza cuando se enfría, llegando a la fase alfa y finalmente llevándola hasta la fase beta. Los conos de gutapercha se ablandan por encima de los 65°C.⁴⁵

Nguyen enumeró una serie de ventajas e inconvenientes de las puntas de gutapercha.

Ventajas:

- 1.- Deformables mediante presión, así puede ser compactada contra las irregularidades del conducto radicular.
- 2.- Posibilidad de reblandecerlas y plastificarlas mediante calor y solventes.
- 3.- Bien toleradas por los tejidos, comportándose de modo inerte, sin capacidad inmunogénica.
- 4.- Son estables desde el punto de vista dimensional. Ni se contraen, ni se expanden.
- 5.- Son radiopacas.
6. Los tejidos del diente no se tiñen.
7. Se pueden retirar de los conductos con cierta facilidad.

Inconvenientes:

1. Escasa rigidez, por lo que, en forma de puntas de calibre pequeño, tienen dificultades para alcanzar el límite de la preparación.
2. No presentan adhesividad por lo que necesitan de un cemento para sellar la interface con las paredes del conducto.
3. Por su viscoelasticidad, pueden experimentar sobreextensiones más allá de la constricción al recibir fuerzas en la condensación lateral o vertical.⁴⁶

La gutapercha no obtura el conducto de manera efectiva cuando se usa solo, se debe usar un cemento sellador para lograr adherir el material a la dentina y para obturar las irregularidades y pequeñas discrepancias entre la gutapercha y las paredes del conducto.⁴⁷

Las puntas de gutapercha se comercializan estériles, por lo general. Si existen dudas acerca de su esterilización, esta se puede asegurar con facilidad mediante la

inmersión de las puntas en una solución antiséptica. Los mejores resultados los proporciona su inmersión en hipoclorito sódico al 5% durante 1 minuto o al 2,5% durante 3 minutos.⁴⁸

Se presentan en tamaños estandarizados y no estandarizados (convencional); la nomenclatura convencional se refiere a las dimensiones de la punta y del cuerpo. Un cono fino-mediano tiene la punta fina y el cuerpo mediano; los conos estandarizados están diseñados para corresponder con la conicidad de los instrumentos de acero inoxidable y de níquel-titanio (NiTi). Un tamaño 40/04 tiene la punta de 0,4mm y una conicidad de 0,04 mm/mm. Por desgracia, no existe uniformidad en la fabricación y el tamaño de los conos es variable.⁴⁹

Composición de los conos de gutapercha

La gutapercha varía de manera considerable en su composición, debido a los diferentes fabricantes, pero están compuestos principalmente por:⁹

Gutapercha	20%
Óxido de cinc	66%
Sulfatos de metal (radioopacidad)	11%
Aditivos como colofonía, pigmentos o materiales para radioopacidad.	3%

Resilon

El resilon (Pentrol Clinical Technologies, wallingford, CT), es un material de relleno de conductos radiculares termoplástico compuesto de polímeros creado en un intento de conseguir una unión adhesiva entre el material sólido del núcleo y el sellador; se diseñó para emplearlo con Epiphany, un material nuevo sellador de resina con capacidad de unión a la dentina.³

La matriz polimérica de Resilon consiste en 25-40% de policaprolactona (PCL) y 3-10% de dimetacrilatos, además contiene cristal bioactivo y rellenos radioopacos (clorato de bismuto y sulfato de bario).⁵⁰

Se ha demostrado que el resilon y la gutapercha tienen una biocompatibilidad aceptable. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que Resilon es más citotóxico que la gutapercha y su citotoxicidad aumenta después de 48 horas.^{51, 52}

El resilon se suministra en los mismos tamaños y formas ISO (conos y bolitas) que la gutapercha, se puede emplear con cualquier técnica de obturación y los conos tienen una flexibilidad similar a los de la gutapercha.³

Este material se puede reblandecer con calor o disolver con solventes como el cloroformo facilitando las técnicas actuales de retratamiento en los casos fallidos.³

El resilon es una resina, por lo tanto puede ser compatible con los procedimientos de restauración recientes, en los que se emplean postes y muñones con agentes de unión resinosos.⁵³

5.2 Cementos selladores

La obturación de los conductos no se puede obtener sin el uso de un cemento sellador y conos de gutapercha. El objetivo de los cementos es sellar la interfase existente entre el material núcleo de la obturación y las paredes dentinarias del conducto radicular, con la finalidad de conseguir una obturación del mismo en las 3 dimensiones del espacio, de forma hermética y estable.^{17, 54}

El sellador rellena todo el espacio que la gutapercha es incapaz de obturar, debido a las limitaciones físicas que ésta presenta, adhiriéndose con fuerza tanto a la dentina como al material central.³

La obturación sin un cono utilizando únicamente sellador aumenta de manera significativa la filtración hacia el conducto debido al hecho de que los selladores pueden sufrir contracciones durante su endurecimiento, puede desarrollar poros y la solubilidad del mismo aumenta cuando se utilizan en capas gruesas; el efecto neto depende del volumen, lo cual es la razón principal de no usar más sellador que lo absolutamente necesario.⁹

Grossman enumeró 11 requisitos que debe reunir un buen sellador de conductos, a los que Ingle y West añadieron 2 más. Pueden citarse, por tanto, los siguientes requisitos:

1. Debe ser pegajoso, una vez mezclado, para adherirse tanto al material de núcleo como a las paredes de la dentina.
2. Ha de proporcionar un sellado hermético a los conductos obturados.
3. Conviene que sea suficientemente radioopaco para poder visualizarse en las radiografías.
4. Las partículas del cemento deben ser muy finas para poder mezclarse bien con el líquido.
5. No debe contraerse al endurecer o fraguar.
6. Es conveniente que no tiña los tejidos dentales.
7. Debe ser bacteriostático.
8. Debe fraguar con suficiente lentitud, para poder realizar la técnica de obturación con los ajustes necesarios.
9. Ha de ser insoluble en los fluidos hísticos.
10. Debe ser biocompatible, es decir, bien tolerado por los tejidos vitales.
11. Tiene que poder solubilizarse en los solventes habituales, para poder eliminarlo de los conductos radiculares si fuera necesario.
12. No ha de generar una reacción inmunitaria al ponerse en contacto con el tejido periapical.
13. No debe ser mutagénico, ni carcinogénico.^{55, 56}

Las funciones del cemento sellador quedan resumidas básicamente en:

- Sirve para el relleno de espacios vacíos del conducto.
- Funciona como agente de unión entre gutapercha-dentina y gutapercha-gutapercha.
- Lubricación para facilitar la entrada de conos de gutapercha.
- Capacidad para fluir y llenar conductos accesorios y forámenes múltiples.²

Tipos de cementos selladores

A base de óxido de zinc-eugenol

Los cementos selladores a base de óxido de zinc eugenol (ZnOE) son los más antiguos, la combinación del óxido de zinc con eugenol ocasiona el endurecimiento de la mezcla por un proceso de quelación, la mezcla termina su reacción en 24 horas, pero la velocidad puede ser regulada por la adición de compuestos a estos.^{1,9}

Se han utilizado por muchos años, y existe una demasiada experiencia clínica con estos materiales en la actualidad, estos selladores comprenden un grupo muy grande de preparaciones diferentes; la composición de este cemento sellador comprende:

Polvo:

- Óxido de zinc (42%).
- Resina Staybelite (27%).
- Subcarbonato de bismuto (15%).
- Sulfato de bario (15%).
- Borato de sodio anhidrico (1%).

Líquido:

- Eugenol (4-alil-2-metoxifenol).^{3,9}

Para mejorar sus propiedades, se adicionan otros componentes por ejemplo: resinas, aumentando su adherencia a las paredes del conducto; antisépticos, para incrementar su capacidad antibacteriana; sales de metales pesados, para que sean más radiopacos; paraformaldehído, que es un potente antimicrobiano y momificante y corticoides, para disminuir la inflamación y el dolor postoperatorio. En algunos selladores, el eugenol ha sido reemplazado, de manera parcial o total, por aceite de clavo, bálsamo del Perú o eucalipto.¹⁷

El óxido de zinc se utiliza en la composición de numerosos preparados ya que presenta una ligera inhibición microbiana al mismo tiempo que un cierto efecto de protección celular. La acción antimicrobiana del óxido de zinc en conos de gutapercha y muchos selladores tiene un efecto antimicrobiano bajo pero prolongado. En un estudio, un sellador de ZnOE tuvo una zona media de inhibición estadística significativamente mayor que tres selladores a base de hidróxido de calcio.⁵⁷

Los selladores a base de ZnOE tiene propiedades antimicrobianas sobre diversos microorganismos, incluyendo suspensiones de *E. faecalis* y otros microorganismos aun después de 7 días posteriores al mezclado; el *E. faecalis* es un microorganismo muy resistente encontrado en los conductos radiculares necróticos.⁹

A base de hidróxido de calcio

El hidróxido de calcio se ha utilizado en endodoncia como material de relleno del conducto radicular, medicamentos intraconducto o como cemento sellador, cuando es utilizado como cemento sellador debe de ir en combinación con materiales de núcleo sólido durante la obturación.⁴³

Hoy en día se han comercializado varios selladores a base de Ca(OH)_2 , por ejemplo: Sealapex (Sybron Endo), RealSeal (Sybron Endo), CSCS (Calciobiotic Root Canal Sealer), Apexit y Apexit Plus (Ivoclar Vivadent). Se dice que estos selladores tienen

un gran efecto terapéutico y antimicrobiano debido a la capacidad de liberar iones hidroxilo y por tener un pH alto.^{58, 3}

Por desgracia, tales acciones no han sido demostradas. Se creía que estos selladores podrían tener un gran potencial osteogénico-cementogénico, pero la solubilidad es necesaria para que se libere el Ca(OH)_2 quien induciría la reparación apical, siendo que la solubilidad va en contra de las propiedades de un cemento sellador ideal.³

Estos selladores también tienen poca fuerza de cohesión. No existen pruebas objetivas de que un sellador de Ca(OH)_2 proporcione ventajas para las obturaciones de los conductos radiculares, ni de que tenga los efectos biológicos deseables de la pasta de Ca(OH)_2 . 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 este último. Se detectaron algunos iones hidroxilo en la dentina, cerca del relleno radicular con Sealapex. El Sealapex liberó más iones hidroxilo en la dentina, pero se desintegró durante el proceso. Los estudios in vivo sobre el Sealapex y el CRCS (Coltene Whaledent, Altsatten, Suiza) han demostrado que ambos productos se desintegran con facilidad en los tejidos y los dos causan inflamación crónica.^{3, 59, 60}

A base de resina

Los cementos selladores a base de resina se utilizan desde hace más de 40 años en todo el mundo y sus propiedades de manejo son generalmente buenas. Estos cuentan con una radiopacidad adecuada (6.6 mm Al). Sin embargo, los materiales colocados en una masa dura que, en un tiempo clínico relevante, son virtualmente insolubles aun para los solventes orgánicos hacen que este material debe usarse con conos de gutapercha.⁹

Estos selladores proporcionan buenas propiedades mecánicas de sellado, adhesión y adaptación a la dentina. En general, en estudios in vitro e in vivo mostraron mejores propiedades de sellado que con ningún otro sellador probado, aunque estuvo lejos de lo perfecto porque el tiempo aumentado de almacenamiento (hasta 2 años) disminuye la calidad del sellado.^{61, 9}

No se espera repercusión sistémica con la colocación de cementos selladores a base de resina, además sus reacciones alérgicas son raras. Las propiedades antimicrobianas son buenas en especial en estado fresco y la citotoxicidad es de moderada a baja (una vez colocado).⁹

Los defensores de estos selladores proponen que se unen a la pared del conducto y al material central para crear un “monobloque”. Un estudio indicó que la fuerza de adhesión a la dentina puede estar influida por el irrigante utilizado. El agua y la clorhexidina disminuyeron la fuerza de adhesión en comparación con hipoclorito de sodio, NaOCl/EDTA y NaOCl/MTAD. El uso de EDTA y MTAD no mejoraron la adhesión en comparación con el hipoclorito de sodio solo.^{62, 3}

A base de ionómero de vidrio

Los ionómeros de vidrio se han aconsejado para la obturación debido a sus propiedades de adhesión a la dentina a través de la mezcla con la hidroxiapatita. Diversos estudios han comprobado el uso del ionómero de vidrio en la obturación del sistema de conductos radiculares, razón, por la cual, Ray y Seltzer proponen, en 1992, el Ketac-Endo. Este cemento sellador es constituido por una cápsula, conformada por un dispositivo para activar y otro para aplicar el producto. La cápsula es colocada en el dispositivo activador y es presionada para liberar los componentes, posteriormente, es sometida a agitación para el mezclado; el material es llevado al conducto y cuenta con 30 minutos de trabajo siendo un producto más permeable que el AH26, Sealapex, Sealer 26 y Tubliseal según Smith y Steiman en 1994.^{25,63, 64}

Según Kolokuris et al. en 1996, la compatibilidad tisular de los selladores a base de ionómero de vidrio es superior a las ofrecidas por los cementos a base de ZnOE y de Tubliseal (cemento a base de resina), pero inferior a las observadas en dientes experimentalmente obturados con MTA.⁶⁵

Los cementos selladores a base de ionómero causan poca irritación tisular y tienen una toxicidad baja in vitro, pero existen dudas sobre la calidad del sellado, debido a que se han observado fracasos de la adherencia entre dentina y sellador.^{66, 3}

También es difícil tratar adecuadamente las paredes dentinarias en el tercio medio y apical con agentes adhesivos preparadores para recibir el cemento de ionómero. Otro inconveniente que presentan, se refiere a su eliminación en caso de ser necesario repetir el tratamiento y su actividad antimicrobiana mínima.^{67, 3}

6.- Técnicas de obturación

Así como se registran la existencia de un gran número de técnicas de instrumentación, también son muchas las de obturación. Se emplean de acuerdo al material usado y a las condiciones del conducto, todas tienen como objetivos comunes: reunir calidad con practicidad.³

Condensación lateral

La técnica de la condensación lateral de puntas de gutapercha en frío es la más empleada por la mayoría de profesionales. Su eficacia comprobada, su relativa sencillez, el control del límite apical de la obturación y el uso de un instrumental simple han determinado la preferencia en su elección. Se considera una técnica patrón o de oro, cuya eficacia se compara con otras técnicas más novedosas.¹⁷

Su eficacia en obliterar el espacio del conducto es superior a las técnicas de cono único utilizadas hasta finales de la década de los sesenta; muchos conductos presentan una sección oval, imposible de rellenar con una sola punta, incluso en la zona próxima a la constricción apical, en la que es factible obtener en los conductos estrechos una sección circular, la terminación redondeada de las puntas de gutapercha es difícil que ajuste por sí misma a las paredes del conducto.¹⁷

La técnica se puede utilizar en la mayoría de las situaciones clínicas y proporciona control de la longitud durante la compactación. Un inconveniente de esta técnica es que no permite rellenar las irregularidades del conducto como la compactación vertical caliente. El procedimiento se puede utilizar con cualquier cemento sellador aceptado.^{68, 3}

Técnica de condensación lateral

1.- Después de la preparación del conducto, se selecciona un cono estandarizado con un diámetro acorde a la lima de mayor calibre usada en el conducto hasta la longitud de trabajo. Una alternativa consiste en adaptar un cono convencional de conicidad apropiada cortando progresivamente en pequeñas porciones de la punta.

2.- Este cono maestro es medido y sujetado 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, pisándolo; el cono se coloca en el conducto y se selecciona un tamaño apropiado, se notará la resistencia al desplazamiento o retroceso.

3.- La colocación del cono maestro se confirma mediante una radiografía periapical.

4.- El conducto es irrigado y una vez irrigado, se coloca una punta de papel para absorber la humedad acumulada. Las puntas de papel más grandes deben usarse primero seguidas 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 ajusta para ser insertado a 1-2 mm de la longitud de trabajo y también se seleccionan las puntas accesorias apropiadas. Los espaciadores digitales proporcionan mejor sensibilidad táctil y es menos probable que induzcan a 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 estar a menos de 2 mm de la longitud de trabajo, pareciendo existir una relación entre el cemento sellador 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 y una presión de tan sólo 1.5 kg es capaz de fracturar la raíz.³

Condensación lateral modificada con ultrasonido

Ultrasonido

El ultrasonido es una energía de sonido con una frecuencia superior al rango de la audición humana, que es de 20 kHz. El rango de frecuencias empleado en las unidades ultrasónicas originales estaba entre 25 y 40 kHz.⁶⁹

El concepto del ultrasonido en la endodoncia fue introducido por primera vez por Richman en 1957. Sin embargo, no fue hasta que Martin et al. demostraron la capacidad de las limas tipo K activados por ultrasonidos para cortar dentina, esta aplicación encontró un uso común en la preparación de conductos radiculares antes del llenado y la obturación.^{70, 71, 72}

Actualmente el uso del ultrasonido en el área endodóncica puede otorgar ciertas ventajas entre las cuales destacan:

- 1.- Acceder y encontrar conductos calcificados.
- 2.- Eliminar obstrucciones intraconducto (instrumentos separados, postes, puntas de plata y postes metálicos fracturados).
- 3.- Preparar de manera biomecánica los conductos y mejorar la acción de las soluciones de irrigación.
- 4.- Condensación ultrasónica de la gutapercha.
- 5.- Endodoncia quirúrgica: preparación retrograda del conducto y colocación del material de obturación.⁷⁰

En los últimos años, se han introducido una serie de técnicas de gutapercha plastificada que han pretendido lograr un mejor sellado tridimensional de los conductos radiculares. Se han implementado técnicas con gutapercha ablandada

por calor o suministrada mediante inyección o con un portador que suministra la gutapercha.⁷³

Moreno en 1976, fue el primer autor que utilizó el ultrasonido (Cavitron o Cavi-Endo de Denstply), con el fin de proporcionar calor y hacer más maleable la gutapercha para obtener un mayor grado de compactación plastificando la misma, realizando un monoblock, para disminuir el riesgo de reinfección del conducto y evitar el paso de microorganismos.⁷⁴

La condensación lateral con ultrasonido conserva el control de longitud de la condensación lateral fría al tiempo que agrega las ventajas superiores de una técnica termoplástica. La técnica de condensación lateral por termoplastificación de la gutapercha, logra una masa más homogénea con menor cantidad de vacíos, produciendo una obturación tridimensional más completa del sistema de conductos radiculares.^{75, 76}

El instrumento ultrasónico tiene las siguientes ventajas:

- El tamaño del transportador térmico (espaciador) se puede elegir para que coincida con el diámetro del conducto radicular.
- El espaciador ultrasónico puede curvarse para que coincida con la curvatura del conducto radicular.
- La gutapercha no se adhiere al instrumento ultrasónico mientras está activada por la unidad ultrasónica.
- La temperatura producida al operar puede configurarse en la potencia.⁷⁶

Se han descrito varios protocolos de obturación para la condensación ultrasónica de gutapercha: Moreno en 1977 propuso el ablandamiento ultrasónico del cono maestro únicamente seguido de condensación lateral fría, Baumgardner & Krell en 1990 realizaron una activación ultrasónica después de la colocación de cada cono accesorio, Amditis et al. en 1992 proponen una o dos activaciones ultrasónicas

después de la finalización de la condensación lateral fría y Deitch en el 2002 incluyen una activación ultrasónica después de la colocación de cada segundo cono accesorio.⁷⁷

Técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido

La técnica más aceptada se basa en:

- 1.- Colocación del cono maestro con cemento sellador a longitud real de trabajo.
- 2.- Condensación lateral en frío de tres conos accesorios usando un espaciador digital adecuado y sin cemento sellador.
- 3.- La punta ultrasónica se coloca en el centro de la masa de gutapercha a -1 mm de la longitud de trabajo y es activada en una potencia y duración apropiada para evitar el sobrecalentamiento y daño a los tejidos perirradiculares.
- 4.- Al final de la activación, la punta del ultrasonido es removida, y se coloca un cono accesorio; seguido de la activación nuevamente del espaciador ultrasónico.
- 5.- Este proceso se repite hasta que el conducto se obture completamente. Durante cada activación, la punta ultrasónica debe ir cada vez más coronal.⁷⁷

En un estudio realizado por Bailey en el 2004 sobre los aumentos de temperatura durante la técnica lateral modificada con ultrasonido, se encontró que el tiempo de activación del ultrasonido por 15 segundos a una potencia media, produjeron un aumento excesivo en la superficie radicular; por lo que el tiempo óptimo de activación ultrasónica para la obturación del conducto radicular debe ser de 5 a 10 segundos.⁷⁸

Onda continua de calor

Una variación de la compactación vertical en caliente es la técnica de compactación con onda continua de calor; esta técnica se introdujo con el fin de simplificarla y acelerarla; la cual fue propuesta por Buchanan en 1996, quien dio a su técnica el nombre de “condensación central mediante una onda continua”.^{3, 9, 79}

Esta técnica tiene por finalidad obturar la zona apical del conducto, obliterando algunos conductos laterales y foraminas apicales de un modo más sencillo que la condensación vertical de gutapercha caliente.¹⁷

DuLac y cols. en 1999, evaluaron la capacidad de 6 técnicas para obturar conductos secundarios en la zona apical in vitro; los mejores resultados se obtuvieron con el Thermafil y la técnica de onda continua, mejorando el porcentaje de conductos obliterados cuando se utilizaba sellador.^{17, 80}

Actualmente existe una unidad de obturación, generadora de calor, llamada Elements Obturation Unit (SybronEndo), que presenta 2 piezas de mano; una, similar al System B, con un botón en vez de muelle que sirve para activar los pluggers. La otra, llamada Extruder, para inyectar gutapercha calentada a 100 °C o Real Seal en el conducto radicular.¹⁷

El dispositivo permite regular la temperatura del plugger y la potencia, o tiempo necesario para alcanzar la temperatura elegida. Por otro lado, el Extruder permite reblandecer la gutapercha que se va a inyectar, contenida en unas cánulas, regulando su temperatura.¹⁷

Los pluggers tienen las siguientes dimensiones: 30/.04, 40/.06, 50/.08, 60/.10 y 70/.12. Las cánulas para el Extruder contienen gutapercha o Real Seal. También son útiles los condensadores manuales para emplearlo en el interior del conducto y realizar condensación vertical.¹⁷

Los pluggers utilizados en la técnica generan escasas fuerzas verticales en el interior del conducto radicular, mientras que se producen mayores fuerzas de cuña en el interior de la gutapercha, lo que facilita su difusión en el interior del conducto. El incremento de la temperatura en la superficie radicular, en esta técnica, no es motivo de preocupación.^{17, 81}

Técnica de ola continua de calor:

1. Seleccionar el plugger del dispositivo, quedando unos 3-4 mm más corto que la longitud de trabajo. Se ajusta un tope de silicona a este nivel.
2. Se introduce en el conducto el cono maestro impregnado con el sellador. Se prueba previamente el cono de modo que ajuste a 0,5 mm menos que la longitud de trabajo.
3. Se gradúa la unidad a 200 °C, se presiona el botón y el plugger es calentado en 2-3 segundos. Se corta con él la parte del cono que sobresale del conducto. Se condensa manualmente en la entrada del conducto. Luego va penetrando en el interior del mismo con el plugger calentado a 200 °C hasta que casi se alcance el tope fijado; se deja de presionar el botón, para que la temperatura descienda rápidamente, se sigue condensando para que la gutapercha rellene bien la zona apical del conducto. Se mantiene el plugger en posición durante 10 segundos para asegurar una buena condensación apical. Se activa de nuevo la temperatura del plugger durante 1 segundo, para que se separe de la gutapercha, y se pueda retirar el plugger del conducto.
- 4.- Se condensa manualmente con el extremo de los condensadores manuales con ello se ha conseguido la obturación de la zona apical del conducto.
5. El resto del conducto se obtura en sentido apicocoronal (backfill) mediante puntas accesorias "Extruder" que calientan la gutapercha y la inyectan, posteriormente de el llenado completo del conducto se realizan condensaciones de manera manual.¹⁷

7.- Microfiltración apical

El propósito de la obturación es proporcionar un sellado hermético del sistema de conductos radiculares para prevenir la microfiltración de fluidos o agentes antígenos que promuevan el crecimiento bacteriano en el conducto y los tejidos periapicales; con la obturación apical también se previene la infección por anacoresis, además de bloquear el portal de salida de organismos que, incluso después de la instrumentación y la desinfección, han sobrevivido en la cavidad pulpar y pueden migrar al periápice.^{3, 82}

La microfiltración se define como el paso de fluidos, bacterias y sustancias a través del relleno radicular siendo un fenómeno muy complejo debido a que pueden existir muchas variables para que esta ocurra, como las limitadas propiedades físicas y químicas de un sellador, las técnicas de obturación empleada en el conducto o la capa de barrillo dentinario que se encuentre en el conducto, debido a que influyen directamente en dicho fenómeno.^{83, 84}

La filtración apical comúnmente ocurre en las interfaces entre el sellador y la dentina, el sellador y la gutapercha o a través de espacios dentro del sellador. Es por ello que las pruebas de microfiltración se han convertido en algunas de las más populares en el área de endodoncia, pero al mismo tiempo más controvertidas, como intentos de encontrar pruebas de laboratorio "clínicamente relevantes" para el mejoramiento de la obturación radicular.^{85, 86}

Métodos de evaluación de microfiltración apical

Varias pruebas in vitro han sido empleadas para evaluar el paso de bacterias, fluidos o sustancias químicas entre los materiales empleados en la obturación y la superficie radicular. Las pruebas utilizadas para evaluar esta filtración son:

- Estudios con radioisótopos (primeros en utilizarse).

- Penetración de tintes (azul de metileno, tinta de la India, entre otras).
- Penetración bacteriana.
- Método electroquímico y filtración de fluidos.
- Centrifugación radioisótopos y nitrato de plata.
- Microscopio electrónico de barrido.
- Aire a presión.
- Marcadores químicos.
- Análisis de la activación de neutrones.
- Termociclado y ciclado mecánico.⁸⁷

Los primeros estudios de filtración fueron realizados con radioisótopos. Posteriormente fueron sustituidos por tintes, partículas de tinta de la India, bacterias, iones y aire.⁸⁷

El azul de metileno es una sustancia ácida con 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 en 72 horas.⁸⁸

Una gran cantidad de estudios han utilizado el azul de metileno como tinte en los estudios de filtración porque es económico, fácil de manipular, tiene un alto grado de tinción y tiene un peso molecular inferior al de las toxinas bacterianas. El tamaño de la partícula de este colorante (0.1-2 μm) es comparable al rango de tamaño de varios patógenos endodóncicos y parece ser el más ventajoso en los estudios de filtración de tintes.⁸⁹

Una consideración importante en relación con los estudios de penetración de tinte es que el aire atrapado en los vacíos dentro del material de obturación del conducto radicular puede interferir con el movimiento del tinte. Se ha recomendado que los estudios de penetración de colorantes se realicen a presión reducida (vacío).⁸⁹

Kontakiotis et al. en el 2001, investigaron la penetración de tintes dentro de los materiales de obturación del conducto demostrando que el azul de metileno penetró

a lo largo de espacios llenos de aire gracias a su acción capilar e informaron que el método por vacío dio lugar a una penetración de colorante significativamente mayor en comparación con la filtración y la penetración del colorante de manera pasiva.⁹⁰

Se ha reportado que la microfiltración por penetración de tintes y microfiltración bacteriana proveen resultados muy similares y que estos métodos mencionados son útiles si el estudio se realiza estrictamente con un tamaño de muestra grande y grupos de control adecuados, no existe un método universalmente aceptado que permita evaluar la microfiltración apical.⁹¹

CAPITULO 2.

8.- Planteamiento del problema

El objetivo de un tratamiento de conductos es la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, así como la obturación tridimensional; sin embargo, existen diversos factores que pueden disminuir el éxito del tratamiento; Cohen (2008), menciona que la mayoría de los fracasos se deben principalmente a una obturación incompleta de los conductos, ocasionados por una preparación inadecuada, transporte del conducto, perforaciones, fracturas de instrumentos, o debido a pérdidas de sellado coronal y/o fracturas.

Como se sabe, la obturación del sistema de conductos radiculares es la última etapa del tratamiento, la cual tiene suma importancia; pues además de una buena conformación y limpieza, una obturación hermética y tridimensional de los conductos habla mucho del éxito clínico, el cual tiene como principal objetivo mantener el diente en boca de manera sana y con estabilidad funcional.

Wolcott (1997), refiere la obturación tridimensional como una protección adicional contra microorganismos que puedan ingresar nuevamente al conducto reactivando la infección dentro del mismo y posteriormente en los tejidos periapicales, llevando así el tratamiento a un estado de fracaso; además de que una obturación adecuada atrapa los microorganismos aun remanentes después de la limpieza y conformación, evitando que estos proliferen.

Aun así, dentro de la etapa de obturación se pueden asociar errores que reducen éxito de la terapia de conductos, dentro de los cuales se destacan una obturación deficiente con presencia de espacios, una sobreobturación o una obturación que no esté a longitud real de trabajo; se tiene presente que a nivel licenciatura la técnica más utilizada es la condensación lateral en frío por su sencillez y control del límite apical, esta nos muestra ser una técnica simple y rápida pero a su vez también es la técnica que presenta mayor filtración apical en comparación con otras más novedosas como menciona Gilhooly en el 2001, obligando al clínico a buscar

nuevas técnicas que ofrezcan mayor índice de ventajas requeridas en la obturación para lograr un mejor tratamiento.

Inan (2007), declara que en la actualidad se han introducido una serie de técnicas de obturación modificadas por calor o suministrada mediante inyección, que han pretendido lograr un mejor sellado tridimensional de los conductos radiculares en la obturación; la técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido y la técnica onda continua de calor son un claro ejemplo de estas técnicas que inducen a mejorar la calidad de esta última etapa.

El presente trabajo de investigación busca responder la pregunta siguiente:

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

9.- Justificación

Una de las mayores causas de fracaso dentro de la terapia de conductos radiculares es la filtración bacteriana una vez obturados los dientes, debido a las deficiencias en los materiales utilizados o bien a las técnicas de obturación empleadas durante la obturación.

La técnica para lograr una obturación adecuada a cambiado a lo largo de los años, la búsqueda de una obturación tridimensional y hermética han sido el blanco para que diversos estudios pongan atención en técnicas y materiales diferentes para evaluar cuáles de estas ofrecen mayores ventajas sobre otras evitando la mayor microfiltración en el tercio apical.

Hoy en día las técnicas de obturación termoplastificadas han demostrado tener ventajas sobre las técnicas en frío ya que permiten una mayor adaptación y fluido de los materiales dentro del sistema de conductos además de la creación de monoblocks de gutapercha utilizando la cantidad adecuada de sellador únicamente, permitiendo a su vez una menor microfiltración de fluidos y bacterias a nivel apical, aumentando la tasa de éxito en los tratamientos.

Es necesario comparar estas técnicas y demostrar las ventajas y desventajas que ofrecen unas sobre otras, logrando ofrecer al paciente el mejor tratamiento, tomando en cuenta sus necesidades en el tratamiento y posibilidades económicas.

10.- Objetivo general

Analizar microscópicamente las técnicas de obturación empleadas desde la perspectiva de microfiltración y determinar cuál técnica presenta menor microfiltración apical.

Objetivos específicos

Medir la microfiltración de las diferentes técnicas de obturación.

Establecer las diferencias en la calidad de obturación radicular con las diferentes técnicas.

Determinar los grados de microfiltración entre las dos técnicas.

11.- Hipótesis

H1: La técnica de onda continua con calor presenta un mayor sellado y menor filtración apical a comparación de la técnica lateral modificada con ultrasonido.

H0: La técnica de onda continua con calor presenta un menor sellado y mayor filtración apical a comparación de la técnica lateral modificada con ultrasonido.

CAPÍTULO 3.

12.- Materiales y métodos

Tipo de estudio: estudio experimental.

Universo del estudio: 42 dientes unirradiculares.

Tipo de muestra: no probabilístico.

Muestra: 42 dientes premolares unirradiculares que fueron extraídos por enfermedad periodontal o exclusión ortodóncica.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión

- Premolares unirradiculares
- Premolares con un solo conducto
- Premolares con curvatura radicular inferior a 20 grados

Criterios de exclusión

- Premolares con ápices abierto o resorción externa
- Premolares con caries radicular

Criterios de eliminación

- Premolares que durante el procedimiento sufran fractura radicular
- Premolares que durante el procedimiento sufran alguna línea de fisura
- Premolares que durante la instrumentación sufran transportación apical

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 de microfiltración apical del tinte, se tomó medida en milímetros desde la porción apical hasta su extensión más coronal. Variable cuantitativa continua en escala de razones (0-n mm de microfiltración).

Variable independiente

Técnica de obturación: la obturación es el relleno tridimensional del conducto radicular. Puede ser:

La técnica de obturación lateral modificada con ultrasonido empleó cemento sellador, un cono principal de gutapercha y conos accesorios aunados a un espaciador manual conectado a una fuente de ultrasonido sirviendo como fuente de calor para termoplastificar la gutapercha y permitir la colocación de más conos accesorios.

Técnica de onda continua de calor empleó un plugger que recortó el cono principal y un extruder que inyectó gutapercha previamente plastificada. Variable cualitativa medida en una escala nominal dicotómica y se registró como: Técnica de obturación lateral modificada con ultrasonido /Técnica de onda continua

MÉTODO DE RECOLECCIÓN:

Recolección de las unidades de estudio:

Se utilizaron 42 premolares unirradiculares los cuales previamente fueron extraídos por enfermedad periodontal o por exclusión ortodóncica (Fig. 1). Fueron conservados durante 48 horas en una solución de hipoclorito de sodio al 5.25% (Cloralex, México) con el objetivo de eliminar restos de tejido orgánico remanentes. Posteriormente, se les realizó una limpieza radicular con curetas tipo Gracey (Hu-Friedy, USA) (Fig.2), eliminando todo resto de ligamento o cálculo dental de la superficie radicular. Fueron sumergidos en suero fisiológico durante todo el procedimiento.



Fig.1 Recolección de 42 premolares unirradiculares extraídos

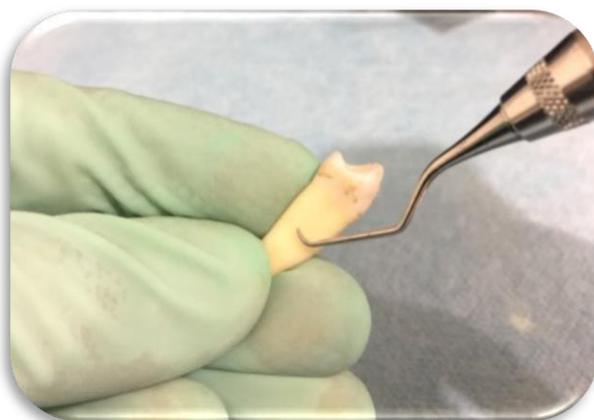


Fig.2 Limpieza radicular con cureta Gracey

Preparación de los dientes

Se tomaron fotografías y radiografías iniciales de manera frontal y lateral de los 42 dientes para observar que cumplieran con todos los criterios de inclusión antes mencionados: dientes unirradiculares, un solo conducto, formación apical completa sin rizólisis, sin calcificaciones pulpares, sin fractura radicular y sin curvaturas mayores a 20° (Fig.3, 4 y 5).



Fig.3 Fotografía inicial

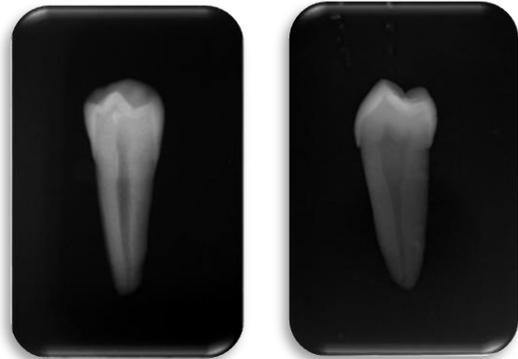


Fig.4 y 5 Radiografías iniciales

Se verificó que el segmento apical (últimos 3 mm) se encontrara íntegro y se documentó mediante fotografías.

Se marcaron con grafito las raíces de los dientes a una longitud de 15 mm de apical hacia coronal y fueron seccionados con un disco de diamante doble cara (Solard, China), con el fin de tener un mejor control de la longitud en la instrumentación y menor variabilidad en los resultados (Fig.6 y 7).



Fig.6 Marcaje de diente a 15 mm.



Fig.7 Sección de diente a 15 mm.

Se comprobó permeabilidad de los conductos y longitud de trabajo utilizando limas tipo K #10 (Maillefer, Suiza) la lima tipo K #10 se introdujo a través del conducto radicular hasta observarse por el foramen apical, se le restó 0.5 mm (Fig.8).



Fig.8 Permeabilidad del conducto

La técnica de instrumentación digital fue la siguiente:

- Se permearon los conductos con limas K- Flexofile (Maillefer, Suiza) #10, 15 y 20 (Fig.9).
- Se comprobó longitud real de manera radiográfica (Fig.10).



Fig.9 Secuencia de permeabilidad de los conductos



Fig.10 Radiografía de longitud real

- Posteriormente el acceso radicular se realizó con pieza de baja velocidad (NSK, Japón) y fresas Gates Glidden (Mani, Japón), la fresa #4 accedió a una longitud de 5mm apicocoronal, la #3 a una longitud de 8mm y la #2 a 11mm (Fig.11).

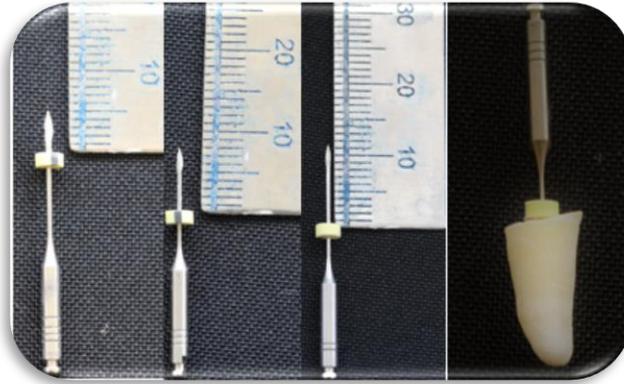


Fig.11 Longitudes e instrumentación de las fresas Gates Glidden

- Con limas tipo K-Flexofile de la primera serie (Maillefer, Suiza), se ensanchó el tercio apical a longitud real siguiendo el orden en las limas: #20, 25, 30,35 y 40 dejando esta última como lima maestra.
- Una vez ensanchado hasta la lima maestra, se realizó retroceso con limas de la segunda serie: #35, 50, 55, 60 y 70. Restando un mm de la longitud real por cada lima de mayor calibre (Fig.12).
- Todos los conductos radiculares fueron instrumentados por el mismo clínico.
- Durante la instrumentación de los conductos siempre se irrigó con 3ml hipoclorito de sodio al 5.25% (Cloralex, México) entre cada cambio de lima, con ayuda de jeringas hipodérmicas desechables (DL Médica S.A. de C.V.) y agujas de calibre 27G (Endo-Eze, Ultradent) (Fig. 13).



Fig.12 Preparación de los conductos

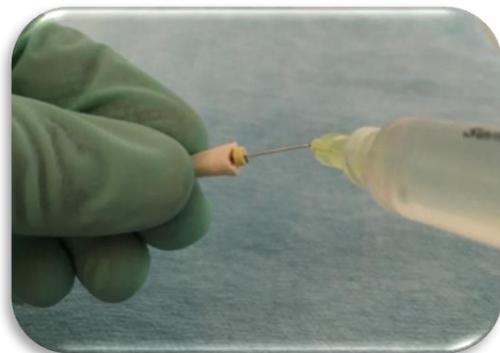


Fig.13 Irrigación del conducto

Obturación

Para realizar la obturación se eligieron al azar las raíces para formar los 4 grupos.

Grupo 1: 20 dientes obturados con técnica lateral modificada con ultrasonido.

Grupo 2: 20 dientes obturados con técnica onda continua de calor.

Grupo 3: control negativo, 1 diente instrumentado sin cemento sellador y sin gutapercha, con resina epóxica en totalidad del diente

Grupo 4: control positivo, 1 diente instrumentado sin cemento sellador, gutapercha ni resina epóxica

Obturación del grupo 1

Técnica de condensación lateral modificada con ultrasonido:

- Una vez realizada la limpieza y conformación de los conductos, se secó cada conducto con 3 puntas de papel de la misma estandarización que la lima maestra (#40) (Hygienic, USA) (Fig. 14).



Fig.14 Secado del conducto con puntas de papel

- Se tomó conometría ajustando a longitud real de trabajo un cono estandarizado de acuerdo a la ISO #40, verificando que ajustara a nivel apical (Fig. 15 y 16).



Fig.15 Colocación de cono maestro



Fig.16 Radiografía de conometría

- Posteriormente se realizó la mezcla y preparación el cemento sellador Silco según indicaciones del fabricante, en una loseta de vidrio estéril hasta obtener una consistencia cremosa y homogénea formando una hebra de 2 centímetros (Fig. 17).

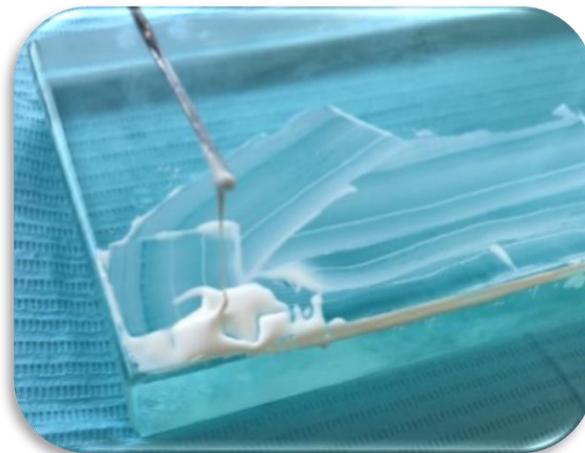


Fig.17 Cemento sellador preparado

- Se llevó el cemento sellador al conducto con el cono maestro #40 impregnando todas las paredes hasta nivel de longitud real de trabajo (Fig.18).



Fig.18 Colocación del cono maestro en conducto

- Se utilizó un espaciador digital Finger Spreaders (Mani, Japón), a menos 2mm de la longitud real y se creó espacio con condensación lateral, posteriormente se introdujeron 3 puntas accesorias MF realizando la condensación lateral entre cada punta (Fig.19).
- Colocadas las tres puntas accesorias se colocó el tope a menos 1 mm de la longitud real de trabajo en el espaciador ultrasónico #30 del ultrasonido varios 370 (NSK, Japón) a una potencia de 3 y se introdujo en el conducto evitando tocar las paredes activándose durante 5 segundos para crear espacio y poder realizar la introducción de más puntas accesorias (Fig.20).



Fig.19 condensación digital



Fig.20 Condensación con punta de ultrasonido

- El mismo procedimiento fue realizado hasta que el espaciador ultrasónico no creaba espacios más allá del tercio cervical (Fig.21).
- Se tomó radiografía de prueba de obturación (Fig.22).

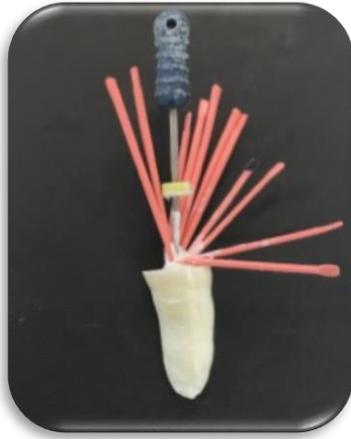


Fig.21 obturación completa del conducto



Fig.22 prueba de obturación

- Al final, se realizó el excedente de gutapercha y compactación de manera vertical con un condensador.

Obturación del grupo 2

Técnica onda continua de calor:

- Una vez realizada la limpieza y conformación de los conductos, se secó cada conducto con 3 puntas de papel de la misma estandarización que la lima maestra (#40) (Hygienic, USA).
- Se tomó conometría ajustando a longitud real de trabajo un cono estandarizado de acuerdo a la ISO #40, verificando que ajustara a nivel apical.
- Posteriormente, se mezcló y preparó el cemento sellador Silco según indicaciones del fabricante, en una loseta de vidrio estéril hasta obtener una consistencia cremosa y homogénea formando una hebra de 2cm.

- El cemento sellador mezclado se traslado al conducto a través de una punta de papel, impregnando todas las paredes del mismo, una vez realizado esto, se colocó el cono maestro a longitud real de trabajo (Fig.23).



Fig.23 Colocación del cemento sellador

- Se seleccionó el plugger del dispositivo Elements Obturation Unit (SybronEndo), y se ajustó un tope de silicona a menos 5mm de la longitud real (Fig.24).

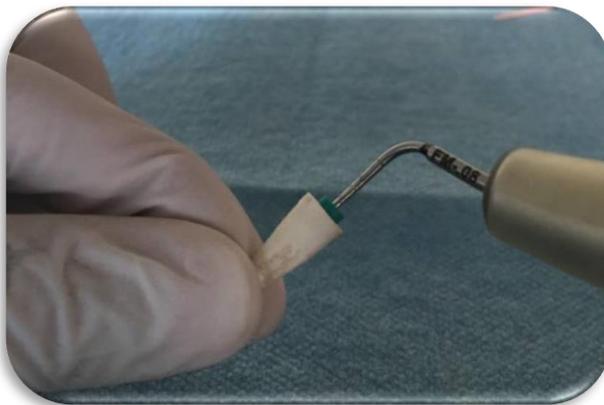


Fig.24 Plugger ajustado a 10 mm de longitud

- Se realizó el calentamiento del plugger a 200 °C y se cortó con él la parte del cono sobresaliente del conducto. Se condensó manualmente en la entrada del conducto. Luego introdujo en el interior del mismo con el plugger calentado a 200 °C hasta que se alcanzó el tope fijado; se mantuvo el plugger

en posición durante 10 segundos para asegurar una buena condensación apical. Se activó de nuevo la temperatura del plugger durante 1 segundo, para que se separara de la gutapercha, y se retiró el plugger del conducto (Fig.25 y 26).

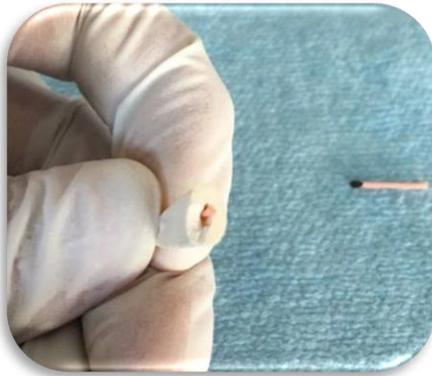


Fig.25. Recorte de cono maestro



Fig.26 Condensación con plugger

- Se condensó de manera manual con condensadores Schilder (Maillefer); y se verificó de manera radiográfica la impresión apical del conducto (Fig.27 y 28).

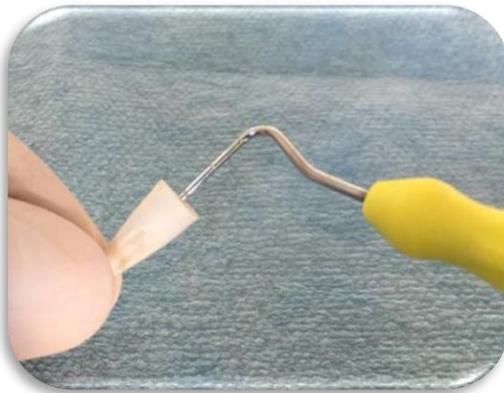


Fig.27 Condensación con Schilder



Fig.28 Radiografía obturación apical

- El resto del conducto se obturó en sentido apicocoronal (backfill) con las puntas accesorias del dispositivo "Extruders" que calientan la gutapercha y la inyectan llenando completamente el conducto y se volvió a realizar condensaciones de manera manual (Fig.29 y 30).

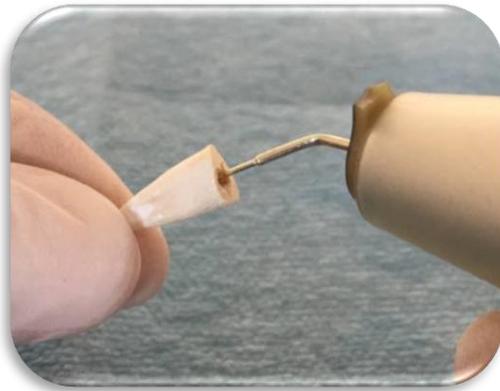


Fig.29 Colocación de extruder

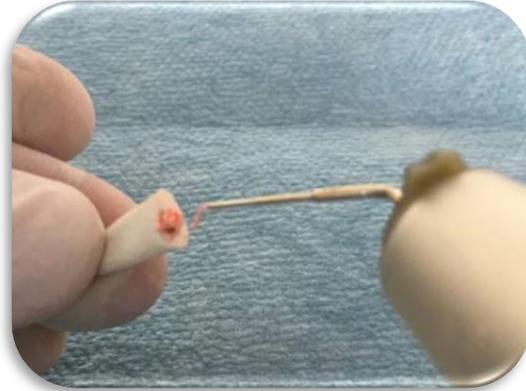


Fig.30 Obturación apicocoronal

- Se tomó radiografía final (Fig.31).

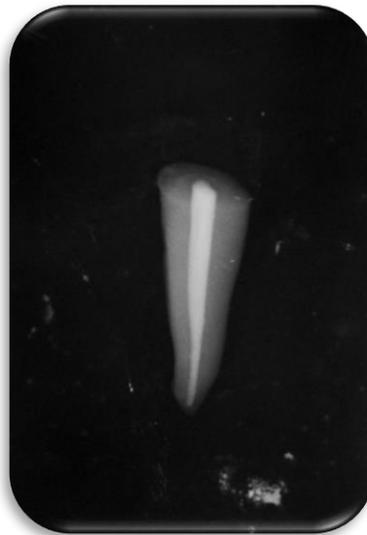


Fig.31 Radiografía final

Proceso de tinción

Una vez realizadas la obturaciones de todos los conductos, se dejó fraguar por 24 horas el cemento sellador, posteriormente las raíces del grupo 1 y 2 fueron cubiertas con resina epóxica (EPSA, México) a excepción de los últimos 3 mm apicales, esperando la polimerización entre cada capa. El grupo 3 fue el control negativo, fue cubierto en su totalidad al igual con dos capas (Fig.32 y 33).



Fig.32 Preparación de resina epóxica



Fig.33 Diente cubierto de resina

Una vez recubiertos de resina epóxica los dientes, fueron sumergidos en una solución de azul de metileno al 2% (Paris S.A., México) con una humedad del 100% y colocados en una incubadora (MTI Corporation, Panamá) a una temperatura de 37°C durante 72 horas (Fig.34, 35 y 36).



Fig.34 Azul de metileno 2%



Fig.35 Tinción de dientes



Fig.36. Incubadora a 37°

Una vez pasadas las 72 horas fueron sacados de la incubadora y colocados en un matraz de vidrio de 500 ml conectado a una bomba de vacío de 7.4 atmósferas; divididos por grupos, durante 15 minutos cada grupo (Fig.37).

Las raíces fueron sumergidas en la solución de azul de metileno al 2% y colocadas durante 72 horas más en la incubadora a 37°C, concluidas estas horas se sacaron y lavaron bajo chorro de agua corriente durante 15 minutos (Fig.38).



Fig.37 Colocación de dientes en bomba de vacío Fig.38 Diente después de proceso de tinción

Análisis de microfiltración

Los dientes fueron seccionados con dos surcos longitudinales con un disco diamante de dos luces (Solard, china) en la superficie radicular sin tocar la gutapercha; y fueron divididos con un cincel quirúrgico de CTG-0 (Hu-Friedy, USA) (Fig.39).



Fig.39 División de diente con disco diamante

La microfiltración apical del azul de metileno de cada grupo fue evaluada independientemente, utilizando un microscopio de medición (Leica, Alemania) a una magnificación de 1.25X (Fig.40).



Fig.40 Microscopio Leica

La microfiltración apical fue medida en milímetros a partir del foramen radicular hasta la parte más coronal visible de la penetración del tinte en el material de obturación o las paredes del conducto (Fig.41 y 42).

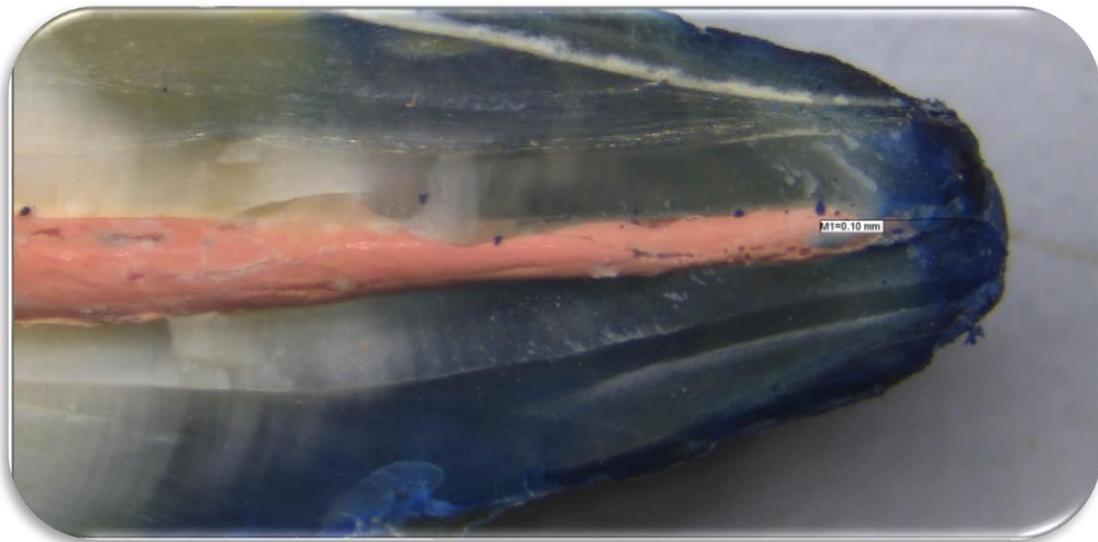


Fig.41 Técnica lateral modificada con ultrasonido

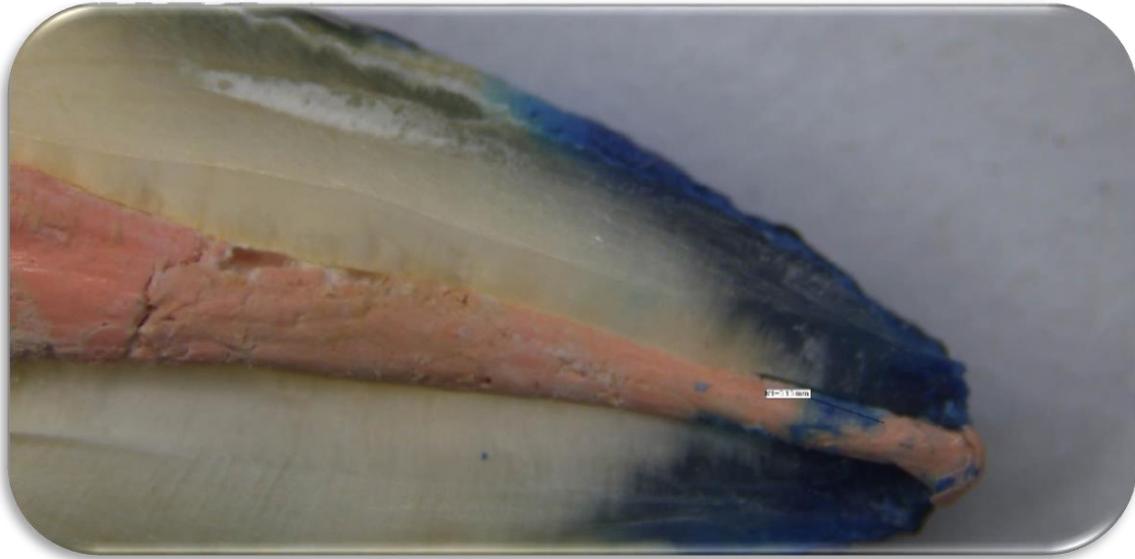


Fig.42 Técnica onda continua de calor

Análisis estadístico

Se calculó la media y la desviación estándar de microfiltración, además, se utilizó una prueba de T de Student para muestras independientes, con la finalidad de determinar diferencia en las medias de microfiltración. La significancia estadística se fijó en un valor $P < 0.05$ con un coeficiente de confiabilidad del 95%.

CAPÍTULO 4.

13.- RESULTADOS

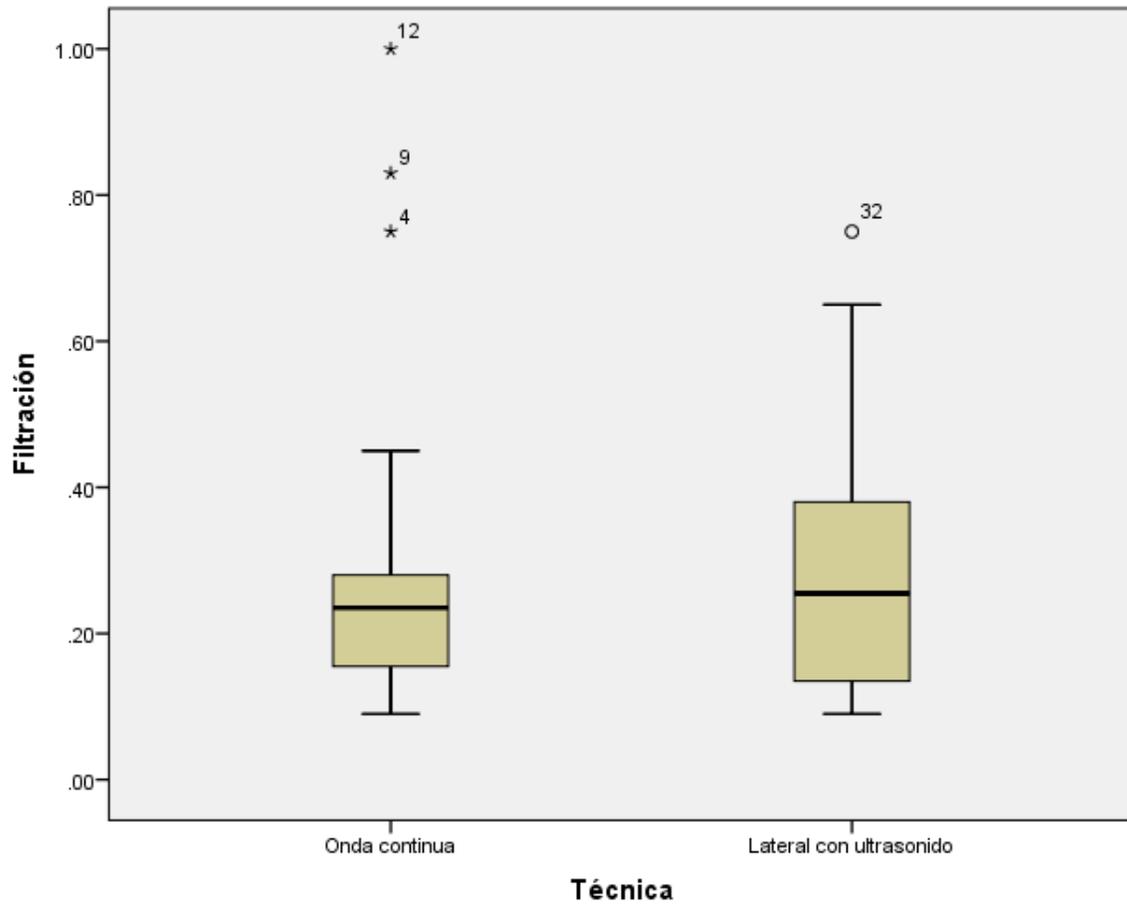
En la media de filtración por técnica (tabla 1), se observa que la media de filtración usando la técnica onda continua fue de $.31 \pm .25$ mm, mientras que usando la técnica lateral con ultrasonido, esta media fue de $.28 \pm .18$ mm. No se observó diferencia estadística significativa de acuerdo a la media de microfiltración por técnica ($t=.312$ $p=.757$).

Tabla 1. Descripción de la media de microfiltración por técnica					
	Técnica	N	Media	Desviación típ.	Error típ. De la media
Filtración	Onda continua	20	.3115	.25213	.05638
	Lateral con ultrasonido	20	.2895	.18936	.04234

$T=0.312$ $p=0.757$

En la Gráfica 1 se puede observar que ambas técnicas muestran como valor mínimo $.09$ mm, sin embargo, la técnica lateral con ultrasonido muestra una mayor dispersión al ser su valor máximo $.65$ mm, mientras que en la técnica de onda continua este valor se encuentra en $.45$ mm Cabe mencionar que los valores superiores a estos dos indicadores, se consideran valores fuera de rango. Por último, se puede observar que el valor de las medianas de microfiltración es igual, siendo de $.24$ mm.

Gráfica 1.



14.- DISCUSIÓN

Durante la terapia de conductos, prevenir la entrada de fluidos tisulares y microorganismos es uno de los principales objetivos que se logra a través de la obturación hermética y tridimensional. En el 2016, un estudio realizado por Iqbal, describe los factores con mayor responsabilidad de fallas endodóncicas; donde se encontró que la causa más común fue por conductos obturados de manera ineficiente con un 33.3%, esto nos habla de que la obtención de una obturación lo mejor hecha posible, nos brindara una mayor tasa de éxito; este estudio nos permitió la evaluación de dos técnicas de obturación con la intención de observar cual ofrecía una mejoría en la calidad de obturación y sellado apical.⁹²

Así mismo el estudio se dirigió en técnicas de obturación termoplastificadas coincidiendo con Glickman & Koch (2000), compartiendo la idea de que la endodoncia actual ha realizado grandes esfuerzos para mejorar las propiedades de manipulación de la gutapercha, creando la termoplastificación de esta para una mejor adaptación en el conducto.⁹³

Moreno (1979); Baumgardner & Krell (1990); Deitch et al. (2002); Aminsobhani et al. (2015); son algunos autores quienes verifican que las técnicas termoplastificadas de gutapercha, como lateral modificada con ultrasonido u onda continua de calor, son capaces de ofrecer una mayor calidad de obturación que las técnicas en frío que son enseñadas muy comúnmente a nivel de pregrado, creando una mejor densidad y monoblock de gutapercha la cual se ve reflejada en menor paso de fluidos, toxinas y microorganismos; las cuales pueden ser consideradas como disyuntiva en la enseñanza actual.^{94, 95, 96, 97}

Así mismo Spangberg (1989), afirma que el azul de metileno en diversas concentraciones ha sido durante varias décadas, el trazador más utilizado para análisis de microfiltración; Por lo tanto, este puede funcionar como un indicador adecuado de microfiltración de microorganismos y endotoxinas de gran tamaño, así

como agentes tóxicos de bajo peso molecular como nos refiere Ahlberg et al (1995). En un estudio de Matloff (1982) también nos reporta que el azul de metileno resulto un indicador de microfiltración con más sensibilidad a tres radioisótopos probados.

98, 99, 100

15.- CONCLUSIONES

A partir de este trabajo se puede concluir que la terapia de conductos es un procedimiento donde cada paso tiene vital importancia; una buena conformación y limpieza de los conductos debe ser precedida de una excelente obturación que genere mejores resultados del tratamiento.

Una obturación tridimensional y hermética de los conductos evitará el intercambio de bacterias y fluidos entre el conducto y los tejidos perirradiculares, además de lograr el encarcelamiento de bacterias que no fueron removidas del conducto, creando así un medio que evitara el crecimiento y proliferación de estas colonizaciones bacterianas.

No cabe duda que en la actualidad, la obturación de los conductos con técnicas a base de calor y plastificación de la gutapercha permite alcanzar espacios y variaciones de los conductos con mayor facilidad gracias a la fluidez que estas le otorgan, ofreciendo mayores ventajas que las técnicas antiguas en frío.

Este proyecto de investigación permitió evaluar dos técnicas diferentes con termoplastificación de la gutapercha, exponiendo una media ligeramente menor de microfiltración en la técnica lateral modificada con ultrasonido; Las técnicas al no mostrar diferencias estadísticamente significativas dejan como posible variación la experiencia en cada técnica por parte del obturador.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soares IJ., Goldberg F. Endodoncia: técnicas y fundamentos. Buenos Aires, Argentina: Editorial panamericana; 2002.
2. Bergenholtz G. Pathogenic mechanisms in pulpal disease. *J Endod.* 1990; 16: 98–101.
3. Cohen S., Hargreaves KM. Vias de la pulpa, 9ª ed. Madrid: Elsevier; 2008.
4. Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T: Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature, *Int Dent J.* 2002 Apr;52(2):81-6.
5. Chugal N, Clive JM, Spangberg LSW: Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Jul;96(1):81-90.
6. Ingle JI, Beveridge E, Glick D, Weichman J. The Washington study. In: Ingle I, Taintor JF, eds: *Endodontics*, Philadelphia, 1994, Lea & Febiger, pp. 1-53.
7. Chugal NM, Mallya SM, Khaller B, Lin LM. Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin North Am.* 2017 Jan;61(1):59-80.
8. Ørstavik D, Pitt Ford TR. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. Oxford: Blackwell Science, 1998.
9. Bergenholtz G., Horsted-Bindslev P., Reit C. Endodoncia, 2a ed. Mexico: El Manual Moderno; 2011.
10. Mondragon M. Endodoncia. México: Editorial interamericana; 1995.
11. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics.* 2002, 2, 59–88.
12. Yu DC, Schilder H. Cleaning and shaping the apical third of a root canal system. *Gen Dent.* 2001 May-Jun;49(3):266-70.
13. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics.* 2005, 10, 77–102.

14. Siqueira JF Jr, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod.* 1997;23:499–502.
15. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30:559–67.
16. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974 Apr;18(2):269-96.
17. Canalda C., Brau E. Endodoncia: Técnicas clínicas y bases científicas 3ra. Ed. Elsevier Health Sciences; 2014.
18. Alodeh MHA, Dummer PMH: A comparison of the ability of K-files and Hedstrom files to shape simulated root Canals in resin blocks, *Int Endod J.* 1989 Sep;22(5):226-35.
19. Clem WH. Endodontics in the adolescent patient. *Dent Clin North Am.* 1969;13:483.
20. Walsch H: The hybrid concept of NiTi rotary instrumentation, *Dent Clin North Am.* 2004;48:183.
21. Rao RN. Advanced Endodontics. Ciudad de Panama, Panama: Editorial Jaypeem Brothers Medical Publishers (P) Ltd; 2009.
22. Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. *J Endod.* 1984;10:491-8.
23. Roane JB, Sabala CL, Duncanson M Jr. The «Balanced Force» concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11:203-11.
24. Charles TJ, Charles JE: The “balanced force” concept of instrumentation in curved Canals revisited. *Int Endod J.* 1998;31:166-172.
25. Lima ME. Endodoncia-Ciencia y tecnología. Sao Paolo, Brazil: Editorial AMOLCA; 2016.
26. Siqueira JF Jr, Lima KC, Magalhaes FAC, Lopes HP, De Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *J Endod.* 1999;25:332-5.

27. Abuhaimed TS, Abou Neel EA. Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *Biomed Res Int*. 2017;2017:1930360. doi: 10.1155/2017/1930360. Epub 2017 Aug 20.
28. Cheung GS, Stock CJ: In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics, *Int Endod J*. 1993 Nov;26(6):334-43.
29. Grossman LI: Clinical diagnostic methods. In Grossman LI, ed: *Endodontic practice*, 10th ed, Philadelphia, PA, 1981, Lea & Febiger, pp. 17-22.
30. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, et al: Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with biopure MTAD. *J Endod*. 2006 Mar;32(3):218-21.
31. Senia ES, Marshal Fj, Rosen S: The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971 Jan;31(1):96-103.
32. Wright PP, Kahler B, Walsh LJ. Alkaline Sodium Hypochlorite Irrigant and Its Chemical Interactions. *Materials (Basel)*. 2017 Sep 29;10(10). pii: E1147. doi: 10.3390/ma10101147.
33. Hancock HH, Sigurdsson A, Trope M, Moisewitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in North American population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2001 May;91(5):579-86.
34. Zehnder M: Root Canal Irrigants, *J Endod*. 2006 May;32(5):389-98.
35. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, et al. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2004;97:79–84.
36. Denton G: Chlorhexidine. In Block SS, Editor. *Desinfection, sterilization and preservation*, 4th ed, Philadelphia, 1991, Lea & Febiger.
37. Basrani B, Lemonie C. Chlorhexidine Gluconate. *Aust Endod J*. 2005 Aug;31(2):48-52.
38. Nygaard Østby B. Chelation in root canal therapy. *Odontol Tidskr* 1957;65:3.
39. Shipper G, Ørstavic D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod*. 2004;30:342–7.

40. Haïkel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *J Endod.* 2000 Mar;26(3):148-52.
41. Wolcott J, Himel VT, Powell W, Penney J. Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *J Endodon.* 1997;23:632-5.
42. Laurichesse JM, Maestroni F, Breillat J. *Endodonzia clinica.* Ed Masson. París; 1986. p. 403-6.
43. Garg N, Garg A. *Textbook of endodontics.* New Delhi, India: Editorial Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. 2014.
44. Goldberg F. *Materiales y técnicas de obturación endodóntica.* Ed. Mundi SAIC y F. Buenos Aires, Argentina; 1982.
45. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974 Jun;37(6):954-61.
46. Nguyen NT. Obturación del sistema de conductos radiculares. En: Cohen S, Burns RC, editors. 5.ª ed. México: Panamericana; 1993. p. 266-8
47. Monterde M, Pallarés A, Cabanillas C, et al. A Comparative in Vitro Study of Apical Microleakage with Five Obturation Techniques: Lateral Condensation, Soft-Core®, Obtura II®, Guttaflow® and Resilon®. *Acta Stomatol Croat.* 2014 Jun;48(2):123-31.
48. Da Motta PG, de Figueiredo CBP, Maltos SMM, y cols. Efficacy of chemical sterilization and storage conditions of gutta-percha cones. *Int Endod J.* 2001;34:435-9.
49. Goldberg F, Gurfinkel J, Spielberg C. Microscopic study of standardized gutta-percha points. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979 Mar;47(3):275-6.
50. Hiraishi N, Yau J, Loushine R. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal-filling material to degradation. III. turbidimetric evaluation of enzymatic hydrolysis. *J Endod.* 2007;33:952-6.
51. Onay EO, Ungor M, Ozdemir BH. In vivo evaluation of the biocompatibility of a new resin-based obturation system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endod.* 2007;3:60-6.

52. Economides N, Koulaouzidou EA, Gogos C, Kolokouris I, Beltes P, Antoniadou D. Comparative study of the cytotoxic effect of Resilon against two cell lines. *Braz Dent J.* 2008;4:291-5
53. 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.* 2004 May;30(5):342-7.
54. Lyon KF. Endodontic Instruments for Root Canal Therapy. *Clin Tech Small Anim Pract.* 2001 Aug;16(3):139-50
55. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. *J Endod.* 1976;2:166-75.
56. Ingle JI, West JD. Obturación del espacio radicular. En: Ingle JI, Bakland LK, editors. *Endodoncia.* 4.ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 1996. p. 244.
57. Sunzel B, Lasek J, Söderberg T, et al. The effect of zinc oxide on *Staphylococcus aureus* and polymorphonuclear cells in a tissue cage model. *Scand J Plast Reconst Surg.* 1990;24:31-5.
58. Pawinska M, Skrzydlewska E. Release of hydroxyl ions from calcium hydroxide preparations used in endodontic treatment, *Rocz Akad Med Białymst.* 2003;48:145-9.
59. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. The effects of dentin pretreatment on the adhesion of root canal sealers. *Int Endod J.* 2002 Oct;35(10):859-66.
60. Staehle HJ, Spiess V, Heinecke A, Müller HP. Effect of root canal filling materials containing calcium hydroxide and the alkalinity of root dentin. *Endod Dent Traumatol.* 1995 Aug;11(4):163-8.
61. Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J.* 1997;30:307-312.
62. Wachlarowicz AJ, Joyce AP, Roberts S, Pashley DH. Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of Epiphany sealer to dentin, *J Endod.* 2007 Feb;33(2):152-5.

63. Zmener O, Dominguez FV. Tissue response to a glass ionomer used as an endodontic cement. A preliminary study in dogs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983;56 (2): 199-205.
64. Smith MA, Steiman HR. An in vitro Evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. *J Endod.* 1994;20 (1):18-21.
65. Kolokuris I, Beltes P, Economides N, Vlemmas I. Experimental study of the biocompatibility of a new glass-ionomer root canal sealer (ketac-Endo). *J Endod.* 1996; 22(8):395-8.
66. De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. Sealing properties of a Ketac-Endon glass ionomer cement and AH26 root canal sealer. *Int Endod J.* 1994 Sep;27(5):239-44
67. Loest C, Trope M, Friedman S. Follow-up of root Canals obturated with glass ionomer and epoxy resin root canal sealer. *J Endod.* 1993;19:201.
68. Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM: Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cono for obturating curved root Canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001 Jan;91(1):89-94.
69. Stock CJR. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *Int Dent J.* 1991;41:175–82.
70. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod.* 2007; 33:81-95.
71. Richman RJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *MedDent J.* 1957;12:12–8.
72. Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;42:92–9.
73. Inan, U. Aydemir, H. & Tasdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Aust Endod J.* 2007; 33: 18–22.
74. Lasala A. Endodoncia, 4° Ed. Barcelona, Masson Salvat, 1992, Cap. 20, pp. 461.

75. Baumgardner KR, Krell KV. Ultrasonic condensation of gutta-percha: an in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *J Endodon.* 1990;16:253–9.
76. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg.* 1985;58:285–96.
77. Bailey GC, Ng YL, Cunnington SA, Barber P, Gulabivala K, Setchell DJ. Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: an in vitro investigation of the quality of obturation. *Int Endod J.* 2004 Oct;37(10):694-8.
78. Bailey GC, Cunnington SA, Ng Y-L, et al. 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 Jul;37(7):447-54.
79. Buchanan LS. The continuous wave of obturation technique: «centered» condensation of warm gutta-percha in 12 s. *Dent Today.* 1996;15(1):60-7.
80. DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ Jr, Hatton JF . Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *J Endod.* 1999;25:376-80.
81. Blum J-Y, Cathala C, Machtou P , Micallef J-P . Analysis of the endogrammes developed during obturations on extracted teeth using System B. *J Endod.* 2001;27:661-5.
82. Wu MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J.* 1993 Jan;26(1):37-43.
83. Davich MH. Closing the door on microleakage. *Endod (Ther).* 2007; 7(1):1-3.
84. Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in presence or absence of the smear layer. *J Dent.* 2003; 31:275-81.
85. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J.* 1994;27:304-8.
86. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics.* 2005, 12, 25–38.

87. 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.
88. Hession RW. Long-term evaluation of endodontic treatment: anatomy, instrumentation, obturation- the endodontic practice triad. *Int Endod J.* Sep 1981;14(3): 179-84.
89. Jafari F, Jafari S. Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(6):e812-9.
90. Kontakiotis EG, Georgopoulou MK, Morfis AS. Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. *Int Endod J.* 2001;34:133-6.
91. 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.
92. Iqbal A. The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *J Clin Diagn Res.* 2016 May; 10(5): ZC146–ZC148.
93. Glickman GN, Koch KA. 21st century endodontics. *J Am Dent Assoc.* 2000; 131 (Suppl): 39S–46S.
94. Moreno A. Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling. *J Endod.* 1977 May;3(5):186-8.
95. Baumgardner KR, Krell KV. Ultrasonic condensation of gutta-percha: an in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1990 Jun;16(6):253-9.
96. Deitch AK, Liewehr FR, West LA, Patton WR. A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. *J Endod.* 2002 Sep;28(9):665-7.
97. Aminsobhani M, Ghorbanzadeh A, Sharifian MR, Namjou S, Kharazifard MJ. Comparison of Obturation Quality in Modified Continuous Wave Compaction, Continuous Wave Compaction, Lateral Compaction and Warm Vertical Compaction Techniques. *J Dent (Tehran).* 2015 Feb;12(2):99-108.

98. Spangberg LSW, Acierno TG. Cha By. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod.* 1989 Nov;15(11):548-51.
99. Matloft Ir, Jensen Jr, Singer L, Tabibi A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982 Feb;53(2):203-8.
100. 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 Jan;28(1):30-4.