

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN DE LA DENTINA RADICULAR TRATADA CON
DIFERENTES SOLUCIONES ACONDICIONANTES PARA LA
CEMENTACIÓN DE POSTES DE FIBRA**

No. de registro 2019-4

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN ENDODONCIA

PRESENTA:

C.D. JAVIER ARMANDO ESPINOSA RODRÍGUEZ

DIRECTORES DE TESIS:

DR. JESÚS EDUARDO SOTO SAINZ

DR. ALFREDO DEL ROSARIO AYALA HAM

ASESOR EXTERNO:

DRA. VERÓNICA ZAVALA ALONSO

CULIACÁN, SINALOA. DICIEMBRE DEL 2019

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por siempre apoyar mis decisiones, por creer en mí y porque sin ellos no sería nada de lo que soy ahora.

Gracias.

Javier Armando Espinosa Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Sergio y Mirna, a mis hermanos Sergio y Cassandra por su apoyo y confianza brindada durante todas las etapas de mi vida, que me han permitido ser una persona de bien y lograr cada objetivo que me propongo. Sin duda alguna son una parte fundamental en mi vida, muchas gracias.

Agradezco a toda mi familia abuelas, tíos, tías, primos, primas por ser parte de mi trayectoria y apoyarme en cada momento que se necesita, muchas gracias.

Agradezco a mi novia Ross Villaseñor por apoyarme en este trayecto de mi vida y por brindarme su apoyo en cada circunstancia.

Agradezco a mis directores de tesis Dr. Jesús Eduardo Soto Sainz y M.C. Alfredo del Rosario Ayala Ham y al Dr. José Geovanni Romero Quintana por su tiempo, conocimientos y ayuda para lograr esta investigación.

Agradezco a mis compañeros de especialidad, de quienes he aprendido mucho en el ámbito académico como personal en estos dos años y medio de carrera.

Agradezco al Postgrado en Endodoncia, a sus docentes y a su personal. Gracias por formar parte de mi formación académica.

Agradezco a mis profesores de clínica por todas sus enseñanzas, consejos, regaños, tips que me brindaron para poder mejorar y ser un mejor profesionalista.

Y a esas personas que me faltaron mencionar que me ayudaron en cada momento y me brindaron su apoyo, muchas gracias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
1 MARCO TEÓRICO	7
1.1 DENTINA	7
1.1.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA DENTINA RADICULAR	8
1.2 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO.....	9
1.3 RESTAURACIÓN DEL DIENTE ENDODONCIADO	10
1.3.1 PROTOCOLO RESTAURATIVO	10
1.4 POSTES.....	11
1.4.1 MATERIAL IDEAL	13
1.4.2 RETENCIÓN Y FORMA	14
1.4.3 LONGITUD DEL POSTE	15
1.5 PREPARACIÓN DEL ESPACIO PARA EL POSTE	16
1.6 POSTES COLADOS	17
1.7 POSTES PREFABRICADOS	18
1.7.1 POSTES DE FIBRA DE VIDRIO	20

1.8	CEMENTOS.....	21
1.8.1	CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS RESINOSOS.....	21
1.9	SISTEMAS ADHESIVOS A LA RAÍZ DE DENTINA.....	25
1.10	SMEAR LAYER	26
1.10.1	ELIMINACIÓN DEL SMEAR LAYER.....	27
1.11	SISTEMAS ACONDICIONANTES DE DENTINA	29
1.11.1	IRRIGANTES QUELANTES.....	29
1.12	APLICACIÓN DE ULTRASONIDO EN IRRIGANTES.....	35
1.13	ANTECEDENTES.....	37
2	JUSTIFICACIÓN	40
3	OBJETIVOS	42
3.1	OBJETIVO GENERAL	42
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
4.1	LUGAR Y OBTENCIÓN DE LA MUESTRA	43
4.2	TIPO DE ESTUDIO	43
4.3	MUESTRA.....	43
4.3.1	TAMAÑO DE LA MUESTRA	43
4.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN	43
4.4.1	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	43
4.4.2	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN.....	44

4.4.3	CRITERIOS DE ELIMINACIÓN	44
4.5	METODOLOGÍA	44
4.5.1	PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	44
4.5.2	GRUPOS DE ESTUDIO	46
4.5.3	ACONDICIONAMIENTO DE LA DENTINA RADICULAR.....	46
4.5.4	EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE DESALOJO DE LOS ENDOPOSTES	47
4.5.5	EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA CAPA DE SMEAR LAYER Y EROSIÓN DENTINARIA.....	48
4.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
4.7	LUGAR DE REALIZACIÓN	50
5	RESULTADOS.....	51
6	DISCUSIÓN	58
7	CONCLUSIONES	62
8	PERSPECTIVAS.....	63
9	BIBLIOGRAFÍA	64

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Remoción de smear layer.	53
Gráfica 2. Push out test.	56
Gráfica 3. Promedios grupales en push out test.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acondicionamiento de la dentina radicular expuesta a diferentes soluciones acondicionantes con activación ultrasónica.....	54
Figura 2. Acondicionamiento de la dentina radicular expuesta a diferentes soluciones acondicionantes sin activación ultrasónica.....	55

RESUMEN

Introducción. El smear layer se forma durante los procesos de preparación biomecánica de los conductos radiculares o durante los procesos de desobturación de éstos, con la finalidad de colocar un endoposte para una futura restauración protésica.

Objetivo. Remover el smear layer con los diferentes sistemas acondicionantes, para evaluar su remoción y el grado de erosión de la dentina radicular.

Materiales y métodos. Se utilizaron 80 incisivos centrales superiores, los cuales se estandarizaron a 14 mm, se les realizó el tratamiento de conductos, posteriormente se desobturaron a 10 mm quedando 4 mm de gutapercha en la porción apical. Las muestras se dividieron en dos grupos de 40 órganos dentales, en el grupo 1 se utilizaron los acondicionantes de dentina activados con ultrasonido durante 1 minuto. En el grupo 2 solamente se utilizaron los acondicionantes dentinarios sin activación. Posteriormente, cada grupo se subdividió en 5 grupos de 8 muestras de acuerdo al acondicionante utilizado, subgrupo 1: EDTA 17%, subgrupo 2: ácido ortofosfórico 37%, subgrupo 3: ácido cítrico 25%, subgrupo 4: suero fisiológico y subgrupo 5: sin acondicionante. Dentro de cada subgrupo se utilizaron 2 muestras para evaluar la dentina radicular en el MEB y 6 muestras para la prueba de push out.

Resultados. El uso de los acondicionantes dentinarios a 1 minuto de exposición permitió la eliminación significativa del smear layer ($P < 0.001$). La aplicación del ultrasonido mostró diferencia estadísticamente significativa en el grupo del EDTA al 17% con 1.47 ± 0.16 ($P < 0.05$) en comparación con el resto de los grupos. Para las pruebas de desalojo, el grupo que mostró mejor retención micromecánica fue

la muestra acondicionada con ácido cítrico 25% activada con ultrasonido en comparación con los demás grupos sin activación.

Conclusión: La combinación del acondicionante con el ultrasonido mejora las propiedades para la remoción de la capa de smear layer en un periodo de 1 minuto sin alterar la morfología radicular.

Palabras clave: acondicionantes dentinarios, ultrasonido, endopostes.

ABSTRACT

Introduction. The smear layer is formed during the biomechanical preparation processes of the root canals or during the desobturation process of these, in order to place an endopost for a future prosthetic restoration.

Aim. Remove the smear layer with different conditioning systems, to evaluate its removal and the degree of erosion of the root dentin.

Materials and methods: 80 upper central incisors were used, which were standardized to 14 mm, the root treatment was performed, then they were deobtured at 10 mm leaving 4 mm of gutta-percha in the apical portion. The samples were divided into two groups of 40 dental organs, in which group 1 the dentin conditioners activated with ultrasound were used for 1 minute. In group 2, only dentinal conditioners without activation were used. Subsequently, each group was subdivided into 5 groups of 8 samples according to the conditioner used, subgroup 1: EDTA 17%, subgroup 2: orthophosphoric acid 37%, subgroup 3: citric acid 25%, subgroup 4: physiological serum and subgroup 5: no conditioning. Within each subgroup 2 samples were used for evaluation of root dentin in the MEB and 6 samples for the push out test.

Results. The use of dentinal conditioners at 1-minute exposure allowed the significant removal of the smear layer ($P < 0.001$). The ultrasound application showed a statistically significant difference in the 17% EDTA group with 1.47 ± 0.16 ($P < 0.05$) compared to the other groups. For the eviction tests the group that showed the best micromechanical retention was the sample with 25% citric acid activated with ultrasound compared to the other groups without activation.

Conclusion. The combination of the conditioner with the ultrasound improves the properties for the removal of the smear layer in a period of 1 minute without altering the root morphology.

Key words: dentinal conditioners, ultrasound, endopost.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento endodóntico tiene como principal objetivo tratar de preservar el órgano dental dentro de la cavidad oral mediante una serie de procedimientos como es la instrumentación, conformación, desinfección y obturación de manera tridimensional del sistema de conductos radiculares. El concepto de limpieza incluye la remoción de la dentina infectada y del tejido orgánico, a través de la instrumentación e irrigación. Todos los instrumentos endodónticos crean detritus y barro dentinario, como consecuencia de su accionar sobre las paredes del conducto radicular. El detritus está compuesto por virutas de dentina y/o tejido residual vital o necrótico adheridos a la pared del canal radicular.

Durante el procedimiento de desobturación del conductor radicular para la colocación de una restauración protésica, también hay una formación de una capa de smear layer, que está compuesta por restos de dentina, cemento sellador y restos de gutapercha. Esta capa se adhiere fuertemente a la superficie de la dentina radicular, obstruyendo los túbulos dentinarios evitando que el cemento penetre dentro de ellos y pueda haber una buena microretención.

La eliminación de esta capa es importante para el éxito del tratamiento endodóntico. Su eliminación se obtiene utilizando soluciones químicas durante la preparación del conducto radicular tales como el ácido etilendiaminatetraacético (EDTA), combinación de soluciones de EDTA y NaOCl, ácidos orgánicos (ácido cítrico) y el ácido ortofosfórico. Tras la introducción de dispositivos ultrasónicos dentales en endodoncia y combinándolas con las sustancias acondicionantes, los procedimientos han sido destacados por ser capaces de limpiar los conductos

radiculares y eliminar la capa de barrillo más eficazmente que los métodos convencionales.

Es importante conocer el mecanismo por el cual ocurre la eliminación de la capa de smear layer usando el ultrasonido, ya que está relacionado con el fenómeno de cavitación que ocurre cuando las presiones hidrodinámicas producidas en el irrigante, desaloja al detritus que se encuentra adosado a la pared del conducto, y crea un efecto de succión sobre el tejido orgánico liberado, arrastrando al detritus fuera de las ramificaciones laterales del conducto, hacia la corriente principal del flujo del irrigante, donde son posteriormente expulsados del conducto.

Los efectos beneficiosos de la limpieza de los conductos con ultrasonido se ven usando la técnica solo para la irrigación final del conducto radicular. La técnica de irrigación ultrasónica pasiva es la que mejores beneficios ha demostrado, pues ha evitado más fracturas del instrumento o microgrietas.

El objetivo de este estudio fue evaluar la remoción de la capa de smear layer y la fuerza de desalojo de los endopostes con diferentes sistemas acondicionantes activados con y sin ultrasonido.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 DENTINA

La dentina es un tejido mineralizado que ocupa la mayor parte de los dientes humanos tanto en peso y en volumen. Una de las principales características de este tejido es la red de túbulos de aproximadamente 0.5 μm a 1.5 μm de diámetro, que irradian desde la cavidad de la pulpa hasta la superficie de la unión de esmalte y dentina (1). Los túbulos están rodeados por una región peritubular hipermineralizada y que a su vez se haya embebida en una matriz intertubular formada principalmente por colágeno tipo I, formando un andamio con cristales de hidroxiapatita y fluido dentinario (1).

Pashley *et al.*, 1989 mencionan que estos túbulos varían en número y pueden representar desde el 1% (0.8 mm de diámetro del área total de la superficie de la dentina junto a la unión amelodentinaria y aumentar en dirección a la pulpa hasta el 22% (2.5 mm de diámetro) del área total de superficie de la dentina (2).

La dentina madura se compone de aproximadamente un 70% de material inorgánico, un 20% de material orgánico y un 10% de agua según el peso. El principal componente inorgánico consiste en hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$. La matriz orgánica consta de proteínas, de las cuales la más común es el colágeno tipo I; hay un componente menor de colágeno de tipo V. Las proteínas no colágenas más comunes son la dentinofosfoproteína, proteína de matriz de dentina I, sialoproteína de dentina, osteopontina, osteocalcina y sialoproteína ósea. Además, contiene proteoglicanos, pequeñas cantidades de fosfolípidos y numerosos factores de crecimiento, como proteínas morfogenéticas óseas (BMP), factores de crecimiento similar a la insulina (IGF) y factor de crecimiento

transformante β (TGF- β). Estos factores de crecimiento son importantes durante la desmineralización de la dentina porque localmente pueden estimular la posterior diferenciación de células (3).

1.1.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA DENTINA RADICULAR

Es importante conocer las propiedades mecánicas de la dentina; la resistencia cohesiva, la microdureza y el módulo de elasticidad, para entender cómo se distribuyen y absorben las fuerzas originadas durante la masticación y para predecir alteraciones que puedan sufrir debido a los procedimientos restauradores, la edad y la patología. Su conocimiento nos permite la elección de materiales restauradores que imiten sus propiedades y nos conlleve a un tratamiento exitoso (4).

1.1.1.1 ELASTICIDAD

La elasticidad de la dentina aporta flexibilidad al frágil esmalte suprayacente y permite que se produzca el impacto de la masticación sin fracturarlo. El colágeno es como una barra de refuerzo de acero y los cristales mineralizados como cemento; la estructura compuesta resultante tiene una gran fuerza tensil, especialmente por su pequeño tamaño. Además, la unión esmalte-dentina es un borde festoneado irregular que aumenta el contacto y la adherencia entre dentina y esmalte, manteniendo juntos los dos tejidos duros durante la masticación (3).

1.1.1.2 RESISTENCIA

La resistencia se puede definir como el estado en el que dos superficies se mantienen unidas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en

mecanismos químicos, mecánicos o ambos, con la mediación de un adhesivo. En odontología son tres substratos los que participan en la adhesión: el material de restauración, el diente y el sistema adhesivo. Si sometemos a estrés la interfase dentina/restauración hasta el punto de fallo, la fractura puede localizarse en uno de los substratos anteriormente nombrados. Es decir, en la capa de adhesivo (fallo adhesivo), en la resina compuesta próxima a la interfase (fallo cohesivo), o bien en la dentina (fallo cohesivo). Normalmente el tipo de fallo es mixto. La localización en uno u otro substrato depende de las propiedades mecánicas de cada uno de los constituyentes, así como del espesor del agente adhesivo (5) .

1.1.1.3 DUREZA

La dureza puede definirse como la resistencia de un material a la deformación permanente y se relaciona con otras propiedades como la generación de estrés y el módulo de Young. Existe una relación lineal entre la resistencia, módulo de elasticidad y la dureza (6).

1.2 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

Los tratamientos endodónticos han sido muy criticados por debilitar los dientes, especialmente las raíces, dejándolos más proclives a las fracturas. Las fracturas radiculares de los dientes endodonciados se deben, en parte, al debilitamiento físico de las raíces por los espacios creados para los postes (7, 8).

Se ha reconocido durante muchos años que la instrumentación del conducto radicular produce una capa de barrillo que cubre las superficies de las paredes del conducto preparado. Esta capa contiene las sustancias inorgánicas y orgánicas tales como fragmentos de procesos odontoblásticos y residuos necróticos. La

capa de frotis consta de una capa superficial adherida a la pared del conducto de aproximadamente 1 a 2 μm de espesor y una capa más profunda penetra en los túbulos dentinarios a una profundidad de hasta 40 μm . Los componentes de la capa de barrillo pueden ser impulsados dentro de los túbulos dentinarios a distancias variables (9). Esto puede ocurrir como resultado del movimiento de limado y de rotación de los instrumentos. Por lo cual realizar un adecuado tratamiento endodóntico, una preparación radicular con los procedimientos de limpieza adecuados y una buena restauración protésica nos puede llevar a una conservación del órgano dental (10).

1.3 RESTAURACIÓN DEL DIENTE ENDODONCIADO

La restauración del diente endodonciado tiene como principal objetivo restituir la apariencia y las propiedades físicas y biomecánicas, para que sean comparables a las de un diente vital. Además, la restauración coronal debe impedir la recolonización bacteriana del conducto tratado y brindarle protección al órgano dental (11, 12).

Al restaurar los dientes endodonciados mediante una restauración protésica, el radio de fractura y consecuentemente el riesgo de pérdida dental, es considerablemente mayor en los dientes con tratamiento endodóntico que en los órganos dentales libres de tratamiento (13).

1.3.1 PROTOCOLO RESTAURATIVO

El protocolo más completo reportado en la literatura, es el de Peroz, Blankenstein (14), en el cual se establecen cinco clases clasificatorias dependiendo del número de paredes axiales remanentes.

- Clase I: los dientes poseen las cuatro paredes de la cavidad restantes, con un espesor de base superior a 1 mm. En este caso, un poste no es necesario y cualquier restauración final puede ser utilizada.
- Clase II y Clase III: poseen dos o tres paredes restantes de la cavidad. Estos dientes posiblemente pueden ser restaurados sin un poste. El uso de un núcleo adhesivo puede proporcionar resistencia a la fractura adecuada sin la necesidad de un poste.
- Clase IV: poseen una pared restante. El núcleo del material proporcionara un efecto mínimo o nulo en la resistencia a la fractura del diente endodonciado.
- Clase V: no poseen paredes restantes, y un poste estará obligado a proporcionar retención de material del núcleo. La presencia de una férula, que se caracteriza por 360 grados de collar de corona, aumentará en gran medida la resistencia a la fractura del diente.

Aunque no está explícitamente descrito en dicho protocolo, de él se intuye que la clase IV y V requerirán de un poste intrarradicular (14).

1.4 POSTES

Los postes intrarradicales son un mecanismo para mejorar la retención de las reconstrucciones cuando queda poco tejido dentario (15).

Los postes se han utilizado para restaurar dientes endodonciados durante más de 100 años. Son elementos de retención que se introducen en el conducto radicular y que se utilizarán en casos de gran destrucción coronaria (se indican cuando se ha perdido más de la mitad de la estructura dental).

Los requisitos que debe cumplir el conducto radicular para la colocación de un endoposte son: no presentar restos de caries en el tercio más coronal, ausencia de sospecha de fracturas ni reabsorción, longitud y grosor suficientes (siempre se ha de utilizar el conducto más ancho posible y “activo” en relación a la oclusión) y con una morfología adecuada y por supuesto un buen sellado apical (16).

Los postes han de cumplir sus propios requisitos o cualidades: protección máxima de la raíz para minimizar riesgos de fractura, suficiente retención dentro de la raíz, retención máxima del muñón y de la corona, minimizar riesgos de filtración, consecución del máximo de estética posible, buena visibilidad radiográfica y biocompatibilidad local y general (16).

La técnica del poste anatómico es la más conocida, planteada por primera vez por el Dr. Marco Ferrari quien afirmaba que la presencia de un espesor exiguo de cemento determina una distribución más uniforme de las cargas oclusales, lo que permite limitar la contracción de polimerización de la resina, así como el estrés determinado por ésta. Por lo tanto, siguiendo la tendencia de una odontología de mínima intervención y máxima conservación de estructuras, lo más favorable en estos casos sería que el poste se adaptara lo mejor posible a la anatomía del conducto una vez finalizada la endodoncia (17).

La longitud correcta de acuerdo a estudios realizados debe ser al menos la longitud de la corona o dos tercios de la longitud de la raíz restante. Sin embargo, este concepto fue desarrollado para postes de metal colado y núcleos que se retienen por fricción. Clínicamente, la longitud de la publicación puede estar limitada por la curvatura de la raíz o una obstrucción en el conducto radicular. Los postes de fibra de vidrio tienen la ventaja de unirse a la dentina y, por lo tanto,

están menos restringidos por la longitud requerida en comparación con la inserción y los núcleos (18).

La principal función de un poste es proporcionar retención a la restauración definitiva, por ello, se utilizará en aquellos casos en los que el diente no tenga suficiente estructura remanente para retener la obturación. El diente no debe presentar ningún signo ni síntoma que nos haga sospechar que el tratamiento endodóntico ha fracasado, de lo contrario se debe retratar. Si está obturado sólo se retratará con pasta, y si lo está con puntas de plata, las retiraremos y posteriormente retrataremos (15).

1.4.1 MATERIAL IDEAL

Lo ideal es utilizar postes que posean un módulo de elasticidad similar al del diente (fibra de carbono, fibra de cuarzo, fibra de vidrio). Un hecho interesante es conocer el tipo de cargas que recibirá el diente al reconstruir. Sabemos que los dientes anteriores deben enfrentarse a fuerzas horizontales básicamente, mientras que los dientes posteriores soportan sobretodo cargas verticales. Esto implica que en dientes anteriores es importante que el módulo de elasticidad del poste sea similar al del diente. También utilizaremos estos postes con un comportamiento mecánico similar al diente en aquellos pilares que den retención a prótesis parciales removibles (lleven un gancho o un anclaje) o en pilares de prótesis fija que soporten piezas en extensión, ya que en ellos las fuerzas torsionales tendrán un papel predominante. En dientes posteriores será válido utilizar postes metálicos o pernos muñones colados (15).

1.4.2 RETENCIÓN Y FORMA

Los postes pueden ser cónicos simples o de doble conicidad, cilíndricos o cilindro cónico. Los cónicos buscan acompañar la forma del diente ahorrando tejido, aunque perdiendo capacidad retentiva. Son los responsables de transmitir esfuerzos en cuña, cosa que no sucedería con los cilíndricos, de mayor capacidad retentiva. En estos últimos la profundización apical puede ocasionar debilitamiento en las paredes radicales. Con los cementos resinosos (más adhesivos que los híbridos) los postes de doble conicidad serían igualmente retentivos que los cilíndricos. Pueden ser lisos o ranurados transversalmente para la mayor retención del cemento. En ese caso deben estar bien diseñados y ser de calidad reconocida para evitar roturas. Se puede mejorar la interfase cemento-poste tratando la superficie mediante "arenado", "silanizado" o combinación de ambos (19).

Los postes están disponibles en una variedad de formas: paralelos con la superficie dentada, paralelos con la superficie lisa, paralelos a los hilos, cónicos con la superficie dentada, cónicos con la superficie lisa y ahusados con hilos (20). Los postes paralelos con muescas son los más retentivos de los postes de metal prefabricados pasivos (20).

El espesor del poste de metal fundido fue descrito por Shillingburg *et al.* (1982), quienes escribieron "la clavija no debe hacerse tan grande, sin embargo, que destruirá la estructura del diente preciosa y la integridad estructural y la resistencia natural del diente". Estos autores recomendaron un diámetro de 0.7 mm para los incisivos mandibulares a 1.7 mm en los incisivos centrales

superiores. Además, el diámetro de la espiga no debe ser mayor que un tercio de la raíz en la unión cemento-esmalte (21).

1.4.3 LONGITUD DEL POSTE

Abramovitz *et al.* (2012), demostraron que 3 mm de gutapercha proporcionaban un sello apical in vitro impredecible; por lo tanto, se recomendarían al menos 5 mm. Cuando los postes eran dos tercios de la longitud de la raíz, muchos de los dientes de longitud de raíz promedio y corta habían comprometido los sellos apicales (22). Sorensen *et al.* (1984), informaron un 97% de éxito en los molares mandibulares si la longitud del poste equivalía al menos a la longitud de la corona (23). Goodacre *et al.* (1995), recomendaron una longitud de poste igual a 3/4 de la longitud del conducto radicular. Los postes con una longitud de al menos tres cuartos de la longitud de la raíz ofrecían la mayor rigidez y la menor desviación de la raíz (flexión) (24). Estos trabajos mostraron mejores resultados que aquellas que tenían una cuarta o la mitad de la longitud de la raíz. Leary *et al.* (1987), mostraron que cuando se midió la fuerza de tracción requerida para quitar un poste de los incisivos laterales superiores extraídos, los postes que eran tres cuartos o más de la longitud de la raíz eran 20-30% más retentivos que los postes que tenían la mitad de la longitud de la raíz o igual en longitud a la corona (25, 26).

Nuestros resultados concuerdan con Echevarría (2009), quien reporta que la longitud ideal para la colocación de un poste es una medida de 2/3 o 1/2 de la longitud de la raíz. Dejando solamente 3 mm de gutapercha y lo demás recubrirlo con el poste (27).

1.5 PREPARACIÓN DEL ESPACIO PARA EL POSTE

El poste de fibra que se utiliza para restaurar los dientes tratados endodónticamente, tiene un mecanismo de unión de los sistemas adhesivos a las paredes dentales radiculares es esencialmente de naturaleza micromecánica, basado en la hibridación de la superficie desmineralizada y en las tags de resina y la formación de ramas laterales adhesivas (28-30). Se ha asumido que para lograr la capa híbrida es necesario eliminar la capa de frotis y los residuos de las paredes del conducto de la dentina radicular y la parte inicial de los túbulos dentinales para aumentar la retención cuando se utiliza cemento de resina.

Se han realizado varias investigaciones que analizan los efectos de los selladores endodónticos o sus componentes sobre las fuerzas de unión de los agentes de cementación de resina (31-36) La preparación posterior al espacio se realiza comúnmente con instrumentos rotatorios y la remoción mecánica de la dentina impregnada del sellador de las paredes del canal durante la preparación posterior al espacio es el paso crítico para lograr una retención óptima posterior (37).

La condensación vertical fría o lateral de gutapercha es actualmente la técnica de obturación más aceptada. Wu *et al.* (2000), sugieren que el porcentaje de perímetro del conducto recubierto con sellador se vio influenciado por diferentes procedimientos de condensación: mayor después de la condensación lateral que después de la condensación vertical que influye en las características de la superficie de la dentina del conducto y la penetración de los selladores y la gutapercha en los túbulos dentinales (38).

Los agentes utilizados para la irrigación del conducto radicular incluyen un 5,25% de NaOCl y agentes quelantes y está ampliamente aceptado que un método

eficaz para eliminar los restos orgánicos e inorgánicos del conducto radicular es alternando NaOCl y EDTA al 17% seguido de una descarga final con NaOCl para detener el efecto quelante (39). Para eliminar la gutapercha, los selladores y para crear un espacio de poste, se ha sugerido utilizar, en secuencia, un drill para eliminar la gutapercha y 2 fresas para crear un sitio para una inserción pasiva del poste prefabricado. Este procedimiento mecánico es seguido por la limpieza del espacio posterior con una solución acondicionante para eliminar la capa de frotis y desmineralizar la dentina antes de la cementación del endoposte (40).

1.6 POSTES COLADOS

Un endoposte es una restauración intraradicular, cuya finalidad es la de proporcionar una base sólida sobre la cual pueda fabricarse la restauración final del diente. También denominados perno-muñón colado. Son estructuras metálicas elaboradas en metal que se adaptan a la forma individual de cada conducto radicular, por lo que tienen buen grado de ajuste al conducto. Por otro lado, requieren de más de una sesión clínica para ser confeccionados y cementados, pueden tener cierto grado de corrosión, una inadecuada estética, un módulo de Young elevado y una difícil remoción en caso de necesidad de tratamiento (17).

Durante décadas, la restauración de dientes endodonciados mediante postes colados ha sido el patrón oro, con tasas de éxito predecible. En estos postes no hay riesgo de separación poste-muñón porque están hechos en una sola estructura, pero pueden producir un efecto cuña en casos de fractura radicular. Estos postes suelen ser de aleaciones de níquel-cromo. Con ellos se consigue, además, una mayor adaptación marginal, ya que se puede controlar la tasa de expansión. Sin embargo, los postes colados presentan mayor tasa de fracaso que

los postes prefabricados, por el riesgo de fractura radicular. Existen diferentes propuestas para la fabricación de postes colados: pueden colocarse materiales plásticos para reproducir la forma del conducto y ajustarse a éste, y luego ser rebasados con acrílico autopolimerizable. Otra posible opción consiste en crear un patrón del núcleo acrílico para, posteriormente, colarlo en una aleación. Por otro lado, requieren de más de una sesión clínica para ser confeccionados y cementados, pueden tener cierto grado de corrosión, una inadecuada estética, un módulo de Young elevado y una difícil remoción en caso de necesidad de tratamiento (16).

Los postes metálicos intraradiculares duplican la resistencia a la fractura de los dientes tratados endodónticamente (41). Se ha considerado necesario un clavo para evitar la fractura radicular de dientes tratados endodónticamente mucho antes de la introducción de postes de resina reforzados con fibra (o postes de fibra) y postes de zirconia (24, 42).

Los pernos muñones colados pueden utilizarse igualmente, pero es preferible destinarlos a los dientes posteriores atendiendo a la distinta rigidez que presentan respecto al diente. Suponen un aumento del tiempo y del número de citas a la vez que se complica y encarece el tratamiento. Por ello, se utilizan con mucha menos frecuencia si se comparan con los postes prefabricados (15).

1.7 POSTES PREFABRICADOS

Los postes prefabricados son en forma y material según cada fabricante. Su principal ventaja radica en que la preparación y cementación se realiza en una sesión clínica. Al estar predeterminados de fábrica, no siempre se adaptan perfectamente a la anatomía interna de cada conducto. Como alternativa a los

postes colados, existen otras técnicas restaurativas directas. Antes los postes eran de tipo metálico (acero inoxidable o titanio) pero ahora los encontramos de cerámica o de fibra. Los postes de fibra poseen una estructura de fibras de refuerzo incluidas en una matriz de resina polimerizada, con 7-20 μm de diámetro y de varias configuraciones, trenzadas, tejidas o longitudinales. Gracias a este material se consigue una adhesión a la dentina del conducto radicular, mejorando la distribución de las fuerzas aplicadas a lo largo de ésta y, por tanto, se disminuye el riesgo de fractura radicular. La evidencia más reciente sugiere que los postes de resina reforzados con fibra (o postes de fibra) en realidad pueden fortalecer la raíz cuando se atan con una técnica adhesiva. Los postes de fibra tienen un módulo elástico similar al de la dentina, lo que los hace mecánicamente compatibles con la dentina del conducto radicular (43).

Los postes de fibras están disponibles en diferentes secciones: cilíndrica, troncocónica, cónica, doble cónica. Según diferentes estudios, los postes cilíndricos son más retentivos que los cónicos, mientras que los dobles cónicos se adaptan mejor a la forma del conducto, además de limitar la cantidad de tejido dentinario eliminado en la preparación del espacio del poste. Algunos postes disponibles en el mercado tienen la cabeza coronal o muescas con fines retentivos para el muñón. En los últimos tiempos, han aparecido postes de fibra de vidrio de forma ovalada, para una mejor adaptación en los conductos con esta forma (44).

Mientras, los postes de fibra de carbono están formados por fibras piramidales de carbono embebidas en una matriz de resina epóxica, biocompatible y resistente a la corrosión y fatiga, además presenta propiedades físicas similares a las de la

dentina, mientras que su color oscuro se considera su gran y principal desventaja (16).

1.7.1 POSTES DE FIBRA DE VIDRIO

Los postes de fibra de vidrio prefabricados han reemplazado recientemente los postes metálicos, ya que su módulo elástico está más cerca de la dentina, son más estéticos y se pueden unir a la dentina con cementos de resina (45). El módulo elástico de los postes de fibra de vidrio es similar a la dentina (18.6 GPa) (46). El módulo elástico del acero inoxidable es de aproximadamente 200 GPa, aleación de titanio 110 GPa y zirconia 300 GPa (47). Se ha informado que el módulo elástico es un importante predictor del rendimiento del material intrarradicular, ya que, con los materiales de alta rigidez, el esfuerzo aplicado a través del diente restaurado se concentra en la estructura dental restante, lo que aumenta el riesgo de fractura. Cuando se utilizan materiales con un módulo de elasticidad similar a la dentina, las tensiones se distribuyen de manera más uniforme (48). Sin embargo, se ha descartado el concepto de refuerzo dental mediante el uso de la colocación intrarradicular, y la única función de una publicación intrarradicular es conservar la restauración definitiva (49)

Cuando los dientes han sido tratados endodónticamente, a menudo han perdido mucha estructura dental y requieren el uso de un poste intrarradicular y un núcleo de relleno para conservar la restauración definitiva (50). El uso de postes de fibra de vidrio prefabricados puede resultar en cantidades excesivas de cemento de resina para reemplazar la estructura perdida, principalmente, cuando se usa en conductos radiculares grandes, anatómicos y debilitados. Se han sugerido técnicas como la conformación de postes anatómicos y la adición de resina

compuesta a postes de fibra prefabricados para restaurar los conductos radiculares debilitados (51).

1.8 CEMENTOS

En Odontología, existen tres grandes grupos de cementos definitivos con diferentes capacidades de interacción con el sustrato: los cementos no adhesivos (cementos de fosfato de zinc), los cementos con adhesión química (policarboxilato, ionómeros de vidrio y cementos a base de resina modificada) y cementos con adhesión micro mecánica (cementos de resina) (52).

Las propiedades adhesivas de los cementos de resina no están determinadas principalmente por el propio cemento, si no por el tipo de sistema adhesivo de acoplamiento (52).

Los cementos de resina de adhieren a la dentina por eliminación o modificación del barrillo dentinario (53).

1.8.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS RESINOSOS

Los cementos de resina poseen características favorables que los hacen el material de elección para la cementación de restauraciones estéticas, así como para restauraciones metálicas y para la cementación de endopostes en remplazo de los cementos convencionales (54). Estos cementos se clasifican según su polimerización en cementos autopolimerizables, fotopolimerizables y duales (55), estos últimos desarrollados con el fin de unir las características positivas de ambos tipos de fraguado (56). Recientemente se han desarrollado cementos de resina que no necesitan la utilización de sistemas adhesivos para preparar la estructura dentaria previo a la cementación (57). Son los llamados cementos

autoadhesivos que poseen monómeros de metacrilatos con ácido fosfórico funcional, los que serían responsables de generar un puente químico con el ion calcio de la hidroxiapatita del esmalte y la dentina además de reaccionar con las partículas de relleno presentes en el cemento (58).

1.8.1.1 CEMENTOS DE RESINA CONVENCIONAL

Los cementos de resina convencional son sistemas que incorporan un agente grabador (ácido fosfórico) que graba el esmalte y la dentina. La aplicación de este ácido resulta en la eliminación de la capa de barrillo dentinario, la desmineralización de la dentina, la apertura de los túbulos dentinarios y la exposición de las fibras de colágeno (59, 60).

Los monómeros hidrófilos de la resina adhesiva, impregnan espacios creados dentro de la red de colágeno de la dentina, resultando en fibrillas de colágeno envueltas con resina y la formación de una zona de interdifusión resina-dentina (60, 61).

La posterior aplicación y polimerización del cemento de resina, dará lugar a un bloque adhesivo con adecuadas propiedades mecánicas y físicas. La cementación con estos cementos, parece ser muy técnico sensible, debido a la humectación de la dentina. Un sustrato dentinario demasiado seco después de la desmineralización, dará lugar a un colapso de las fibras colágenas expuestas y a la poca difusión de la dentina infiltrada. Por otro lado, un exceso de agua remanente, diluirá los monómeros de dicha resina alterando su concentración y polimerización, dando lugar a ambos casos, a una rápida degradación de la interfaz adhesiva (62, 63).

1.8.1.2 CEMENTOS DE RESINA AUTOGRABADORES

Este tipo de cementos incorporan sistemas adhesivos simplificados mediante la incorporación de monómeros acídicos en su composición. Estos monómeros acídicos van a modificar el barrillo dentinario existente y la dentina intertubular para posteriormente infiltrarse en las fibras de colágeno resultando en una capa híbrida. Es decir, los sistemas autograbadores, desmineralizan e infiltran el sustrato dental de forma simultánea (53).

La característica del grabado depende del pH de los monómeros ácidos que han sido agregados. Los adhesivos de autograbado ultra suaves ($\text{pH} > 2,5$) proporcionan una nanointeracción con los sustratos dentales. Los adhesivos de autograbado suaves ($\text{pH} 2,0$) proporcionan una capa híbrida con la formación de tags de resina poco pronunciados. Por último, existen los adhesivos de autograbado fuertes ($\text{pH} < 1,0$) que resultan en una interfaz morfológicamente parecida a los sistemas de grabado total, con la formación de tags de resina abundantes (63).

La eficacia de los sistemas de autograbado varía considerablemente en función de su composición. Se recomienda precaución al utilizar los sistemas de un solo paso de autograbado con un cemento de polimerización dual, debido a la mala interacción química existente entre el monómero acídico del sistema adhesivo y el cemento de resina (64).

Estos sistemas adhesivos actúan como una membrana semipermeable pudiendo crear espacios llenos de agua y monómeros incompletamente polimerizados, lo que permite la difusión del agua a través del interfaz de unión, incluso después de la polimerización (64, 65).

1.8.1.3 CEMENTOS DE RESINA AUTOADHESIVOS

Los cementos autoadhesivos, han sido introducidos recientemente en la práctica clínica, siendo presentados como alternativa innovadora a los cementos resinosos tradicionales, ya que reúnen en un solo producto tanto el fácil manejo de los cementos convencionales, como la capacidad de auto adhesión y de liberación de flúor de los cementos de ionómeros de vidrio, así como las propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y retención micro-mecánica alcanzadas por los cementos resinosos. La reducida sensibilidad que ha presentado esta técnica es una de las razones fundamentales para el uso de los cementos auto-adhesivos, cuya aplicación se resuelve en un único paso clínico, tras la mezcla de las pastas base y catalizadora, o la activación de las cápsulas; el material se aplica directamente sobre la superficie a adherir. Se limitan por lo tanto los errores relacionados con su manejo. Se reduce también la incompatibilidad reconocida entre los adhesivos autograbadores simplificados, así como los cementos resinosos quimiopolimerizables o de tipo dual (66).

Los cementos de resina autoadhesivos se definen como aquellos cementos basados en polímeros rellenos destinados a unirse a la estructura dentaria sin la necesidad de un agente grabador y/o un sistema adhesivo previo (67).

Se ha expuesto que los sistemas autoadhesivos son tolerantes a la humedad dentinaria y tienen la capacidad de liberar iones flúor de la misma manera que lo puede hacer un cemento de ionómero de vidrio. Además ofrecen una estética excelente, unas óptimas propiedades mecánicas, buena estabilidad dimensional y retención micromecánica (68).

Se cree que la adhesión de los cementos de resina autoadhesivos, se produce mediante retención micromecánica y mediante la interacción química que existe entre el monómero ácido del cemento y el componente mineral de la dentina, la hidroxiapatita (67).

La dentina radicular tiene diferencias morfológicas con la dentina coronal. Las investigaciones realizadas han encontrado resultados similares, caracterizados por la ausencia de una capa híbrida y la limitada capacidad del cemento de desmineralizar la dentina subyacente, a través del barrillo dentinario. Desde el punto de vista de la fuerza de adhesión, los valores registrados por los cementos resinosos autoadhesivos a nivel de la dentina radicular, fueron similares a los valores de cementos convencionales, cuando han sido utilizados para la cementación de postes de fibra de vidrio y de titanio. Los cementos resinosos se utilizan a menudo para el cementado de postes de fibra de vidrio, ya que ambos poseen un módulo de elasticidad similar al de la dentina, permitiendo una disminución de la concentración de stress y del riesgo de fractura radicular. Se ha observado una mayor retención de los postes y resistencia a la fractura de los dientes con endodoncia, cuando se cementaron los postes con materiales resinosos, en lugar de cementos convencionales (69).

1.9 SISTEMAS ADHESIVOS A LA RAÍZ DE DENTINA

El objetivo principal de aplicar materiales adhesivos en el conducto radicular o en el espacio de la cámara pulpar es aumentar la retención de las restauraciones directas de composite o retener un poste y núcleo en un diente que se ha debilitado por la pérdida de la estructura coronal del diente. El conocimiento de la anatomía del conducto radicular de los diferentes dientes es esencial para

minimizar el riesgo de complicaciones tales como pérdida de alineación axial o perforaciones cuando se prepara el espacio del poste. Schwartz *et al.* (2006), mencionan que pocos estudios han investigado la composición y la estructura de la dentina intrarradicular, pero todos coinciden en que existen diferencias menores con respecto a la dentina coronal. Como dentina coronal, la dentina intrarradicular se caracteriza por la presencia de túbulos que viajan desde la pulpa hasta el cemento, con dentina peritubular e intertubular. Las pequeñas diferencias entre las dentinas coronal e intrarradicular no parecen ser una barrera para la unión a la dentina radicular y, por lo tanto, las diferencias probables en la unión a este sustrato en comparación con la dentina coronal podrían ser causadas por otros factores (69).

1.10 SMEAR LAYER

Cada vez que se corta la dentina utilizando instrumentos manuales o giratorios, los tejidos mineralizados se rompen para producir cantidades considerables de desechos. No es diferente durante la instrumentación de las paredes del conducto con limas endodónticas. Una capa de frotis, que se adhiere fuertemente a la superficie instrumentada, se produce de una manera que evita que se enjuague o se elimine fácilmente (60). Esta capa de frotis endodóntica puede formar dos zonas: la primera zona tiene un grosor de 1-2 μm y está compuesta de materia orgánica y partículas de dentina; la segunda zona se extiende hasta los túbulos dentinarios a una profundidad que excede los 10-40 μm y está formada en gran parte por fragmentos de dentina (70). La composición de esta capa puede variar significativamente dependiendo del sustrato del diente del que se forma, el tipo de instrumento de endodoncia utilizado y el método de irrigación. En las primeras

etapas de la instrumentación de endodoncia, la capa de frotis contiene un contenido orgánico relativamente alto debido a la presencia de tejido de pulpa necrótico y viable en el conducto radicular (71).

Khalighinejad *et al.* (2014), mencionan que el smear layer es irregular, amorfo y se encuentra adherida en las paredes del conducto radicular. Formado durante la preparación biomecánica del conducto radicular y también en el espacio posterior para la preparación de un endoposte. Incluye una capa superficial de 1 a 5 μm de espesor con una unión débil a la estructura de la dentina. La presencia del smear layer puede aumentar la posibilidad de la presencia de microflora y toxinas en el espacio del conducto y disminuir el sellado. Esta capa de frotis o barrillo dentinario obstruye los túbulos dentinarios evitando su permeabilidad, por lo cual eliminarla es de suma importancia. Las paredes de dentina están cubiertas por una capa gruesa que contiene restos ásperos y restos de sellador y gutapercha que pueden obstaculizar la unión a la dentina del conducto radicular. La capa de frotis puede ser plastificada debido al calor de fricción del instrumento utilizado (72).

1.10.1 ELIMINACIÓN DEL SMEAR LAYER

A pesar de la controversia sobre el efecto de la capa de barrillo sobre la calidad de la instrumentación y obturación, varios investigadores han encontrado que la propia capa de frotis puede estar infectada y puede proteger a las bacterias ya presentes en los túbulos dentinarios. Debido a estas preocupaciones, uno puede considerar prudente para eliminar la capa de barrillo creado inicialmente en conductos de la raíz infectados y para permitir la penetración de los medicamentos en los túbulos dentinales de estos dientes. Los esfuerzos para eliminar la capa de barrillo han incluido medios químicos, mecánicos y láser (73).

1.10.1.1 ELIMINACIÓN QUÍMICA

El éxito de un tratamiento endodóntico depende tanto de la preparación como del irrigante a utilizar, es por ello que el conocimiento exhaustivo de estos es de vital importancia para garantizar un excelente pronóstico del tratamiento (74).

Para maximizar la eliminación de los microorganismos, la ampliación y la conformación mecánica de un conducto radicular debe ir acompañada de abundante irrigación. El irrigante ideal debe tener una acción antimicrobiana, baja toxicidad y buena biocompatibilidad con los tejidos orales. Además, debe tener la capacidad de limpiar las paredes del conducto de la raíz y retirar la capa de frotis (75).

1.10.1.2 ELIMINACIÓN MECÁNICA DEL SMEAR LAYER

La instrumentación mecánica por sí sola no eliminará por completo las bacterias de un sistema de conductos radiculares (75). Independientemente de la técnica instrumental utilizada, grandes áreas de las paredes del conducto radicular pueden permanecer intactas. Por lo tanto, un número de estudios han demostrado que el tratamiento de endodoncia exitoso se logra por medio de una combinación de instrumentación mecánica y el uso de diferentes soluciones de irrigación (71, 76). El papel de la irrigante es importante, ya que desempeña un papel protagónico en la preparación ideal de la superficie de la dentina (77).

A fin de eliminar las bacterias de forma predecible del sistema de conductos, es necesario el uso de la acción de apoyo de agentes desinfectantes y acondicionantes dentinarios.

1.11 SISTEMAS ACONDICIONANTES DE DENTINA

La eliminación de la capa de frotis en endodoncia se considera ventajosa y altamente deseable (78). Esto se debe al hecho de que la capa de frotis actúa como una barrera física que interfiere con la adhesión y penetración del sellador en los túbulos dentinarios. Por lo tanto, las soluciones de irrigación, capaces de actuar sobre los elementos orgánicos e inorgánicos de la capa de frotis, se deben usar durante y después de la instrumentación endodóntica. El hipoclorito de sodio (NaOCl) y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) ofrecen acciones bactericidas, solventes y quelantes y son ampliamente utilizados para la eliminación de la capa de frotis. La clorhexidina también es un irrigante popular debido a su efecto antibacteriano de larga duración a través de la adherencia a la dentina; sin embargo, no disuelve el material orgánico ni elimina la capa de frotis, como ocurre con NaOCl y EDTA (71).

1.11.1 IRRIGANTES QUELANTES

Los agentes quelantes son sustancias químicas capaces de disolver el componente inorgánico del barrido dentinario. Agentes desmineralizantes como el EDTA, el ácido cítrico y el ácido ortofosfórico han mostrado poder para eliminar el barrido dentinario, facilitando la adhesión (79). Los agentes quelantes son complejos estables de iones metálicos con sustancias orgánicas (80), que aplicados en la dentina penetran a través de los túbulos dentinarios y conducen a una descalcificación primaria de la dentina peritubular y secundariamente a la descalcificación de la dentina intertubular (81).

1.11.1.1 EDTA

La solución de EDTA al 17% es una preparación con acondicionadores que le dan un pH neutro y rompen la tensión superficial lo que facilita la instrumentación de los conductos radiculares y la remoción de detritus dentinarios, ya que impregna totalmente las paredes del conducto radicular. El EDTA actúa como un quelante de calcio, disolviendo por completo el barrillo dentinario. Este reacciona, con los iones de calcio de la dentina, formando quelante de calcio soluble. Se ha visto que el EDTA puede descalcificar la dentina de una profundidad de 20-30 μm en 5 minutos (72).

La combinación de EDTA y NaOCl se usa comúnmente para irrigación endodóntica para lograr desmineralización y desproteización. Sin embargo, el uso de EDTA durante más de 1 minuto junto con NaOCl crea una superficie de dentina erosiva debido a la desmineralización excesiva (82).

El NaOCl cuando se usa solo puede disolver restos de pulpa y dentina secundaria. Sin embargo, muchos estudios han demostrado su ineficacia en la eliminación de toda la capa de barrillo cuando se utiliza solo (73). Yamada *et al.* (1983) y O'Connell *et al.* (2000), mostraron que alternar el uso de EDTA y NaOCl es un método eficaz para la eliminación de la capa de frotis. Compararon la capacidad de diversas sales de EDTA para eliminar la capa de frotis. Ellos mostraron que todas las sales de EDTA fueron capaces de eliminar el smear layer de los dos tercios coronales de los conductos radiculares (83, 84).

1.11.1.1.1 USO DEL EDTA EN TERAPÉUTICA DENTAL

La dentina es un complejo molecular en cuya composición los iones de calcio ocupan un lugar preeminente. La hidroxiapatita, constituyente fundamental de la

materia inorgánica de la dentina, no es más que el resultado de la agrupación de cristales de hexafosfatocálcicodihidratado, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Por otra parte, la dentina también contiene, aunque en proporciones mucho menores, otros iones metálicos. Aplicando un quelante sobre una superficie dentinaria, ésta quedará desprovista de iones calcio, determinándose una mayor facilidad para su desintegración. Dentro de los agentes quelantes de iones calcio, el EDTA ocupa un lugar destacado, aunque no es un quelante estrictamente específico para el calcio (85).

La adhesión a la dentina ocupa hoy en día un lugar destacado en la odontología conservadora y restauradora, además se conoce que cualquier forma de adhesión a la dentina debe decidir qué hacer con el smear layer resultante de la acción de los instrumentos rotatorios sobre el esmalte y la dentina. En los sistemas adhesivos en los que se elimina esta capa, dicha eliminación se lleva con un acondicionador de dentina que contiene ácido fosfórico o EDTA (86).

1.11.1.1.2 BIOCOMPATIBILIDAD Y TOXICIDAD DEL EDTA

Para que el empleo de EDTA en la preparación biomecánica de los conductos sea efectivo, su aplicación debe hacerse con limas finas, bombeándolo dentro del conducto lo más profundamente posible, por lo que es relativamente fácil que durante la preparación de los conductos se produzca su escape, a través del foramen apical, hacia los tejidos del periápice. Hasta el momento se había considerado que, en caso de producirse esta contingencia, el EDTA sólo ejercía una acción descalcificante e irritativa sobre el hueso periapical que sanará en 3-4 días, sin afectar a tejidos no calcificados. No obstante, siempre se recomienda que, tras el uso de EDTA en la preparación de los conductos, éstos deben ser irrigados a continuación con una solución de hipoclorito sódico al 5% para que el

EDTA sea lavado y no quede en el interior del conducto, pues se ha comprobado que el EDTA puede permanecer activo en el conducto hasta 5 días después de su uso (85).

1.11.1.2 ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico es un ácido orgánico suave, utilizado también como agente grabador en odontología restauradora (87). Este agente quelante, en concentraciones del 10% ha demostrado también su capacidad para remover el barrillo dentinario (88).

Es una sustancia química que está presente en la mayoría de cítricos, sobre todo limón y naranja. Loel (1975), utilizó una solución de ácido cítrico al 50% para el tratamiento de las paredes del conducto después de la instrumentación llegando a encontrado una mejor penetración de sellador de colonia en los túbulos y la mejora de la adaptación de gutapercha que en conductos no tratados (89). Mader *et al.* (1984), también mostraron que el ácido cítrico al 50% es un irrigante eficaz para eliminar la capa de frotis de la superficie de las paredes del conducto radicular preparadas (70). Wayman *et al.* (2014), utilizaron ácido láctico que se encuentra en concentración 50% fue menos eficaz que el ácido cítrico al 50% para la eliminación de la capa de frotis (90). Esto podría atribuirse a la viscosidad del ácido láctico. Se ha determinado que el uso alternante de ácido cítrico al 10% y 2,5% de NaOCl era un método muy eficaz para la eliminación de la capa de frotis (73).

El ácido cítrico al 10% o 25% contiene una acción desmineralizante, remueve el barro dentinario, suele asociarse con irrigación alterna de hipoclorito de sodio. Mantiene pobre capacidad antibacteriana y una baja citotoxicidad (91).

1.11.1.2.1 USO DEL ÁCIDO CÍTRICO EN TERAPÉUTICA DENTAL

Hamilton (92), menciona que el ácido cítrico posee un PH bajo de 1.2 que tiene acción quelante sobre la dentina. Wayman *et al.* (2014), estudiaron el ácido cítrico en esmalte y en dentina como sustancia irrigadora de conductos. Wayman, Kopp (90), determinaron revisando los sistemas adhesivos actuales, que la gran mayoría de estos, demandan el uso de ácidos para preparar la dentina-esmalte para mejorar la adhesión al composite, de los cuales nombra al ácido nítrico (2.5%), el ácido cítrico (10%), el fosfórico (10%, 35%, 37%, 40%) dentro de los más utilizados (90).

Cohen (2011), afirmó que este ácido es una sustancia irrigante clasificada como quelante por su bajo pH, en endodoncia en concentraciones de 10% al 50% son efectivas en la remoción de calcio, mencionado que el barrillo dentinario es de estructura de adherencia débil y está compuesto por material orgánico e inorgánico que facilita la viabilidad bacteriana; para removerlo se debe también hacer el uso de NaOCl (solvente orgánico) y sustancias activas que actúen sobre componentes orgánicos e inorgánicos. El ácido cítrico posee excelente acción desmineralizadora siendo capaz de remover todo el smear layer. El ácido cítrico posee habilidad antimicrobiana o ayuda a esta, debido a su capacidad de remoción de la capa de barrillo dentinario por medio de descalcificación, teniendo en cuenta que no es una sustancia químicamente activa que posee efecto antimicrobiano como tal, sino que al remover el smear layer permite reducir la micro flora asociada en endodoncia y sistemas rotatorios (3, 93).

1.11.1.2.2 BIOCOMPATIBILIDAD Y TOXICIDAD DEL ÁCIDO CÍTRICO

Los agentes de limpieza deben ser compatibles con el tejido periodontal apical y no deben interferir con la curación periodontal después del tratamiento endodóntico. Los efectos biológicos de varias sustancias de irrigación como, el 10% de ácido cítrico cuando se utiliza para la irrigación final, conduce a más túbulos dentinales visibles. Sin embargo, poco se sabe sobre los efectos biológicos de estas sustancias en los tejidos conectivos (94).

El ácido cítrico es un compuesto biológicamente más aceptable que otros ácidos por lo que es menos tóxico para el tejido periapical. Scelza *et al.* (2001), determinaron que el EDTA y el ácido cítrico al 10%, usados como irrigantes endodónticos hacían más visibles los túbulos dentinarios que el hipoclorito de sodio al 5% asociado al peróxido de hidrógeno al 3%, y, asimismo, que el ácido cítrico fue más biocompatible con los tejidos periodontales apicales que el EDTA (95).

1.11.1.3 ÁCIDO FOSFÓRICO

El ácido fosfórico, que se usa comúnmente en odontología conservadora, es un ácido fuerte capaz de eliminar la capa de frotis de la dentina de la raíz. Ayad (2001), obtuvo la eliminación parcial de la capa de frotis con una concentración del 10% de este ácido y la eliminación total con una concentración del 32% (96). Garberoglio *et al.* (1994), compararon 17% de EDTA, 3% de EDTA y una combinación de 24% de ácido fosfórico más 10% de ácido cítrico para la limpieza del conducto radicular y obtuvieron resultados similares entre las tres soluciones (97). Un estudio reciente de Pérez (2008), donde alternó soluciones acuosas de NaOCl al 2.5% con soluciones desmineralizantes de ácido cítrico al 15%, EDTA al

15% o ácido fosfórico al 5%, informando la eficacia de estos agentes para eliminar la capa de frotis durante la preparación del conducto radicular. Sin embargo, no hay datos sobre la capacidad de descalcificación del ácido fosfórico en la dentina de la raíz o sobre su eficacia en comparación con las soluciones de EDTA y ácido cítrico (98).

1.11.1.3.1 USO DEL ÁCIDO FOSFÓRICO EN TERAPÉUTICA DENTAL

El ácido fosfórico al 32%-40% se presenta en solución acuosa, jaleas o geles, las dos últimas por ser más manejables por su consistencia viscosa, permiten controlar el sitio exacto de su aplicación, sin involucrar sectores que no necesitan de la solución. Lanata (2003), afirmó que la acción de este ácido a nivel del esmalte, es extraer calcio de la hidroxiapatita que pasa a formar parte de la solución (99).

Osorio *et al.* (2011), mencionan que la función a nivel dentinario, es exponer las fibras de colágeno para la retención micromecánica de resinas de adhesión. El smear layer es removido cuando se produce la desmineralización y la superficie del esmalte y dentina tienden a modificar su morfología (100).

1.12 APLICACIÓN DE ULTRASONIDO EN IRRIGANTES

Los sistemas de ultrasonido se aplicaron conjuntamente con los sistemas de irrigación endodóntica, para mejorar su efecto sobre el barrillo dentinario. Se ha determinado que soluciones de NaOCl a concentraciones de 2 a 4 % en combinación con la energía ultrasónica, son capaces de disolver el barrillo dentinario (71, 101). Incluso se ha observado en la región apical menor cantidad de detritus y barrillo dentinario, dependiendo del nivel de vibración, el cual es mayor en cuanto a intensidad y magnitud en la región apical de la lima (71, 102).

Se afirma que es más ventajoso aplicar ultrasonido para irrigación pasiva. (103, 104). El término PUI (irrigación ultrasónica pasiva) fue utilizado por primera vez por Weller et al. (1980), para describir el riego sin instrumentación simultánea (105). Esta tecnología no cortante reduce el potencial para crear formas aberrantes en el sistema de conductos radiculares. Durante la PUI, la energía se transmite desde un instrumento o cable de oscilación suave al irrigante por medio de ondas ultrasónicas que inducen dos fenómenos físicos: flujo y cavitación de la solución irrigante. En comparación con la irrigación sónica, la irrigación ultrasónica ha demostrado ser más potente y capaz de eliminar más desechos, por lo que se afirma que la irrigación ultrasónica pasiva es significativamente más eficiente que la activación sónica (106).

La capacidad de irrigación de soluciones con buena capacidad de humectación para disolver el tejido puede mejorarse mediante ultrasonido si la suciedad de la pulpa y / o el smear layer están completamente humedecidas por la solución y se somete a agitación ultrasónica (107).

Como complemento de varias soluciones irrigantes, los ultrasonidos contribuyen a la eliminación del smear layer (108, 109), se ha reportado que la asociación con EDTA mejora la limpieza de las paredes del conducto después de la preparación del espacio para colocar un poste en los dientes tratados endodónticamente, especialmente en la parte apical del espacio que alberga el poste (110).

1.13 ANTECEDENTES

Torabinejad (2003), utilizó 48 dientes maxilares y mandibulares extraídos de una sola raíz para evaluar los niveles de remoción de smear layer. Los resultados muestran que los conductos en los grupos de EDTA al 17% y MTAD fueron significativamente más limpios. Sin haber presencia de erosión en la sección apical (111).

Santos (2008), evaluó 135 raíces bovinas de tamaño y forma similares. Resultando que los postes de fibra de vidrio fueron más efectivos, con una mayor resistencia a la fractura que los postes de metal (18).

Brajdić (2008), utilizó 30 primeros premolares superiores evaluó la influencia de diferentes tiempos de grabado en la morfología de la superficie de dentina con ácido ortofosfórico al 37%. Concluyendo que los diferentes tiempos de grabado usando la misma concentración de ácido fosfórico dan como resultado diferentes cambios morfológicos en la superficie de la dentina. Tales cambios tienen, a su vez, efectos negativos en el proceso de hibridación de la dentina (112).

Mumcu (2010), utilizó 60 incisivos centrales maxilares humanos de raíz única y caninos para evaluar las fuerzas de desalojo en postes de fibra de vidrio y fibra de carbono. Encontrando que los valores de resistencia de la unión de expulsión de los postes reforzados con fibra de vidrio fueron más altos que los de los postes reforzados con fibra de carbono. Habiendo falla predominante en la falla adhesiva entre la dentina y el cemento de fijación (49).

Prado (2011), utilizó una muestra de 52 caninos en donde evaluó la efectividad de remoción de smear layer con EDTA 17%, ácido cítrico 10%, ácido ortofosfórico 37% en solución y en gel por 30 segundos, 1 minuto y 3 minutos. Los resultados

de este estudio mostraron que, en el periodo de 1 minuto, la solución de ácido fosfórico mostró mejores resultados que las otras sustancias evaluadas. En el periodo de 3 minutos, todas las sustancias funcionaron bien (113).

Dadresanfar (2011), utilizaron 58 dientes humanos extraídos de raíz única para comparar los efectos del ultrasonido a 1 minuto en combinación con EDTA y MTAD como irrigantes finales del conducto en la eliminación del smear layer y evaluar los puntajes de erosión dentinaria. Demostrando que no hubo diferencias significativas en la eliminación de smear layer. Sin embargo, la activación ultrasónica de EDTA aumentó significativamente sus efectos erosivos en los niveles medio y coronal (114).

Martinelli (2012), utilizó 40 dientes humanos unirradiculares para evaluar diferentes soluciones acondicionantes. Los resultados mostraron que en el grupo EDTA 17%, la mayoría de las muestras en su tercio medio mostraron una moderada capa residual. En el tercio apical el barro fue mayor visualizándose más túbulos obstruidos. En el grupo de Quelant (EDTA comercial) se observó escasa capa residual en sus tres tercios, siendo el grado de limpieza superior al grupo EDTA 17%. Los grupos ácido cítrico 10% y 25% mostraron mayor efectividad en la remoción del smear layer, con mejores resultados en el grupo ácido cítrico 25% (93).

Bitter (2013), utilizó 150 dientes anteriores humanos extraídos para evaluar los efectos de varios protocolos de irrigación (IP) sobre las fuerzas de unión de los postes de fibra. Demostrando que el uso de 18% EDTA / 5.25% NaOCl aumentó la resistencia de la unión del cemento de resina autoadhesivo (115).

Haapasalo (2014), evaluó varios estudios donde concluye que los ultrasonidos, junto con un irrigante, contribuyeron a una mejor limpieza del sistema de conductos radiculares que la irrigación y la instrumentación manual sola. También corroboró que las limas ultrasónicas deben tener libre movimiento en el conducto sin hacer contacto con la pared para funcionar de manera efectiva (116).

Akman 2016, evaluó el efecto del tratamiento posterior al espacio del poste radicular en 48 dientes humanos con agentes quelantes sobre la fuerza de unión de un poste de fibra de vidrio. Concluyendo que el NaOCl / QMix mostraron valores más altos, mientras que el grupo NaOCl / ácido cítrico mostraron los valores más bajos en desalojo (117).

Galler (2019), utilizó 90 dientes humanos extraídos, para evaluar la penetración del irrigante activado de diferentes maneras. Demostrando que el ultrasonido mostró mayor penetración de las soluciones irrigantes dentro de los túbulos dentinarios (118).

2 JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo de la restauración protésica es brindar funcionalidad y protección al órgano dentario. La restauración será una clave para mantener el éxito prolongado del tratamiento de conductos, ya que evitará la filtración de microorganismos y por ende una reinfección, además brindará una protección al tejido dental evitando una fractura.

Los postes mejoraran la retención de las reconstrucciones cuando queda poco tejido dentario. Los mecanismos para la colocación de los endopostes es la desobturación, limpieza y cementación. Durante el procedimiento de desobturación se produce la formación de una capa de smear layer la cual se adhiere a la superficie de la dentina radicular.

En la actualidad la remoción del smear layer es de suma importancia ya que ésta se encuentra conformado por restos de tejido orgánico e inorgánico y en ocasiones por gutapercha y cemento de obturación, por lo que se vuelve una capa amorfa muy difícil de erradicar, esto obstaculiza la permeabilidad de los túbulos dentinarios e impide que el cemento pueda penetrar a través de ellos y que se logre una retención micromecánica del poste dentro del conducto radicular, obteniendo resultados menos favorables.

Por lo tanto, con lo anterior consideramos importante evaluar el tratamiento de la dentina radicular con diferentes sistemas acondicionantes (EDTA 17%, ácido cítrico 25% y ácido ortofosfórico al 37%), los cuales en combinación con la activación ultrasónica ayudan a la remoción del smear layer con el propósito de lograr una dentina radicular permeable, porosa y sin alterar su morfología, teniendo como resultado la formación de un espacio adecuado para la colocación

de un endoposte que nos permita la integración de una capa híbrida formada por el cemento-dentina y conlleve a un tratamiento exitoso.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la dentina radicular tratada con diferentes soluciones acondicionantes para la cementación de postes de fibra.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Comparar la remoción del smear layer con las diferentes soluciones acondicionantes.
- 2.- Comparar la erosión dentinaria con las diferentes soluciones acondicionantes.
- 3.- Comparar la fuerza de desalojo del poste cementado al conducto radicular.
- 4.- Comparar el uso del ultrasonido en los procedimientos de remoción del smear layer.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LUGAR Y OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

Clínica de Exodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

4.2 TIPO DE ESTUDIO

Experimental, comparativo, longitudinal y prospectivo

4.3 MUESTRA

Incisivos centrales superiores con ápice desarrollado, raíz recta y un solo conducto radicular fueron extraídos de pacientes con enfermedad periodontal en la Clínica de Exodoncia de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

4.3.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para este estudio se utilizaron 80 incisivos centrales superiores con ápice desarrollado, raíz recta y un solo conducto.

4.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

4.4.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Incisivos centrales superiores con ápice formado
- Dientes con un conducto radicular
- Dientes con raíz recta

4.4.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Dientes con caries radicular
- Dientes con calcificaciones
- Dientes con dilaceración
- Dientes con tratamiento endodóntico previo

4.4.3 CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Fallas durante la técnica
- Imposibilidad de evaluar las variables del estudio

4.5 METODOLOGÍA

4.5.1 PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Se utilizaron 80 incisivos centrales superiores para el estudio, los cuales fueron colocados en un vaso de precipitado con NaOCl al 1% por 12 horas para su desinfección. Se procedió a limpiar con la ayuda de una cureta periodontal la superficie exterior de los órganos dentarios para así remover los cálculos dentales o restos de tejido óseo. Los órganos dentarios fueron colocados en un vaso de precipitado con glutaraldehído hasta la ejecución del trabajo experimental.

4.5.1.1 ESTANDARIZACIÓN DE LA MUESTRA

Se seccionaron las coronas de los órganos dentarios para estandarizarlos a 14mm con la ayuda de un motor y un disco de diamante (Dremeel 3000).

4.5.1.2 TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

Se procedió a permeabilizar el conducto radicular de la muestra con la ayuda de una lima k # 10 (Dentsply Maillefer). La longitud de trabajo de los órganos dentarios se midió reduciendo 1 mm de longitud registrada cuando la punta de la lima k # 15 (Dentsply Maillefer) era visible en el foramen apical.

Se instrumentaron las raíces de los órganos dentarios, para lo cual se utilizaron limas del sistema TF-Adaptative (Sybron Endo), la instrumentación se realizó según las especificaciones del fabricante. Se irrigó con 5 ml de NaOCl 5.25% con aguja a 3 mm de la longitud de trabajo. Al final de la instrumentación todos los especímenes fueron irrigados con 5 ml de suero fisiológico.

Se realizó el protocolo de irrigación final con 5ml de NaOCl al 5.25%, EDTA 17%, NaOCl 5.25% y finalizando con etanol al 70%, se enjuagó entre cada solución irrigadora con agua tridestilada y todas fueron activadas con ultrasonido en un periodo de 1 minuto por cada irrigante. Finalmente se secaron los conductos con puntas de papel estéril. Se procedió a obturar los conductos con gutaperchas calibradas utilizando la técnica de obturación lateral y cemento a base de hidróxido de calcio Sealapex.

4.5.1.3 DESOBTURACIÓN DE LOS CONDUCTOS RADICULARES

Se desobturó el conducto radicular con fresa desobturadora con el motor (Sybron Endo), a 10 mm de la longitud radicular de cada muestra, dejando como mínimo 4 mm de gutapercha para el sellado apical.

4.5.2 GRUPOS DE ESTUDIO

Las 80 muestras se agruparon mediante un proceso aleatorizado, se dividieron en 2 grupos de 40 muestras.

- Grupo 1: 40 incisivos centrales superiores activados con ultrasonido por 1 minuto.
- Grupo 2: 40 incisivos centrales superiores sin activación ultrasónica por 1 minuto.

Cada grupo se subdividió en 5 de 8 muestras dependiendo de la sustancia acondicionante de dentina a utilizar:

- Subgrupo 1: EDTA 17%
- Subgrupo 2: Ácido cítrico 25%
- Subgrupo 3: Ácido ortofosfórico líquido 37%
- Subgrupo 4: Suero fisiológico
- Subgrupo 5: Grupo control

4.5.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA DENTINA RADICULAR

Se realizó el proceso de acondicionamiento de la dentina radicular con 5 ml de la sustancia de acuerdo al grupo correspondiente, dispensada en una jeringa hipodérmica desechable con aguja de 30 mm de calibre (Monoject).

Para el grupo 1, se activaron con ultrasonido por 1 minuto las sustancias acondicionantes, se enjuagaron con 5 ml de agua tridestilada y se secaron con punta de papel estériles para su posterior tratamiento.

Para el grupo 2, no se activaron con ultrasonido las sustancias acondicionantes, se enjuagaron con 5 ml de agua tridestilada y se secaron con punta de papel estériles para su posterior tratamiento.

Se utilizaron 2 muestras para evaluar las pruebas de remoción de la capa de smear layer y erosión dentinaria y 6 muestras para evaluar las pruebas de desalojo de los endopostes.

4.5.3.1 PREPARACIÓN DE LOS ENDOPOSTES

Se utilizaron postes cilíndricos y lisos, se limpiaron con etanol al 70%, posteriormente se les colocó silano hasta su volatización.

4.5.3.2 CEMENTACIÓN DE LOS ENDOPOSTES

Los postes se cementaron con cemento dual autograbable y autoadhesivo fotopolimerizable (Maxcem Elite, Kerr Hawe). La técnica de preparación y cementación del endoposte dentro del conducto radicular se llevó a cabo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se colocó el poste dentro del conducto, se mantuvo presión firme durante 5-10 segundos, una vez que el poste se asentó, se removieron los excesos del cemento y se fotocuró por 40 segundos a 500 mW/cm² en cada cara del órgano dental.

4.5.4 EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE DESALOJO DE LOS ENDOPOSTES

Para evaluar las fuerzas de desalojo de los endopostes dentro del conducto radicular. Las muestras se colocaron en la maquina universal de desalojo (Chimadzu). La muestra se prensó para posteriormente ser traccionada hasta

conseguir el fallo en el desalojo. El tiempo de fallo se midió a 1 mm por minuto por cada muestra y estas fueron evaluadas bajo un programa Trapezum X. Este estudio se llevó a cabo en la maestría en ciencias odontológicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

4.5.5 EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA CAPA DE SMEAR LAYER Y EROSIÓN DENTINARIA

4.5.5.1 PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA

Para el procesamiento de estas muestras se realizaron cortes alrededor del órgano dental con un disco de diamante y un motor (MCD DENTAL III), seccionando el órgano dental solamente por la parte exterior, para finalmente con unas pinzas de cangrejo seccionar el órgano dental de manera longitudinal.

4.5.5.2 DESHIDRATACIÓN

Las muestras fueron llevadas al proceso de deshidratación por medio de alcoholes crecientes, etanol anhidro reactivo (Fermont, Productos Químicos de Monterrey, S.A. de C.V., México) al 20%, 40%, 60%, 80%, 90% y 95% durante 10 minutos en cada uno de ellos para finalmente ser almacenadas en alcohol al 99.98%. Posteriormente las muestras se colocaron en un recipiente con secado al vacío, donde se le introdujeron geles de sílice para la absorción de la humedad. Cuando el gel de sílice se encuentra en un color cafésoso nos indica que esta en un proceso de calor, al introducirla en el recipiente al vacío junto con las muestras y al paso de dos días, éstas se toman una tonalidad verdosa, que nos indica que las muestras se encuentran libres de humedad.

4.5.5.3 RECUBRIMIENTO EN ORO

Las muestras fueron colocadas y selladas con cinta de carbón en dispositivos de lectura con placas de doble carbón, para recubrirse con oro (Fine Coat Ion Sputter JFC-1100).

4.5.5.4 LECTURA DE MUESTRAS EN EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

Las muestras fueron leídas en el microscopio electrónico de barrido (JEOL-JSM 5510 a bajo kilovoltaje (5 Kv) y magnificación variable, por el PhD Aragón. Se evaluó la presencia del smear layer y grado de erosión dentinaria según los criterios de Torabinejad et al 2003.

Cantidad del smear layer:

1: Ausencia del smear layer. Ausencia de smear layer en la superficie del conducto radicular. Todos los túbulos estaban limpios y abiertos.

2: Moderado smear layer. Ausencia de smear layer en la superficie del conducto radicular, pero los túbulos contienen detritus.

3: Abundante smear layer. El smear layer cubre la superficie del conducto radicular y los túbulos.

Grado de erosión:

1: Sin erosión. Todos los túbulos con apariencia y tamaño normal.

2: Erosión moderada. La dentina peritubular fue erosionada.

3: Erosión severa. La dentina intertubular fue destruida y hay conexión entre los túbulos dentinarios.

Las muestras fueron evaluadas en el Instituto de doctorado en ciencias odontológicas de la Universidad Autónoma de San Lui Potosí.

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó estadística descriptiva además para evaluación de remoción de smear layer y grado de erosión la prueba Kruskal-Wallis H y U Mann-Whitney. Para evaluación de prueba de desalojo: ANOVA de un factor con prueba de Tukey. Usando el software IBM SPSS versión 20.

4.7 LUGAR DE REALIZACIÓN

Posgrado de Endodoncia, Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma de Sinaloa y el Doctorado en Ciencias Odontológicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

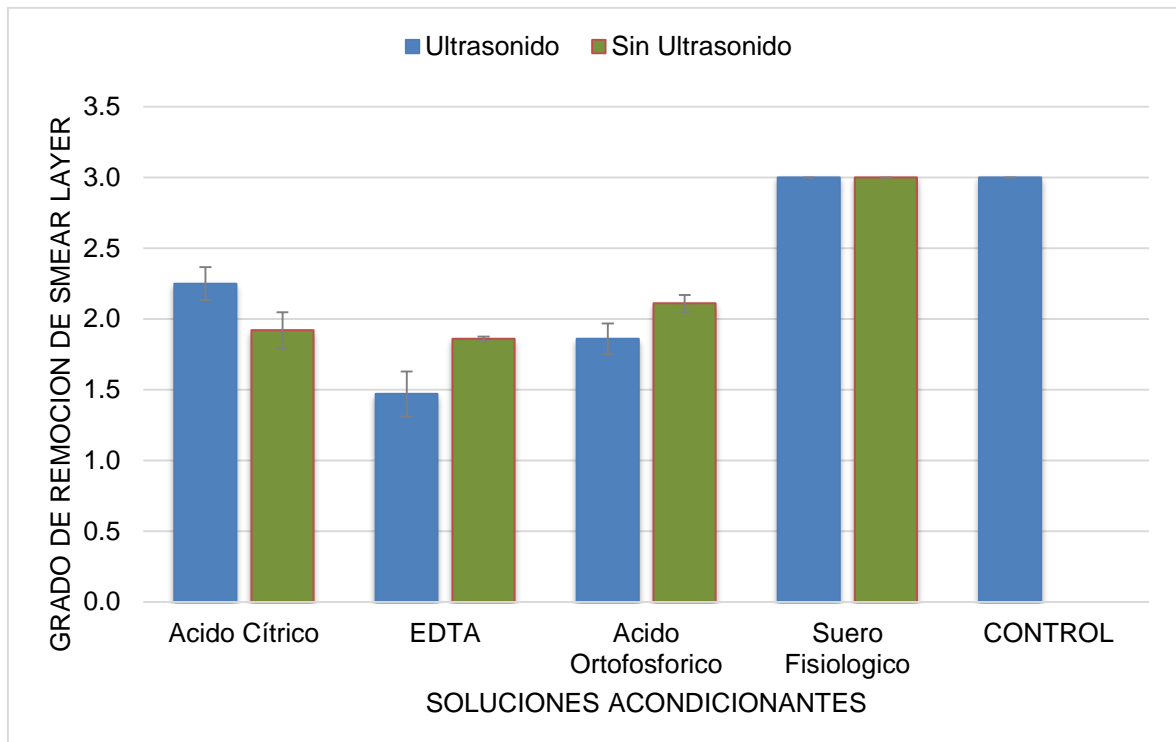
5 RESULTADOS

El uso de los acondicionantes dentinarios a 1 minuto de exposición permitió la eliminación significativa de la capa del smear layer ($p < 0.001$) sin observarse presencia de erosión dentinaria. La prueba de remoción del smear layer dió como resultado que el mejor acondicionante dentinario fue el EDTA al 17% activado con ultrasonido con 1.47 ± 0.16 ($p < 0.05$), seguido por el ácido ortofosfórico con 1.86 ± 0.11 y finalizando con el ácido cítrico con 2.25. El grupo que mostró menor remoción del smear layer fue el grupo acondicionado con suero fisiológico y grupo control con 3. El análisis estadístico demostró diferencia estadísticamente significativa al usar EDTA al 17% en comparación con el grupo acondicionado con suero fisiológico y grupo control con y sin ultrasonido ($p < 0.05$) (gráfica 1).

El EDTA al 17% mostró una mejor eliminación de la capa del smear layer, permitiendo una mayor permeabilidad de los túbulos dentinarios, mostrando una superficie radicular limpia, sin alterar la morfología de la dentina peritubular e intertubular, tanto en el tercio medio y tercio apical, como se observa en la (figura 1).

En los grupos sin activación ultrasónica se puede observar que el smear layer recubre casi toda la superficie de la dentina radicular, obstruyendo la gran mayoría de los túbulos dentinarios, impidiendo su permeabilidad en el grupo de suero fisiológico y grupo control. En los grupos de los acondicionantes dentinarios, se observó poca eliminación de la capa del smear layer, mostrando túbulos dentinarios expuestos, pero con restos de detritus que obstruye su permeabilidad (figura 2).

Los resultados obtenidos para la prueba de desalojo de los endopostes, mostraron que el grupo que presentó el mejor resultado fue el acondicionado con ácido cítrico con un promedio de 160.58 ± 3.55 Mpa seguido de los acondicionados con EDTA con 152.53 ± 38.21 Mpa y ácido ortofosfórico con 140.23 ± 53.31 Mpa, no se observó diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, al comparar con los grupos sin activación ultrasónica, si se observó (gráfica 2). Además, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de los acondicionantes activados con ultrasonido con un promedio de 128.4 ± 45.8 Mpa comparándolos con los acondicionantes sin activación ultrasónica con un promedio de 44.92 ± 13.19 Mpa, presentándose una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a fuerzas de desalojo (gráfica 3).



Gráfica 1. Remoción de smear layer. Los grupos que presentaron una mejor remoción de smear layer fueron EDTA y ácido ortofosfórico y que fueron activados con ultrasonido con un promedio de 1.47 ± 0.16 y 1.86 ± 0.11 , respectivamente, mostrándose diferencia estadísticamente significativa.

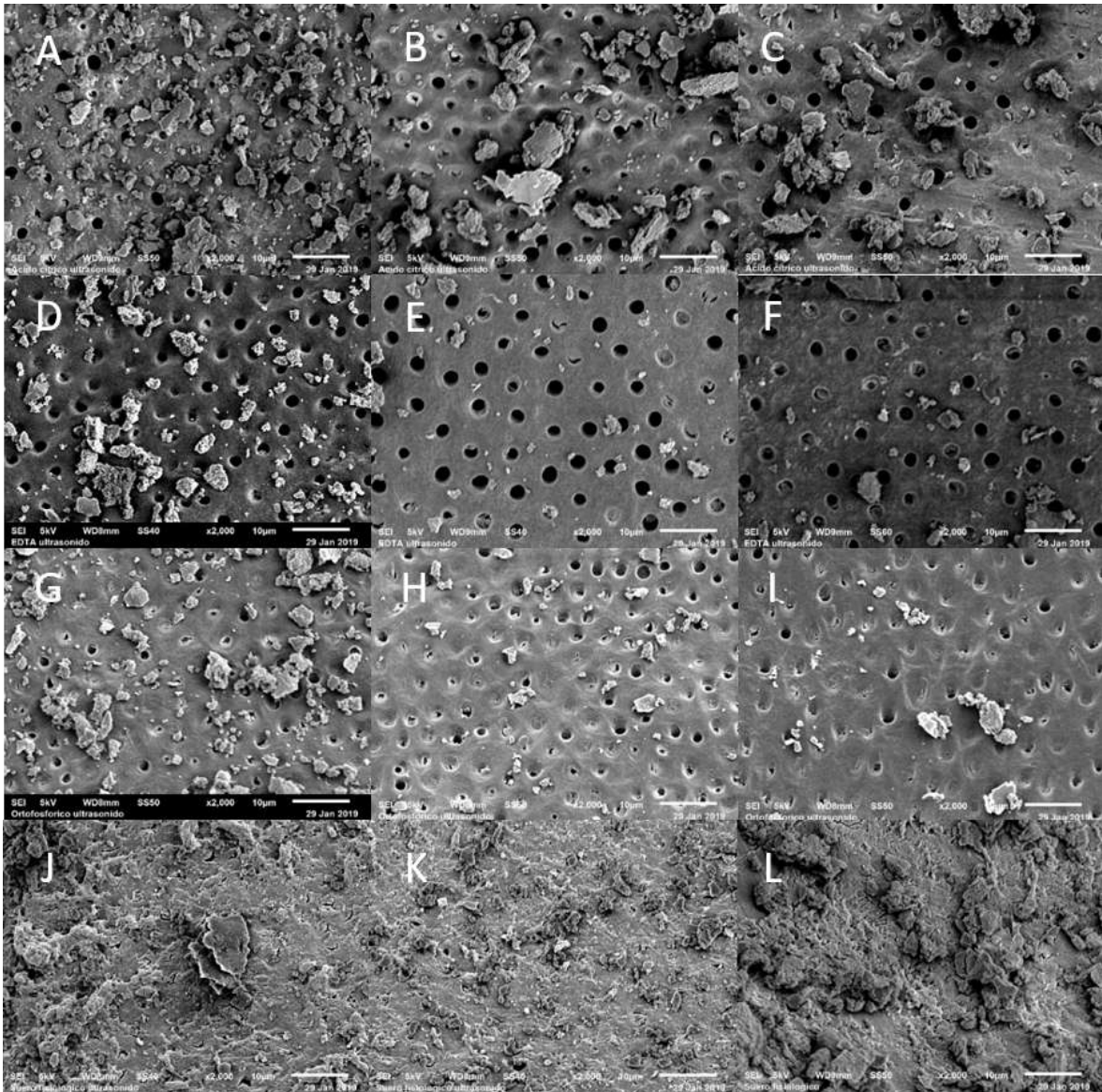


Figura 1. Acondicionamiento de la dentina radicular expuesta a diferentes soluciones acondicionantes con activación ultrasónica. A) Tercio cervical acondicionado con ácido cítrico 25%, B) Tercio medio acondicionado con ácido cítrico 25%, C) Tercio apical acondicionado con ácido cítrico 25%, D) Tercio cervical acondicionado con EDTA 17%, E) Tercio medio acondicionado con EDTA 17%, F) Tercio apical acondicionado con EDTA 17%, G) Tercio cervical acondicionado con ácido fosfórico 37%, H) Tercio medio acondicionado con ácido fosfórico 37%, I) Tercio apical acondicionado con ácido fosfórico 37%, J) Tercio cervical acondicionado con suero fisiológico, K) Tercio medio acondicionado con suero fisiológico, L) Tercio apical acondicionado con suero fisiológico. Imágenes del MEB a 2000x.

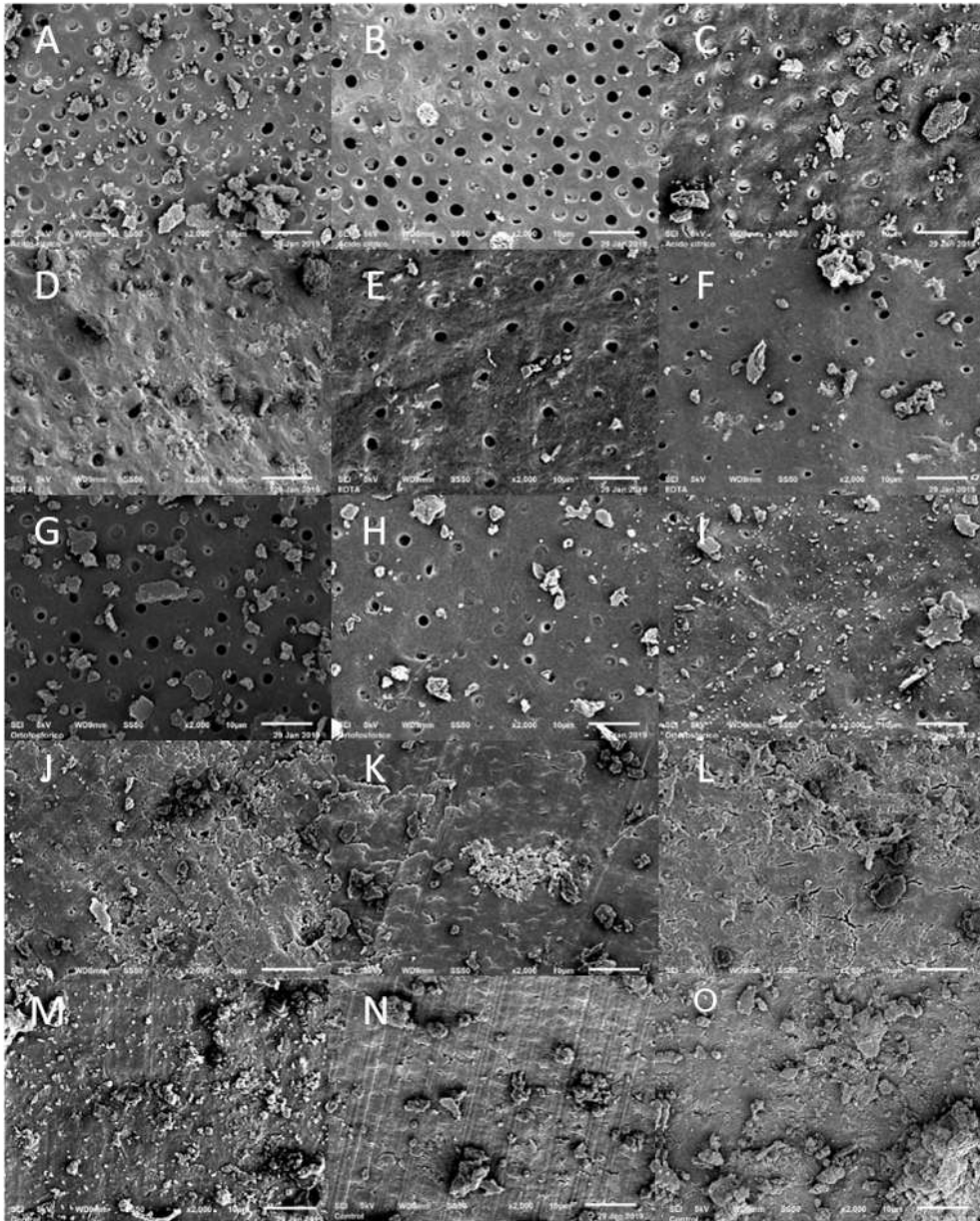
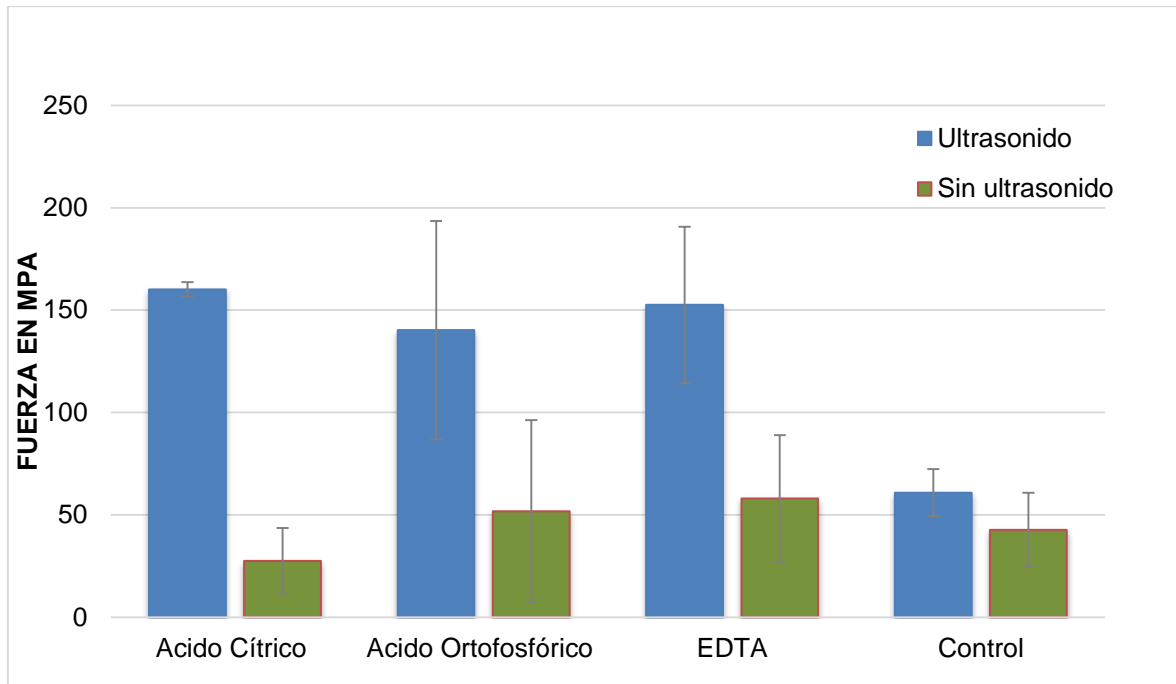
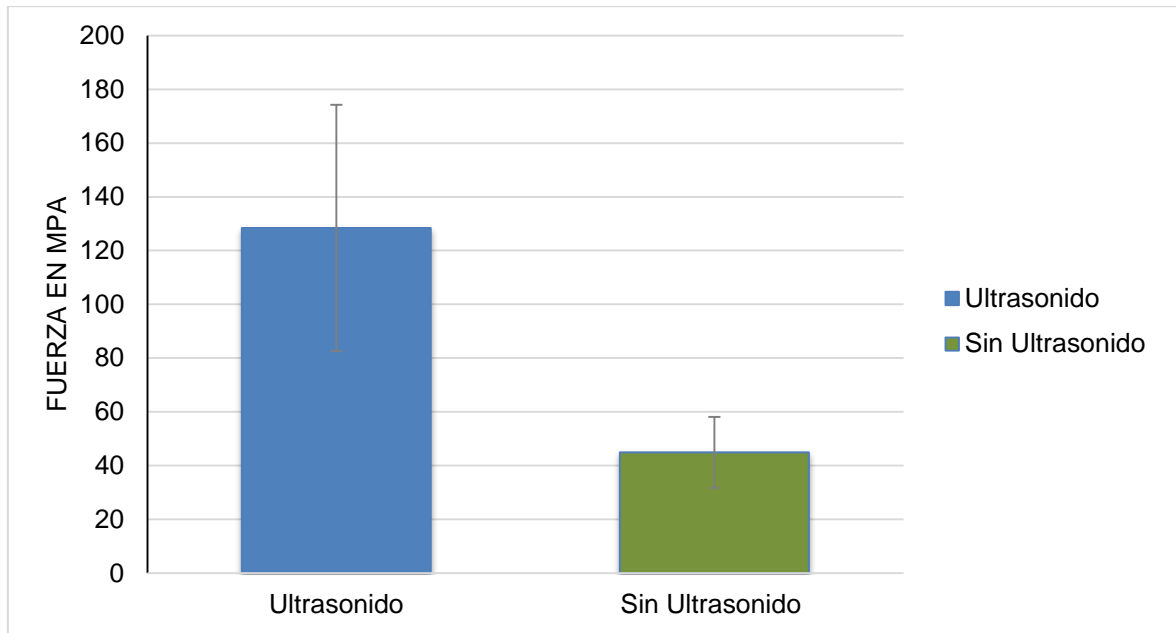


Figura 2. Acondicionamiento de la dentina radicular expuesta a diferentes soluciones acondicionantes sin activación ultrasónica. A) Tercio cervical acondicionado con ácido cítrico 25%, B) Tercio medio acondicionado con ácido cítrico 25%, C) Tercio apical acondicionado con ácido cítrico 25%, D) Tercio cervical acondicionado con EDTA 17%, E) Tercio medio acondicionado con EDTA 17%, F) Tercio apical acondicionado con EDTA 17%, G) Tercio cervical acondicionado con ácido fosfórico 37%, H) Tercio medio acondicionado con ácido fosfórico 37%, I) Tercio apical acondicionado con ácido fosfórico 37%, J) Tercio cervical acondicionado con suero fisiológico, K) Tercio medio acondicionado con suero fisiológico, L) Tercio apical acondicionado con suero fisiológico, M) Tercio cervical sin solución acondicionante, N) Tercio medio sin solución acondicionante, O) Tercio apical sin solución acondicionante. Imágenes del MEB a 2000x.



Gráfica 2. Push out test. El grupo que presentó un mejor resultado fue el grupo acondicionado con ácido cítrico con un promedio de 160.58 +- 3.55 Mpa, seguido de EDTA con 152.53 +- 38.21 Mpa y ácido ortofosfórico con 140.23 +- 53.31 Mpa, mostrando diferencia estadística en comparación con los grupos sin ultrasonido.



Gráfica 3. Promedios grupales en push out test. El grupo del ultrasonido presentó un promedio de 128.4 +- 45.8 Mpa mientras que los grupos a los que no se les aplicó dieron como promedio 44.92 +- 13.19 Mpa, presentando una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a fuerzas de desalojo.

6 DISCUSIÓN

En nuestro estudio la combinación de los sistemas acondicionantes con el ultrasonido mostró los mejores resultados en la remoción de la capa del smear layer dentro del conducto radicular, contrastando con Mayer *et al.* (2002), quienes en sus estudios concluyeron que la activación ultrasónica de los irrigantes no redujo la cantidad del smear layer a pesar del tiempo de activación de 1 minuto (119).

En nuestro estudio el grupo acondicionado con EDTA 17% presentó la mejor remoción del smear layer. Nuestros resultados contrastan con los de Prado (2011), quien evaluó la efectividad de remoción del smear layer con diferentes soluciones acondicionantes a diferentes tiempos, concluyendo que, en el periodo de 1 minuto, la solución de ácido fosfórico al 37% mostraba mejores resultados que el EDTA 17% (113).

La inclusión de un dispositivo ultrasónico a nuestro estudio fue debido a que algunos reportes como los de Amanca y Huaman (2012), mencionan que el uso del ultrasonido para la eliminación del smear layer sí representa una mejora, por tal motivo es importante su uso en la práctica clínica (120). De la misma manera Castelo-Baz (2012), demostró la efectividad del ultrasonido en comparación con la irrigación por presión positiva, encontrando una penetración significativamente mayor del irrigante en los conductos laterales en el grupo de ultrasonido (121). Haapasalo (2014), evaluó varios estudios donde concluye que los ultrasonidos, junto con un irrigante, contribuyeron a una mejor limpieza del sistema de conductos radiculares que la irrigación y la instrumentación manual sola (116). Ribeiro (2016), demostró que la activación ultrasónica puede ayudar a las

soluciones acondicionantes en la eliminación de la capa de smear layer en el tercio medio y apical, contribuyendo a una mejor limpieza del sistema de conductos radiculares (122).

Ninguna de las soluciones acondicionantes en nuestro estudio mostraron erosión de la dentina radicular a 1 minuto de exposición. Numerosos autores demuestran que la erosión de la dentina radicular se da al aumentar las concentraciones y el tiempo de exposición de las sustancias acondicionantes, como lo demuestra Calt (2002) y Machado (2004), quienes evaluaron el EDTA 17% y el ácido cítrico al 10% en un periodo de 10 minutos de aplicación, concluyendo la existencia de erosión excesiva peri e intertubular (82, 123). Por tal razón en este estudio se emplearon las soluciones a menor tiempo de exposición, lo necesario para producir el efecto deseado, intentando alterar lo mínimo posible la dentina radicular.

Otro punto a considerar es que al momento de colocar el ultrasonido en combinación con la solución acondicionante, éste no permite que entre en contacto directo con la dentina radicular, inhibiendo su acción quelante sobre el tejido inorgánico de la dentina. Demostrando lo contrario Dadresanfar (2011), donde comparó los efectos del ultrasonido a 1 minuto en combinación con agentes quelantes como irrigantes finales del conducto radicular. Concluyendo que no hubo diferencias significativas en la eliminación del smear layer, sin embargo, la activación ultrasónica de EDTA aumentó significativamente sus efectos erosivos en los niveles medio y coronal (114). Uzunoglu (2012), demostró que un minuto es el tiempo suficiente para la remoción del smear layer evitando además causar erosión dentinaria, que se puede dar por tiempos prolongados con el uso del agente quelante (124). Jiménez-Chaves y Labarta (2013), comprobaron

la presencia de erosión en algunas muestras preparadas con acondicionantes dentinarios, lo que señala la importancia de considerar factores como concentración, tiempo y edad dentaria (125). No acorde a los resultados de Pérez y Rodríguez (2014), quienes al evaluar la erosión dentinaria, concluyeron que el ultrasonido en combinación con EDTA al 10% provoca erosión de la dentina.

En nuestro estudio no se pudo observar la presencia de una capa híbrida formada entre el cemento y la dentina, sin embargo, se pudo observar mediante las pruebas de desalojo una mejor unión entre el cemento y el poste, mostrando mejores resultados en la prueba de desalojo el grupo del ácido cítrico al 25%. Nuestros resultados coinciden con los estudios de Mannocci (2008), que demostró que los postes de fibra de vidrio presentaron mayor adhesión con el cemento resinoso al producir mayor retención y mostrar el principal desprendimiento con la dentina y no con el poste (126). Garita y Rodríguez (2008), mencionan que el cemento de resina autograbable mostró mejor adhesión a la superficie del poste de fibra que a la superficie de la dentina radicular (127). Corzo (2013), demostró que los postes de fibra de vidrio presentaron mayor adhesión al cemento a base de resina al producir mayor retención con la resina compuesta y mostrar el mayor desprendimiento con la dentina y no con el poste (128). A diferencia de Bitter (2013), quien evaluó los efectos de varios protocolos de irrigación sobre las fuerzas de unión de los postes de fibra. Demostrando que el uso de EDTA 18% / 5.25% NaOCl aumentó la resistencia de la unión del cemento de resina autoadhesivo (115). Akman (2016), evaluó el efecto del tratamiento posterior al espacio del poste radicular con agentes quelantes sobre la fuerza de unión de un poste de fibra de vidrio, concluyendo que el grupo NaOCl /

ácido cítrico mostraron los valores más bajos en desalojo (117). Habiendo discrepancia con nuestros resultados.

Vaz (2008), reportó que la penetración de la resina dentro de los túbulos va disminuyendo en dirección apical, debido a que van decreciendo la densidad de los túbulos y la cantidad de colágeno en esa dirección, creándose un terreno poco apto para la formación de una capa híbrida, especialmente en los tercios medios y apical del conducto (129). Valenzuela y García (2012), encontraron que la capa híbrida creada en dientes que utilizaron un sistema adhesivo de autograbado era de un espesor de 2 μm , homogénea y más estable comparada con dientes tratados con un sistema adhesivo de grabado convencional (130). Contrastando con nuestros resultados donde no se formó una capa híbrida entre la dentina y el cemento autograbador y autoadhesivo. Goracci (2004), menciona que la ausencia de la capa híbrida, puede ser explicada por la conformación anatómica radicular de las diferentes piezas dentarias, lo que dificultaría de una u otra manera los procedimientos clínicos de desobturación, justificando de ésta manera los restos de gutapercha encontrados en áreas donde la fresa indicada por el fabricante para la preparación del conducto no fue del todo eficiente (78).

7 CONCLUSIONES

Las soluciones acondicionantes activadas con ultrasonido mostraron mejores resultados en la remoción de la capa de smear layer en comparación con los acondicionantes sin activación ultrasónica.

La retención micromecánica de los endopostes aumentó en los grupos activados con ultrasonido.

Los grupos no mostraron erosión de la dentina del conducto radicular. Por lo cual es de suma importancia darle el valor al tiempo que se expone el acondicionante para no provocar irregularidades en la dentina.

La eliminación del smear layer es uno de los desafíos al colocar una restauración protésica. El uso de las diferentes soluciones acondicionantes activadas con ultrasonido demostraron ser una buena opción para la eliminación de esta capa.

8 PERSPECTIVAS

Con base en los resultados de remoción del smear layer, el ultrasonido presentó los mejores resultados, por lo cual se propone realizar un estudio comparando los diferentes tipos de activadores de las soluciones acondicionantes (ultrasónicos, sónicos, laser, presión negativa) para obtener mejores resultados en cuanto a la remoción de la capa de smear layer.

Además, se propone realizar estudios con diferentes tipos de cementos para la cementación de los postes, para conocer cuál tiende a presentar mayor retención micromecánica cuando el poste es sometido a las pruebas de desalojo, utilizando el mismo protocolo que se utilizó en este estudio.

Una vez encontrado el cemento que presente la mayor retención, pueden compararse diferentes tipos de postes, que sean sometidos a pruebas de desalojo y también a las pruebas de fractura, para valorar qué tipo de poste prefabricado presenta mayor índice de fracturas radiculares cuando es sometido a cargas.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Ivancik J, Arola DD. The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin. *Biomaterials*. 2013;34(4):864-74.
2. Fuentes Fuentes M. Propiedades mecánicas de la dentina humana *Avances en odontoestomatología* 2004;20(2):79-83.
3. Cohen SC. *Vías de la Pulpa* 2011. 905 p.
4. Fuentes Fuentes M. Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Avances en odontoestomatología*. 2004;20(2):79-83.
5. Wakasa K, Yamaki M, Matsui A. Calculation models for average stress and plastic deformation zone size of bonding area in dentine bonding systems. *Dental materials journal*. 1995;14(2):152-65,276.
6. Van Meerbeek B, Willems G, Celis J-P, Roos J, Braem M, Lambrechts P, et al. Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *Journal of dental research*. 1993;72(10):1434-42.
7. Isidor F, Ödman P, Brøndum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *International Journal of Prosthodontics*. 1996;9(2).
8. Guzy GE, Nicholls JI. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1979;42(1):39-44.
9. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 1976;2(9):261-6.

10. Cengiz T, Aktener B, Piskin B. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 1990;23(3):163-71.
11. MANNOCCI F, BHUVA B, STERN S. Restoring teeth following root canal re-treatment. *Endodontic Topics*. 2008;19(1):125-52.
12. Meyenberg K. The ideal restoration of endodontically treated teeth—structural and esthetic considerations: a review of the literature and clinical guidelines for the restorative clinician. *Eur J Esthet Dent*. 2013;8(2):238-68.
13. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic topics*. 2006;13(1):57-83.
14. Peroz I, Blankenstein F, Lange K-P, Naumann M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence international*. 2005;36(9).
15. EM. C. Use of posts to reconstruct endodontics teeth. *American Association of endodontics 2017*. 2017.
16. Arroyo Cervantes R, Cuin Macedo SI, Calderón Rojas BM, Zaragoza R, Ened D, Ruiz Reyes H. Propuesta de un modelo experimental in vitro para evaluar alteraciones morfológicas de eritrocitos expuestos a NaOCl 5.25%. *Revista odontológica mexicana*. 2016;20(4):248-52.
17. Cedillo Valencia JdJ, Félix C, Manuel V. Restauración postendodónica, técnica con postes accesorios de fibra de vidrio. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*. 2017;74(2):79-89.

18. Santos-Filho P, Castro C, Silva G, Campos R, Soares C. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *International Endodontic Journal*. 2008;41(6):493-501.
19. Calabria Díaz H. Postes prefabricados de fibra: Consideraciones para su uso clínico. *Odontostomatología*. 2010;12:4-22.
20. Smith CT, Schuman NJ, Wasson W. Biomechanical criteria for evaluating prefabricated post-and-core systems: A guide for the restorative dentist. *Quintessence international*. 1998;29(5).
21. Shillingburg JH, Kessler J, Wilson JE. Root dimensions and dowel size. *CDA journal*. 1982;10(10):43-9.
22. Abramovitz I, Beyth N, Weinberg G, Borenstein A, Polak D, Kesler-Shvero D, et al. In vitro biocompatibility of endodontic sealers incorporating antibacterial nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*. 2012;2012:12.
23. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronar reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1984;51(6):780-4.
24. Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. *Journal of Prosthodontics*. 1995;4(2):122-8.
25. Johnson JK, Sakumura JS. Dowel form and tensile force. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1978;40(6):645-9.
26. Leary JM, Aquilino SA, Svare CW. An evaluation of post length within the elastic limits of dentin. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1987;57(3):277-81.

27. Echevarría DU. Prototipo de pernos de zirconio realizados con tecnología Cad-Cam, análisis microscópico y transmisión lumínica. *Gaceta dental: Industria y profesiones*. 2009(208):118-33.
28. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M, editors. Carbon Fiber versus cast posts: a two years' recall study. *Journal of Dental Research*; 1998: AMER ASSOC DENTAL RESEARCH 1619 DUKE ST, ALEXANDRIA, VA 22314 USA.
29. Mannocci F, Innocenti M, Ferrari M, Watson TF. Confocal and scanning electron microscopic study of teeth restored with fiber posts, metal posts, and composite resins. *Journal of endodontics*. 1999;25(12):789-94.
30. Ferrari M, Mannocci F. A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post–resin interface. *International endodontic journal*. 2000;33(4):397-400.
31. Tjan AH, Nemetz H. Effect of eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated posts luted with an adhesive composite resin cement. *Quintessence International*. 1992;23(12).
32. Kielbassa A, Attin T, Hellwig E. Diffusion behavior of eugenol from zinc oxide-eugenol mixtures through human and bovine dentin in vitro. *Operative dentistry*. 1997;22:15-20.
33. Schwartz RS, Murchison DF, Walker III WA. Effects of eugenol and noneugenol endodontic sealer cements on post retention. *Journal of Endodontics*. 1998;24(8):564-7.
34. Mayhew JT, Windchy AM, Goldsmith LJ, Gettleman L. Effect of root canal sealers and irrigation agents on retention of preformed posts luted with a resin cement. *Journal of endodontics*. 2000;26(6):341-4.

35. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2001;85(3):284-91.
36. Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(6):411-4.
37. Boone KJ, Murchison DF, Schjndler WG, Walker III WA. Post retention: the effect of sequence of post-space preparation, cementation time, and different sealers. *Journal of Endodontics*. 2001;27(12):768-71.
38. Wu MK, Özok A, Wesselink P. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):340-5.
39. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(9):578-80.
40. Duret B, Reynaud M, Duret F. Un nouveau concept de reconstitution corono-radriculaire: le Composipost (1). *Chir Dent Fr*. 1990;60(540):131-41.
41. Kantor ME, Pines MS. A comparative study of restorative techniques for pulpless teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1977;38(4):405-12.
42. Randow K, Glantz P-O. On cantilever loading of vital and non-vital teeth an experimental clinical study. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1986;44(5):271-7.
43. Perdigão J. Fiber-reinforced resin posts (fiber posts). *Restoration of Root Canal-Treated Teeth*: Springer; 2016. p. 101-36.
44. Matorel MR, Betancourt MFP, Monroy GJ, Martínez EM, Medina JEP. Resistencia a la fractura de postes de fibra de vidrio vs postes colados en dientes

anteriores. Revisión sistemática (Fracture Resistance of fiberglass post vs cast post in anterior teeth. Systematic review). CES Odontología. 2016;29(1):45-56.

45. Lamichhane A, Xu C, Zhang F-q. Dental fiber-post resin base material: a review. The journal of advanced prosthodontics. 2014;6(1):60-5.

46. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. Dental Materials. 2008;24(10):1405-11.

47. Vichi A, Margvelashvili M, Goracci C, Papacchini F, Ferrari M. Bonding and sealing ability of a new self-adhering flowable composite resin in class I restorations. Clinical oral investigations. 2013;17(6):1497-506.

48. Garbin C, Spazzin A, Meira-Júnior A, Loretto S, Lyra A, Braz R. Biomechanical behaviour of a fractured maxillary incisor restored with direct composite resin only or with different post systems. International endodontic journal. 2010;43(12):1098-107.

49. Mumcu E, Erdemir U, Topcu FT. Comparison of micro push-out bond strengths of two fiber posts luted using simplified adhesive approaches. Dental Materials Journal. 2010;29(3):286-96.

50. Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, et al. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. Dental Materials. 2008;24(7):967-77.

51. Ruschel GH, Gomes ÉA, Silva-Sousa YT, Pinelli RGP, Sousa-Neto MD, Pereira GKR, et al. Mechanical properties and superficial characterization of a

milled CAD-CAM glass fiber post. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2018;82:187-92.

52. Duarte S, Sartori N, Sadan A, Phark J. Adhesive resin cements for bonding esthetic restorations: a review. Quintessence Dent Technol. 2011;34:40-66.

53. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. OPERATIVE DENTISTRY-UNIVERSITY OF WASHINGTON-. 2003;28(3):215-35.

54. Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. The Journal of prosthetic dentistry. 2001;85(5):479-84.

55. Hill E, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. Australian dental journal. 2011;56:67-76.

56. Santana Gomes GL, da Costa Gomes RG, Braz R. Cemento resinoso: ¿ Todo cemento dual debe ser foto activado? Acta Odontológica Venezolana. 2009;47(4):225-33.

57. Burgess JO, Ghuman T, Cakir D, Swift J, Edward J. Self-adhesive resin cements. Journal of esthetic and restorative dentistry. 2010;22(6):412-9.

58. Simon JF, Darnell LA. Considerations for proper selection of dental cements. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995). 2012;33(1):28-30, 2, 4-5; quiz 6, 8.

59. Bayne SC. Dental biomaterials: where are we and where are we going? Journal of dental education. 2005;69(5):571-85.

60. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental materials*. 2011;27(1):1-16.
61. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of biomedical materials research*. 1982;16(3):265-73.
62. Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, de Gee AJ, Feilzer AJ, Sano H, et al. The effects of common errors on sealing ability of total-etch adhesives. *Dental materials*. 2006;22(6):560-8.
63. Kanca J. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *The Journal of the American Dental Association*. 1992;123(9):35-43.
64. Cheong C, King N, Pashley DH, Ferrari M, Toledano M, Tay F. Incompatibility of self-etch adhesives with chemical/dual-cured composites: Two-step vs one-step systems. *Operative dentistry*. 2003;28(6):747-55.
65. Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *Journal of dentistry*. 2002;30(7-8):371-82.
66. Cedillo Valencia JdJ, Fernández RE. nuevas tendencias para la cementación de postes. *Revista aDM*. 2011;68(4).
67. Ferracane JL, Stansbury J, Burke FJT. Self-adhesive resin cements—chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of oral rehabilitation*. 2011;38(4):295-314.
68. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2008;10(4).

69. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system—the promise and the problems: a review. *Journal of Endodontics*. 2006;32(12):1125-34.
70. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of endodontics*. 1984;10(10):477-83.
71. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International endodontic journal*. 2010;43(1):2-15.
72. Khalighinejad N, Feiz A, Faghihian R, Swift JE. Effect of dentin conditioning on bond strength of fiber posts and dentin morphology: a review. *American journal of dentistry*. 2014;27(1):3-6.
73. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):658-66.
74. Torres Arévalo AC, Madrid Fernández MC, Díaz Grisolle R, López Toribio Y, Pupo Marrugo SA. Remoción del barrillo dentario durante la preparación de canales, utilizando laser, ultrasonido e hipoclorito con diversas combinaciones: Universidad de Cartagena; 2015.
75. Tuncer AK. Effect of QMix 2in1 on sealer penetration into the dentinal tubules. *Journal of endodontics*. 2015;41(2):257-60.
76. Morgental RD, Singh A, Sappal H, Kopper PMP, Vier-Pelisser FV, Peters OA. Dentin inhibits the antibacterial effect of new and conventional endodontic irrigants. *Journal of endodontics*. 2013;39(3):406-10.

77. Kandil HE, Labib AH, Alhadainy HA. Effect of different irrigant solutions on microhardness and smear layer removal of root canal dentin. *Tanta Dental Journal*. 2014;11(1):1-11.
78. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences*. 2004;112(4):353-61.
79. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.
80. Dakshita J, Ashish A. Recent concepts on root canal chelation. *Endodontic Practice Today*. 2011;5(3).
81. Marending M, Zehnder M. Influence of mechanical dentine properties on chemical root canal treatment. *Endodontic Practice Today*. 2008;2(1).
82. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*. 2002;28(1):17-9.
83. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of endodontics*. 1983;9(4):137-42.
84. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of endodontics*. 2000;26(12):739-43.
85. Segura J, Jiménez A, Llamas R, Jiménez A. El ácido etilen diamino tetraacético (EDTA) y su uso en endodoncia. *Endodoncia*. 1997;15(2):90-7.

86. Fradera P, Bote A. El láser de erbio-YAG en la práctica odontológica general. *Quintessence*. 1999;12:61-70.
87. Pezzoli M. Analisi ultrastrutturale della dentine trattata con agenti chimici.(Electron microscopy analysis of dentine treated with chemical agents): Goracci G, Mori G, Casa de Martinis L, Bazzucchi M. *Minerva Stomatol* 1993; 42: 313–325. *Journal of Dentistry*. 1994;22(4):222.
88. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *International Endodontic Journal*. 2000;33(1):46-52.
89. Loel DA. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *The Journal of the American Dental Association*. 1975;90(1):148-51.
90. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari E. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of endodontics*. 1979;5(9):258-65.
91. Iruretagoyena MA. *Salud dental para todos*. Editorial Buenos Aires. 2014;28.
92. Hamilton IR. Synthesis and degradation of intracellular polyglucose in *Streptococcus salivarius*. *Canadian Journal of Microbiology*. 1968;14(1):65-77.
93. Martinelli S, Strehl A, Mesa M. Estudio de la eficacia de diferentes soluciones de EDTA y ácido cítrico en la remoción del barro dentinario. *Odontoestomatología*. 2012;14(19):52-63.
94. Scelza MFZ, Antoniazzi JH, Scelza P. Efficacy of final irrigation—a scanning electron microscopic evaluation. *Journal of endodontics*. 2000;26(6):355-8.

95. Scelza MFZ, Daniel RLP, Santos EM, Jaeger MMM. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an in vitro analysis. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):741-3.
96. Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2001;85(1):67-72.
97. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1994;78(3):359-67.
98. Perez-Heredia. Eficacia de diferentes soluciones irrigadoras en la preparación de conductos radiculares Universidad de Granada 2008.
99. Lanata EJ. *Operatoria dental. Estetica y adhesión* Buenos Aires: GrupoGuia. 2003.
100. Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena ME, Pashley D, Tay F, et al. Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation. *European journal of oral sciences*. 2011;119(1):79-85.
101. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Australian Dental Journal*. 1988;33(3):193-200.
102. Rödiger T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of endodontics*. 2010;36(12):1983-7.

103. Munley PJ, Goodell GG. Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *Journal of endodontics*. 2007;33(5):578-80.
104. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal*. 2009;42(4):335-43.
105. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of endodontics*. 1980;6(9):740-3.
106. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal*. 2009;42(1):59-65.
107. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *Journal of endodontics*. 2009;35(10):1408-11.
108. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):186-93.
109. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of endodontics*. 2007;33(2):81-95.
110. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Monticelli F, Goracci C, Ferrari M. Ultrasound effects after post space preparation: an SEM study. *Journal of endodontics*. 2006;32(6):549-52.
111. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of endodontics*. 2003;29(3):170-5.

112. Brajdić D, Krznarić OM, Azinović Z, Macan D, Baranović M. Influence of different etching times on dentin surface morphology. *Collegium antropologicum*. 2008;32(3):893-900.
113. Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simao RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of endodontics*. 2011;37(2):255-8.
114. Dadresanfar B, Khalilak Z, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Vatanpour M, Pourassadollah M. Effect of ultrasonication with EDTA or MTAD on smear layer, debris and erosion scores. *Journal of oral science*. 2011;53(1):31-6.
115. Bitter K, Hambarayan A, Neumann K, Blunck U, Sterzenbach G. Various irrigation protocols for final rinse to improve bond strengths of fiber posts inside the root canal. *European journal of oral sciences*. 2013;121(4):349-54.
116. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British dental journal*. 2014;216(6):299.
117. Akman M, Eldeniz AU, Ince S, Guneser MB. Push-out bond strength of a new post system after various post space treatments. *Dental materials journal*. 2016;35(6):876-80.
118. Galler K, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *International endodontic journal*. 2019.
119. Mayer B, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 2002;35(7):582-9.

120. Amanca ELD, Huamán ZV. ¿ Representará alguna mejora el uso del ultrasonido en la remoción del barrillo dentinario? Revista Estomatológica Herediana. 2012;22(3):179-82.
121. Castelo-Baz P, Martín-Biedma B, Cantatore G, Ruíz-Piñón M, Bahillo J, Rivas-Mundiña B, et al. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. Journal of endodontics. 2012;38(5):688-91.
122. Ribeiro MB. Influence of ultrasonic activation in association with different final irrigants on intracanal smear layer removal. Brazilian Journal of Oral Sciences. 2016.
123. Machado-Silveiro L, González-López S, González-Rodríguez M. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. International Endodontic Journal. 2004;37(6):365-9.
124. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. Journal of endodontics. 2012;38(8):1110-3.
125. Jiménez-Chaves V, Labarta AB, Gualtieri A, Sierra LG. Evaluación De La Remoción Del Barro Dentinario Al Utilizar Ácido Cítrico Al 10% Y Rc-Prep Como Soluciones Irrigantes Estudio Con Microscopio Electrónico De Barrido. Revista Científica Odontológica. 2013;9(1):31-40.
126. Mannocci F, Machmouridou E, Watson TF, Sauro S, Sherriff M, Pilecki P, et al. Microtensile bond strength of resin-post interfaces created with interpenetrating polymer network posts or cross-linked posts. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2008;13(11):E745-52.

127. Garita A, Rodríguez C. Comparación In vitro de la fuerza de retención en endopostes de fibra de vidrio prefabricados entre los cementos de resina autograbable, cemento de resina convecional y cemento de ionómero de vidrio modificado con resina. *Revista IDental*. 2008;1:25-35.
128. Corzo JEC, Marulanda AC, Rojas JCC, Rodríguez JGD. Comparación de la resistencia al desalojo de postes prefabricados en dientes uniradiculares: un estudio in vitro. *UstaSalud*. 2013;12(1):55-62.
129. Vaz RR. Resistencia e morfologia da união de cimentos resinosos dual, autopolimerizavel e auto-adesivo a dentina. 2008.
130. Valenzuela Aránguiz V, García González D, Zamorano Pino X. Micromorfología de la capa híbrida de dos sistemas adhesivos: Análisis al MET. *Avances en Odontoestomatología*. 2012;28(3):133-40.