

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO
ÁREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ENDODONCIA



**COMPARACIÓN *In VITRO* DE LA CAPACIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO
AL 5.25% MÁS IRRADIACIÓN DEL LÁSER DE DIODO EN LA REMOCIÓN DEL
BARRO DENTINARIO Vs HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25% MÁS EDTA
AL17%.**

AUTORES

ERIKA ARANGO R.

VICTOR BOLIVAR C.

CAMILO GRIJALBA G.

MONICA SUAREZ G.

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO
AREA DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
BOGOTA 2014**

**COMPARACIÓN *In VITRO* DE LA CAPACIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO
AL 5.25% MÁS IRRADIACIÓN DEL LÁSER DE DIODO EN LA REMOCIÓN DEL
BARRO DENTINARIO Vs HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25% MÁS EDTA
AL17%.**

AUTORES

ERIKA ARANGO R.

VICTOR BOLIVAR C.

CAMILO GRIJALBA G.

MONICA SUAREZ G.

ASESOR CIENTÍFICO:

Dr. CARLOS DURAN
Od. Especialista en Endodoncia

ASESOR METODOLÓGICO:

Dra. PIEDAD MALAVER CALDERÓN
Od. Ms. Biología Énfasis Genética Humana

ASESOR ESTADÍSTICO

CLARA LOPEZ DE MESA
Estadística. Ms en educación

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA
COLEGIO ODONTOLÓGICO
ÀREA DE EDUCACION AVANZADA Y CONTINUADA
POSTGRADO DE ENDODONCIA
BOGOTA 2014**

CONTENIDO

	PÁG
1. ASPECTOS TEÒRICO-CIENTÌFICOS	12
1.1 Planteamiento del problema.	12
1.2 Pregunta de investigación.	14
1.3 Justificación.	14
1.4 Propósito.	15
1.5 Marco teórico.	16
1.5.1 Irrigación del conducto radicular.	18
1.5.1.1 Hipoclorito de sodio.	20
1.5.1.2 Acido Etilendiaminotetraacetico.	22
1.5.1.3 Ácido cítrico.	23
1.5.1.4 MTAD.	23
1.5.2 Agitación de irrigantes.	24
1.5.2.1 Irrigación sónica.	25
1.5.2.2 Irrigación ultrasónica.	25
1.5.2.2.1 UI.	26

1.5.2.2.2 PUI.	26
1.5.2.2.2.1 Irrigación ultrasónica continua.	27
1.5.2.2.2.2 Irrigación ultrasónica intermitente.	27
1.5.3 Remoción del barro dentinario con agitación ultrasónica.	28
1.5.4 Láser.	28
1.5.4.1 Componentes del láser.	29
1.5.4.1.1 Medio activo.	30
1.5.4.1.2 Sistema de bombeo.	30
1.5.4.1.3 Cavidad resonante.	31
1.5.4.2 Láser semiconductor.	31
1.5.5 Microscopio electrónico de barrido.	34
1.5.5.1 Ventajas del MEB.	37
1.5.5.2 Limitaciones del MEB.	38
1.6 Objetivos.	40
1.6.1 Objetivo general.	40
1.6.2 Objetivos específicos.	40

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	41
2.1 Tipo de estudio.	41
2.2 Diseño de estudio.	41
2.3 Población de estudio.	41
2.4 Muestra.	41
2.5 Criterios de inclusión.	41
2.6 Criterios de exclusión.	41
2.7 Variables.	42
2.8 Procedimiento.	42
2.9 Consideraciones éticas.	48
2.10 Métodos estadísticos.	48
3. RESULTADOS	49
4. DISCUSIÓN	52
5. CONCLUSIÓN	56
6. RECOMENDACIONES	57
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. ASPECTOS TEÓRICO-CIENTÍFICOS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de los objetivos fundamentales de la terapia endodóntica se encuentran la completa desinfección y obturación del sistema de conductos radiculares. Esta desinfección se lleva a cabo mediante una combinación física (instrumentación) y química (irrigación) (1-3).

Estudios previos han demostrado, que métodos de instrumentación especialmente técnicas rotatorias, producen una capa denominada barro dentinario que obstruye las paredes del conducto radicular y la entrada de los túbulos dentinales. Esta capa está compuesta por sustancias orgánicas e inorgánicas, incluyendo fragmentos de procesos odontoblásticos, microorganismos y en algunos casos material necrótico (4-6).

El barro dentinario es perjudicial ya que evita la penetración de medicamentos en las irregularidades del sistema de conductos radiculares y túbulos dentinales, a su vez la completa adaptación de los materiales de obturación generando una falla en la interfase de los mismos y la pared del conducto radicular (4, 7, 8).

Para lograr la desinfección y la remoción del barro dentinario se han utilizado sustancias irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina, EDTA (Ácido Etilendiaminotetraacético), ácido cítrico, MTAD mezcla del isómero de

tetraciclina (doxiciclina), ácido cítrico y detergente (tween 80) entre otros; siendo el NaOCl el de mayor elección por sus excelentes propiedades (9- 12).

Para la irrigación de los conductos radiculares, se recomienda utilizar entre cada instrumento el NaOCl al 5.25% y una solución de EDTA al 17% por un minuto al finalizar la instrumentación para eliminar de manera eficiente el barro dentinario (10,13). Estos irrigantes han demostrado ser potentes agentes antimicrobianos y efectivos para disolver los componentes orgánicos e inorgánicos presentes en los canales (1, 10,14).

El hipoclorito de sodio, es capaz de disolver sustancias orgánicas y es un agente efectivo contra bacterias, hongos, protozoos, virus y esporas; sin embargo no ha demostrado ser eficaz para la remoción del barro dentinario (1, 11, 15).

Las sustancias quelantes como el EDTA juegan un papel importante en la remoción del barro dentinario, despejando la entrada a los túbulos dentinales, lo cual permite una mayor penetración de los medicamentos, irrigantes y cementos (5-8,11).

Previamente se han investigado los efectos de la irradiación láser, encontrando que pueden ser usados para vaporizar los tejidos en el sistema de conductos radiculares, remover el barro dentinario y eliminar el tejido residual hasta el tercio apical (16-19).

El láser de diodo ha ganado importancia en endodoncia por su bajo costo, la longitud de onda está dentro de la gama de infrarrojos, tiene fibras delgadas y

flexibles que se pueden utilizar intraconducto. Es importante controlar adecuadamente el tiempo de irradiación y la potencia de trabajo para evitar el sobrecalentamiento de los tejidos adyacentes, produciendo un trauma y hasta necrosis. Siempre que se utilice el láser de diodo se debe efectuar la protección ocular recomendada tanto para el profesional, el personal auxiliar y el paciente (4, 9, 20, 21).

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la capacidad del láser de diodo en la remoción del barro dentinario en dientes uniradiculares preparados con el sistema rotatorio Protaper Universal frente a la irrigación con NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Estudios han demostrado que el barro dentinario altera la finalidad del tratamiento endodóntico ya que compromete el selle del sistema de conductos radiculares y a su vez es un reservorio de microorganismos (5,6).

Por tal razón en este estudio se utilizó NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% e NaOCl al 5.25% más láser de diodo con el fin de comparar cual tratamiento logra mejor remoción del barro dentinario lo que va inducir un mejor resultado en la terapia endodóntica.

Finalmente el desarrollo de este proyecto nos permitirá brindar un tratamiento que conduzca a un mejor pronóstico para los pacientes que acuden a la clínica de la institución universitaria colegios de Colombia.

1.4 PROPÓSITO

Este estudio pretende determinar si el uso del láser de Diodo tiene capacidad en la remoción del barro dentinario en dientes permanentes uniradiculares, con el fin de mejorar la penetración de los irrigantes, medicamentos intraconductos y la adaptación de los materiales de obturación, dando así un mejor resultado en el tratamiento.

1.5 MARCO TEORICO

La dentina es un tejido conectivo calcificado compuesto por millones de túbulos; su densidad varía de 40.000 a 70.000 túbulos por milímetro cuadrado y aumenta en una dirección apico-coronal a lo largo de la superficie radicular. El diámetro es de 1 μm en la unión amelo-dentinaria hasta 3 micras en la superficie pulpar y contiene un líquido con una composición similar al fluido extracelular. Las pruebas disponibles indican que las bacterias y sus subproductos presentes en los conductos radiculares infectados pueden invadir los túbulos dentinales. Factores tales como el número y el tipo de bacterias, además de la duración de la exposición y la presencia o ausencia del barro dentinario, podrían influir en la profundidad de la penetración de materiales intraconducto (6,22).

Dentro de los objetivos fundamentales de la terapia endodóntica se encuentran la completa desinfección y obturación del sistema de conductos radiculares. Estos se logran mediante una desinfección física (instrumentación) y química (irrigación) y la colocación de una restauración coronal para evitar la microfiltración (1-3,11,12).

Estudios han demostrado que métodos de instrumentación endodóntica, especialmente técnicas rotatorias producen una capa denominada barro dentinario.

Según Brankston *et al*, 1980 (23) y Pashley *et al*, 1988 (24), bajo el microscopio electrónico de barrido (MEB), se define como una capa amorfa, irregular y de

aparición granular producida por la translocación e instrumentación de los componentes superficiales de las paredes dentinales. Está compuesta por material orgánico e inorgánico, incluyendo fragmentos de procesos odontoblásticos, microorganismos y en algunos casos material necrótico (7,15).

El barro dentinario está compuesto de partículas dentales que van desde menos de 0,5 μm a 15 μm , estas partículas se componen de subunidades globulares, aproximadamente 0,05 - 0,1 μm de diámetro que se originan a partir de fibras mineralizadas. El espesor informado de esta capa es 1-5 μm . Este puede depender del tipo y eficacia de los instrumentos de corte y si la dentina se encuentra seca o húmeda (25).

Este actúa como una barrera la cual impide la penetración de medicamentos e irrigantes, a su vez interfiere en la adaptación de los materiales de obturación generando una falla en la interfase entre el material sellador y la pared dentinaria (5,7,25).

En un estudio *in vitro*, Ørstavik y Haapasalo, 1990 (26) mostraron la importancia de la eliminación de la capa de barro dentinario para disminuir el tiempo necesario en lograr el efecto desinfectante de los medicamentos intraconducto. Byström y Sundqvist, 1985 (27) también han demostrado que la presencia de barro dentinario puede inhibir o retrasar la penetración de agentes antimicrobianos tales como irrigantes intraconducto y medicamentos en los túbulos dentinales.

Otros investigadores evaluaron la profundidad de penetración de diferentes cementos, incluyendo Tubliseal, AH26, Sealapex, Rosin y Roth en los túbulos dentinales, encontrando que se produce una penetración de 10 a 80 μm después de la eliminación del barro dentinario, mientras que no se observó ninguna penetración con esta capa intacta (28,29).

Autores han encontrado que esta capa está infectada y puede proteger a las bacterias presentes en los túbulos dentinales, debido a esto se considera retirar el barro dentinario creado en los conductos radiculares y así permitir la penetración de los medicamentos intraconducto en los túbulos dentinales (6,7,15).

1.5.1 IRRIGACIÓN DEL CONDUCTO RADICULAR

El objetivo principal de la instrumentación es facilitar una efectiva irrigación, desinfección y obturación de los conductos radiculares (1,6,7,10,11).

La irrigación tiene un papel central en el tratamiento endodóntico. Durante y después de la instrumentación, los irrigantes facilitan la eliminación de microorganismos y restos de tejido dentro del conducto radicular a través de un mecanismo de descarga. Los irrigantes también pueden ayudar a prevenir el empaquetamiento de tejidos duros y blandos en el tercio apical y la extrusión de material infectado en el área periapical. Algunas soluciones irrigantes disuelven bien sea el tejido orgánico o inorgánico en el conducto radicular. Ya que no existe una única solución irrigante que cubra eficazmente todas las funciones que se requieren, esta se basa en el uso combinado de 2 o más soluciones en una

secuencia específica, para así contribuir a un resultado predecible en el tratamiento (11,15,30).

Sin embargo, varias soluciones de irrigación también tienen potencial citotóxico, y pueden causar dolor severo si acceden en los tejidos periapicales (11). Un irrigante ideal debería cumplir las siguientes propiedades: (Tabla 1)

Tabla 1. Propiedades de los irrigantes (10,11,14,30,31).

Propiedades ideales de los irrigantes
• Acción de lavado (ayuda a remover restos) • Reducen la fricción durante la instrumentación (lubrican) • Facilita la remoción dentinal (lubrican) • Disuelve tejido inorgánico (dentina) • Penetran la periferia del conducto • Disuelve materia orgánica (colágeno, tejido pulpar, biopelícula) • Eliminación bacteriana (también la biopelícula) • No debe irritar o dañar los tejidos periapicales vitales, no tener efectos cáusticos o citotóxicos • No debe alterar la estructura dental

Los irrigantes han sido tradicionalmente llevados dentro del conducto radicular utilizando jeringas y agujas metálicas de diferente tamaño y diseño de la punta. Sin embargo, investigaciones han demostrado que este enfoque resulta en una irrigación ineficaz, particularmente en áreas periféricas como anastomosis entre canales, ramificaciones y la parte más apical del conducto radicular. Por lo tanto,

muchos de los compuestos utilizados para la irrigación se han modificado químicamente y varios dispositivos mecánicos han sido desarrollados para mejorar la penetración y la eficacia de la irrigación (11).

1.5.1.1 HIPOCLORITO DE SODIO (NaOCl)

En la Primera Guerra Mundial, el químico Henry Drysdale Dakin y el cirujano Alexis Carrel usaron el hipoclorito de sodio en una solución al 0,5% para la irrigación de heridas infectadas; basado en estudios de Dakin sobre la eficacia de las diferentes soluciones sobre tejido necrótico infectado. Junto a su amplio espectro, la eficacia no es específica en todos los microorganismos y muestra mayores efectos en los tejidos necróticos. Estas características han impulsado el uso de hipoclorito de sodio en endodoncia como el principal irrigante desde 1920, además; es una solución económica, accequible y demuestra buena vida útil (10,11,14).

El NaOCl es la solución irrigante más popular, el cloro reactivo en solución acuosa a temperatura corporal puede tomar dos formas: hipoclorito (OCl^-) o ácido hipocloroso (HOCl). El estado de cloro disponible está en función del pH de la solución, por encima de un pH de 7.6 la forma predominante es el hipoclorito, por debajo de este valor es ácido hipocloroso. Ambas formas son agentes oxidantes extremadamente reactivos. Soluciones puras de hipoclorito como se utilizan en endodoncia tiene un pH de 12 y por lo tanto todo el cloro disponible está en forma de OCl^- (10,11,14).

El hipoclorito de sodio se utiliza comúnmente en concentraciones entre 0,5% y 6%. Es un agente antimicrobiano potente, interrumpe varias funciones vitales de la célula microbiana al contacto directo (11,32), lo cual resulta en la muerte celular; a su vez disuelve efectivamente restos orgánicos de tejido vital y necrótico. Entre sus desventajas incluye sabor desagradable, toxicidad y que el usarlo por sí solo, no remueve la parte inorgánica del barro dentinario, por lo cual se hace necesaria la irrigación con EDTA o ácido cítrico (11).

Existe una variación considerable sobre el efecto antibacteriano de NaOCl, en algunos casos se informa que elimina microorganismos anaerobios en pocos segundos, incluso a bajas concentraciones, aunque otros informes han publicado tiempos considerablemente más largos para su eliminación. Haapasalo *et al*, 2000 (33) mostraron que la presencia de dentina causó un aumento en el tiempo de eliminación del *Enterococcus faecalis* utilizando NaOCl al 1 % (16).

La eficacia antimicrobiana del NaOCl *in vivo* también es limitada, probablemente es causado por problemas en la penetración en las zonas más periféricas del sistema de conducto radicular. Además, la presencia de sustancias tales como el exudado de la zona periapical, tejido pulpar y restos de colágeno, inactivan la eficacia del NaOCl. La eficacia de un irrigante es dependiente de la naturaleza del microorganismo y el tiempo de contacto (34).

Recientemente se ha demostrado por estudios *in vitro* que la exposición a largo plazo de la dentina frente al hipoclorito de sodio en altas concentraciones puede

tener un efecto perjudicial sobre la elasticidad y la resistencia a la flexión, aumentando el riesgo a la fractura (11).

El hipoclorito de sodio se debe utilizar durante toda la fase de instrumentación, sin embargo, usarlo como enjuague final después del EDTA o ácido cítrico produce una erosión significativa de la pared del conducto radicular (35).

1.5.1.2 ÁCIDO ETILENDIAMINOTETRAACÉTICO (EDTA)

EDTA es un ácido poliprótico cuyas sales de sodio son agentes orgánicos no coloidales, que pueden formar quelatos no iónicos con iones metálicos. Se utiliza normalmente en concentraciones entre 10% y 17 %, su pH se modifica a partir de su valor original de 4 a valores entre 7 y 8 para aumentar su capacidad quelante (30). Es un agente eficaz usado en endodoncia para eliminar el material inorgánico formado durante la instrumentación de los conductos radiculares y abrir los túbulos dentinarios, lo cual permite una penetración más profunda de los medicamentos, irrigantes y selladores, logrando así una mayor desinfección y capacidad de selle del sistema de conductos radiculares (8,11,14,32).

En la irrigación del conducto radicular se recomienda una solución de EDTA al 17% y se utiliza preferiblemente al finalizar la instrumentación durante 1 minuto para eliminar el barro dentinario y evitar la erosión dentinaria (11,13,14,30, 36, 37). Su capacidad antibacteriana es limitada al igual que el poco o ningún efecto que posee sobre el tejido orgánico (7,11).

1.5.1.3 ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico es un ácido orgánico normalmente usado en endodoncia a concentraciones entre 10% y 50% con un valor pH entre 1 y 2. Se puede utilizar como irrigante del conducto para eliminar el barro dentinario (30,38).

Khedmat y Shokouhinejad 2008 (39) realizaron una comparación entre ácido cítrico al 10% y EDTA al 17% en la remoción del barro dentinario y mostraron que no hubo diferencia significativa en la eficacia de estos agentes quelantes en todos los niveles de los conductos excepto para el tercio apical donde el ácido cítrico al 10% fue menos eficiente. Estudios *in vitro* han evaluado citotoxicidad y comprobaron que el ácido cítrico al 10% es más biocompatible que EDTA al 17% y EDTA-T al 17% (40,41).

El ácido cítrico deja cristales precipitados en el canal radicular que podría ser una desventaja para la obturación del conducto radicular; además remueve mejor el barro dentinario que el ácido poliacrílico, ácido láctico y ácido fosfórico pero no que el EDTA (5).

1.5.1.4 MTAD

El MTAD es una solución que contiene una mezcla de un isómero de tetraciclina (doxiciclina), ácido cítrico y detergente (Tween-80).

Este se ha introducido como un irrigante endodóntico que posee capacidad para eliminar el barro dentinario sin producir cambios erosivos (7). Es un efectivo

agente antimicrobiano, posee un pH bajo y no produce cambios significativos en la estructura de los túbulos dentinarios. MTAD es menos citotóxico que el eugenol, H2O2 al 3%, Ca (OH) 2, NaOCl al 5,25% y EDTA (14).

1.5.2 AGITACIÓN DE IRRIGANTES

La eliminación de microorganismos y sus subproductos, restos vitales y necróticos del tejido pulpar y material inorgánico son esenciales para el éxito endodóntico. Aunque esto podría lograrse mediante la preparación químico-mecánica, es imposible conformar y desinfectar el conducto radicular completamente, debido a su compleja anatomía (42-44).

A lo largo de la historia de la endodoncia se han desarrollado sistemas de irrigación y agitación para aumentar la eficacia de la preparación químico-mecánica por medio de una distribución efectiva de los irrigantes en el tercio apical del conducto radicular. Estos sistemas pueden dividirse en 2 categorías: agitación manual (sónica) y agitación con dispositivos de máquinas asistidas (ultrasónica) (42,43).

Carver *et al*, 2007 (44) encontraron que aunque la agitación ultrasónica no eliminó por completo todas las bacterias después de la desinfección y conformación con un sistema manual y rotatorio, se redujo significativamente la carga bacteriana en comparación con el sistema manual y rotatorio sin agitación ultrasónica.

1.5.2.1 IRRIGACION SÓNICA

Tronstad *et al*, 1985 (46) fue el primero en reportar el uso de un instrumento sónico en endodoncia. La irrigación sónica opera a una frecuencia baja (1-6 kHz) y genera un movimiento amplio de la punta hacia atrás y hacia adelante. El sistema sónico presenta una oscilación longitudinal de la lima, este tipo de vibración ha mostrado ser eficiente en la limpieza de los conductos radiculares, ya que produce una gran amplitud de desplazamiento. En la mayoría de los estudios publicados, su acción de limpieza se ha reportado inferior a la lograda por la irrigación ultrasónica pasiva (42,45).

1.5.2.2 IRRIGACION ULTRASONICA

Los dispositivos ultrasónicos han sido utilizados durante mucho tiempo en periodoncia antes que Richman introdujera el ultrasonido endodóntico para el debridamiento del conducto radicular en el año 1957 (47). En comparación con la energía sónica, la energía ultrasónica produce frecuencias altas, pero amplitudes bajas. Están diseñados para oscilar en frecuencias ultrasónicas de 25 a 30 kHz, que están más allá del límite de la percepción auditiva humana (> 20 kHz). Operan en una vibración transversal, creando patrones característicos de nodos y antinodos a lo largo de su longitud (42-45).

Se han descrito en la literatura dos tipos de irrigación ultrasónica: combinación de instrumentación e irrigación simultánea de ultrasonidos (UI) e irrigación ultrasónica pasiva (PUI), sin instrumentación simultánea (42).

1.5.2.2.1 UI

Durante la UI la lima es intencionalmente puesta en contacto con la pared del conducto radicular y ha demostrado ser menos eficaz en la eliminación de tejido pulpar o el barro dentinario que PUI. Como la anatomía del conducto radicular es compleja, un instrumento nunca podrá estar en contacto con toda su pared, de este modo UI podría resultar en un corte no controlado sin una limpieza efectiva. Los estudios sobre los sistemas endosónicos han demostrado que los dientes preparados con dispositivos UI, obtienen conductos significativamente más limpios que los dientes preparados sin dispositivos UI. Sin embargo, otros estudios han fracasado en demostrar la superioridad de estos dispositivos. Estos resultados pueden ser atribuidos a la restricción del movimiento vibratorio y la eficacia de la limpieza de los ultrasonidos dentro del conducto radicular sin suficiente espacio (42).

1.5.2.2.2 PUI

El término PUI fue utilizado por primera vez por Weller *et al*, 1980 (48) para describir un escenario de irrigación donde no había instrumentación o contacto con las paredes del conducto con una lima de endodoncia o instrumento. Con esta tecnología no cortante, el potencial para crear formas aberrantes dentro del conducto se redujo. Durante PUI, la energía se transmite desde una lima oscilante o un alambre liso para el irrigante en el conducto por medio de ondas ultrasónicas. Esta última induce corrientes acústicas y cavitación del irrigante (42,43,49).

Existen dos métodos de irrigación durante la aplicación PUI: Irrigación ultrasónica continua e Irrigación ultrasónica intermitente.

1.5.2.2.1 Irrigación ultrasónica continua

El cloro es responsable de la disolución de los tejidos orgánicos y la propiedad antibacteriana del NaOCl, es inestable y se consume rápidamente durante la primera fase de la disolución del tejido, probablemente en 2 minutos. Por lo tanto, es altamente deseable un sistema mejorado que sea capaz de hacer reposición continua de irrigantes en el conducto radicular (43).

Recientemente, Nusstein 2005 (50) desarrolló un adaptador de aguja para una pieza de mano ultrasónica. Durante la activación ultrasónica se utiliza una aguja de irrigación de calibre 25 en lugar de una lima endosónica, esto permite un ajuste a la máxima potencia sin causar fractura de la aguja. La característica única de este adaptador es que la aguja se activa simultáneamente por la pieza de mano de ultrasonidos, mientras que un irrigante se suministra desde un tubo de vía intravenosa conectado a través de un Luer-lok a una jeringa; el irrigante de este modo puede ser llevado apicalmente a través de la aguja bajo un flujo continuo (42).

1.5.2.2.2 Irrigación ultrasónica intermitente

El irrigante es llevado al sistema de conductos radiculares por medio de una jeringa. Este es activado con un instrumento ultrasónico oscilante y finalmente se

hace un recambio del irrigante para eliminar los restos de las paredes del canal (42).

1.5.3 REMOCIÓN DEL BARRO DENTINARIO CON AGITACIÓN ULTRASÓNICA

Gran evidencia ha indicado que PUI con agua como irrigante no remueve el barro dentinario. Cuando se utilizó PUI con NaOCl al 3%, se reportó una eliminación completa del barro dentinario por Cameron 1983 (51). Estos resultados fueron confirmados en estudios posteriores por Alacam 1987 (52) y Huque *et al*, 1998 (53) con diferentes concentraciones de NaOCl. Guerisoli *et al*, 2002 (54) informaron que el barro dentinario fue removido efectivamente de los tercios apical, medio y cervical de las paredes del conducto por EDTA más Cetavlon (EDTAC) e NaOCl con el uso de una lima N°15 energizada por agitación ultrasónica. Aunque PUI ha demostrado ser significativamente mejor que la irrigación con jeringa, Cheung y Stock 1993 (55) demostraron no eliminar completamente el barro dentinario mediante PUI con NaOCl al 1% durante 10 segundos. Estudios han demostrado que PUI con EDTA o una combinación de EDTA e NaOCl no eliminó por completo el barro dentinario en el tercio apical de las paredes del conducto radicular (56-58).

1.5.4 LÁSER

La palabra LASER corresponde al acrónimo “luz amplificada por la emisión estimulada de radiación”. Se han demostrado avances en esta tecnología, por un lado el desarrollo militar y por otro el industrial, los cuales han ido abarcando su

utilización a muchos niveles, existiendo en la actualidad más de un centenar de tipos distintos de emisores láser (59).

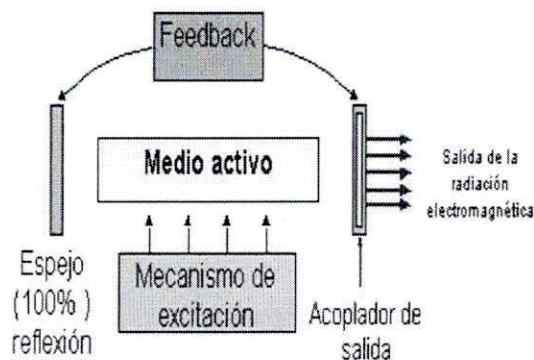
Los láser se pueden dividir en varios grupos, de acuerdo con diferentes criterios (60):

- El estado de la materia del medio activo: sólido, líquido, gas o plasma.
- El rango espectral de la longitud de onda del láser: espectro visible, espectro Infra-Rojo.
- El método de excitación (bombeo) del medio activo: bombeo óptico, bombeo eléctrico.
- Las características de la radiación emitida por el láser.
- El número de niveles de energía que participan en el proceso láser.

1.5.4.1 COMPONENTES DEL LASER

Un sistema láser provisional consta de un medio activo, un mecanismo de excitación (feedback), retroalimentación óptica (espejos) y un acoplador de salida (59).

Figura N°1. Componentes del sistema láser (59).



1.5.4.1.1 MEDIO ACTIVO

El material usado como medio activo determina (59):

- La longitud de Onda.
- El método de bombeo más adecuado.
- El orden de magnitud de la salida del láser.
- El rendimiento del sistema láser.

Láser que dependen de su medio activo:

- Láser de Gas
- Láser de estado sólido
- Láser de Diodo (Láser Semiconductor, Láser de Inyección)
- Láser de Colorante (Líquido)

1.5.4.1.2 SISTEMA DE BOMBEO

Los emisores de radiación láser emplean sistemas de bombeo para elevar los electrones a niveles energéticos superiores. Estos sistemas aportan energía externa para aumentar el número de átomos excitados. Existen diversos sistemas de bombeo. De forma simplificada, pueden dividirse en:

- Bombeo óptico, en el que se emplea una fuente luminosa, del tipo de lámpara de flash de xenón u otro láser, generalmente de menor longitud de onda.

- Bombeo eléctrico, cuyo fundamento consiste en hacer pasar una corriente eléctrica a través del material activo, habitualmente un gas (láser de He-Ne), o a través de la unión PN de un semiconductor (láser de As-Ga).
- Bombeo químico, basado en la energía liberada en la creación y ruptura de enlaces químicos (láser de flúor-hidrógeno) (61).

1.5.4.1.3 CAVIDAD RESONANTE

El hecho que completa el proceso de producción láser es el empleo de una cavidad resonante, compuesta por dos espejos perfectamente paralelos, uno en cada extremo del material activo. El láser está construido de forma que el haz de radiación, al reflejarse, pase sucesivas veces por el medio activo; de este modo, el número de fotones emitidos se amplifica a cada paso. Uno de los dos espejos es parcialmente reflectante y permite que parte del haz salga fuera de la cavidad.

La cavidad resonante permite alcanzar 2 objetivos esenciales:

- Realizar la amplificación en una única dirección.
- Lograr la predominante monocromaticidad de la emisión (60).

1.5.4.2 LASER SEMICONDUCTOR

Los materiales semiconductores son aquellos que a temperaturas muy bajas se comportan como aislantes, es decir, no conducen la electricidad, pero que cuando la temperatura aumenta por encima de un cierto valor se convierten en muy

buenos conductores. Algunos materiales semiconductores son por ejemplo el silicio, el germanio y el selenio.

Las principales áreas de uso del láser en odontología son cirugía, periodoncia y operatoria dental. Sin embargo, también ha habido un considerable interés en el potencial de los mismos en endodoncia (59).

Uno de los principales objetivos del tratamiento endodóntico es dejar el conducto radicular libre de microorganismos. Para ello se pueden utilizar diferentes sistemas de desinfección y el láser de diodo es uno de ellos. No obstante se debe de tener precaución con su uso a fin de prevenir el posible daño térmico generado por el láser sobre el diente (62).

Los láser tienen la capacidad de limpiar y desinfectar eficazmente los conductos radiculares, vaporizar los tejidos y eliminar el tejido residual en la parte apical, aumentar la permeabilidad dentinal coronal al remover el barro dentinario lo cual resulta en la apertura de los túbulos (60,61).

La eficacia de los láser depende de muchos factores, incluyendo el nivel de potencia, duración de la exposición, absorción de la luz en los tejidos, la geometría del conducto radicular (61).

Recientemente, la terapia con láser ha demostrado una gran promesa en la endodoncia, especialmente en la eliminación del barro dentinario que permanece en la pared del conducto radicular instrumentado. Los estudios han demostrado que la instrumentación convencional junto con la solución irrigante sólo puede

eliminar el barro dentinario parcialmente. Diferentes longitudes de onda de láser han sido investigadas para su uso en el campo de la endodoncia, entre ellos, láser Nd: YAG el más frecuente y aceptado. El relativamente nuevo láser de diodo es portátil, compacto y eficiente para aplicaciones prácticas, tales como para realizar incisiones sin promover un sangrado, para la desinfección y esterilización del conducto radicular y para aliviar el dolor post-tratamiento (4).

El láser de diodo está constituido por un medio activo sólido, formado por un semiconductor que frecuentemente usa una combinación de galio, arsenio y otros elementos como el aluminio o el indio para transformar la energía eléctrica en energía luminosa. La longitud de onda de estos láser para su utilización en odontología comprende un rango desde 800nm hasta 980nm. Pueden emitir en modo continuo o en pulsos y debido a su longitud de onda, la energía es fácilmente transportable a través de la fibra óptica, estas pueden variar entre 200, 300 y 600µm según el fabricante. La ventaja de los láser de diodo es su pequeño tamaño. Estos láser quirúrgicos son actualmente los de menor costo económico (20,63).

La fibra del láser debe ser llevada con un movimiento en espiral a lo largo de la pared del conducto radicular y mantenerla lo más cerca posible hasta el ápice para maximizar el área expuesta al haz de láser (64).

Se recomienda el láser de diodo para el tratamiento de endodoncia, porque su longitud de onda está dentro de la gama de infrarrojos, y posee fibras delgadas y

flexibles. Además, parece ser capaz de limpiar los conductos sin aumentar la temperatura de la raíz. Esta es una propiedad deseable para evitar lesiones a los tejidos circundantes.

En función de la potencia los láser de diodo pueden clasificarse en dos grandes grupos: de baja potencia y de alta potencia.

- Baja potencia, también llamados láser blandos (Low Level Laser Therapy), son de baja energía y emiten en la región del espectro infrarrojo cercano (632,8, 670 y 830nm), con una potencia media de 1- 100mW. Sus aplicaciones básicas en ciencias de la salud están basadas en sus efectos de bioestimulación de los tejidos y en su acción analgésica-antiinflamatoria.

- Alta potencia, son aquellos láser con potencias de 1W hasta 15W o más y con una longitud de onda comprendida entre 810 nm y 980 nm. Son láser relativamente nuevos en su aplicación en el campo de la odontología. El láser de diodo de alta potencia, debido a su pequeño tamaño y a su bajo costo económico, es actualmente uno de los láser con más predicamento en Odontología. Las aplicaciones de este tipo de láser se relacionan con su efecto bactericida, con indicaciones específicas en Periodoncia y Endodoncia (4).

1.5.5 MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO (MEB)

La microscopía electrónica de barrido es una técnica de análisis superficial, que consiste en enfocar sobre una muestra electrodensa (opaca a los electrones) un

fino haz de electrones acelerado con energías de excitación desde 0.1kV hasta 30kV (65).

El haz de electrones se desplaza sobre la superficie de la muestra realizando un barrido que obedece a una trayectoria de líneas paralelas. La variación morfológica de la muestra entrega diversas señales (electrones secundarios, electrones retrodispersados, emisión de rayos X, etc.) que son recogidas por distintos detectores; los cuales permiten la observación, caracterización y microanálisis superficial de materiales tanto orgánicos como inorgánicos (65).

Un microscopio electrónico de barrido funciona con un haz de electrones producido por una fuente de electrones que puede ser un cañón termoiónico (filamento de tungsteno o de hexaboruro de lantano) o un cañón de emisión de campo FEG (Field Emission Gun) (65).

Al cañón se le aplica un potencial eléctrico que acelera el haz de electrones hacia la columna, éste es focalizado por medio de lentes electromagnéticas sobre la muestra (toda la trayectoria de los electrones debe estar en vacío, de lo contrario, los electrones colisionarían con las moléculas de aire y serían absorbidos). Los electrones chocan e interactúan con la muestra produciendo varias señales que podrán ser recogidas de acuerdo a los detectores presentes. Todas estas señales están relacionadas entre sí y dependen en gran medida de la topografía, el número atómico y el estado químico de la muestra (65).

La amplificación de la imagen se produce por un conjunto de lentes electromagnéticas que mediante un tratamiento adecuado de las señales electrónicas son proyectadas en un tubo de rayos catódicos (CRT) (65).

Un microscopio electrónico de barrido suministra información morfológica, topográfica y composicional de las muestras, gracias a la interacción de los electrones con la superficie de la muestra y a los fenómenos que allí se producen, los más importantes son:

- La propia muestra emite electrones secundarios para obtener imágenes tridimensionales de alta resolución SEI (Secondary Electron Image), la energía de estos electrones es muy baja, inferior a 50 eV, por lo que los electrones secundarios provienen de los primeros 15nm de la superficie.
- Algunos electrones primarios son reflejados o retrodispersados permitiendo la obtención de imágenes planas de composición y topografía de la superficie BEI (Backscattered Electron Image).
- La muestra absorbe electrones en función del espesor y la composición; esto produce el contraste en la imagen.
- Emisión de rayos X: cuando los electrones de niveles internos son expulsados por la interacción de los electrones primarios, habrá transiciones entre los niveles de energía con emisión de rayos X, esta energía y longitud de onda están relacionadas con la composición elemental del espécimen, permitiendo realizar

análisis químicos mediante espectroscopía por dispersión de energía y de longitud de onda (EDS y WDS).

- Emisión de electrones Auger: cuando un electrón es expulsado de un átomo, otro electrón más externo puede saltar hacia el interior para llenar esta vacancia resultando en un exceso de energía. Esta energía extra puede ser liberada emitiendo un nuevo electrón de la capa más externa (electrón Auger). Son utilizados para obtener información sobre la composición de pequeñísimas partes de la superficie de la muestra.

La máxima magnificación que puede alcanzar un microscopio electrónico de barrido es de 5X hasta 300.000X; la máxima resolución que se obtiene es hasta 3nm, dependiendo del tipo de muestra y de la forma en que ésta haya sido preparada. Se puede introducir una muestra de 304.8 mm de diámetro, por 40 mm de altura y un peso máximo de 3 Kg (65).

El microscopio electrónico de barrido puede observar muestras orgánicas e inorgánicas, hidratadas o libres de humedad, conductoras y no conductoras, de tamaños desde 30 x 8 cm hasta tamaños nanométricos (65).

1.5.5.1 VENTAJAS DEL MEB

- Gran profundidad de campo que le da apariencia tridimensional a las imágenes permitiendo enfocar y observar amplias zonas de la muestra al mismo tiempo.

- Puede producir imágenes de alta resolución (de hasta 3 nm), es decir, que detalles muy cercanos en la muestra pueden ser observados separadamente a alta magnificación.

- Sencilla preparación de las muestras.

- Se pueden observar muestras de tamaños desde centímetros hasta muestras del orden de nanómetros.

1.5.5.2 LIMITACIONES DEL MEB

- Las muestras deben ser conductoras.

- Las muestras deben estar libres de humedad.

- No es posible observar la estructura interna y detalles ultraestructurales de las muestras, para esto se requiere un Microscopio Electrónico de Transmisión MET o TEM, de las siglas en inglés Transmission Electron Microscopy (65).

El microscopio JEOL, modelo JSM 6490-LV de última generación, opera en los modos de alto y bajo vacío, tiene integrados cuatro detectores que permiten la obtención de imágenes de electrones secundarios (tridimensionales), imágenes de electrones retrodispersados (topográficas, composicionales y de sombra) e imágenes de mapas de puntos EDS (mapping). El detector de espectroscopía por dispersión de energía (EDS) permite además la realización de microanálisis cualitativos y cuantitativos (65).

Los microscopios electrónicos emplean electrones, que tienen una longitud de onda mucho menor que la de la luz y pueden revelar estructuras mucho más finas. La longitud de onda más corta de la luz visible es de alrededor de $4.000 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$). La longitud de onda de los electrones que se utilizan en los microscopios electrónicos es de $0,5 \text{ \AA}$ aproximadamente (65).

La máxima magnificación que alcanza el JSM-6490LV va desde $5X$ hasta $300.000X$ y la máxima resolución que permite es de hasta 3 mm , dependiendo del tipo de muestra y de la forma en que ésta haya sido preparada (65).

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la capacidad *In vitro* del NaOCl al 5.25% más irradiación del láser de Diodo en la remoción del barro dentinario de dientes uniradiculares Vs NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la cantidad de remoción del barro dentinario por medio del Microscopio Electrónico de Barrido posterior a la irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% más EDTA al 17%.
- Determinar la cantidad de remoción del barro dentinario por medio del Microscopio Electrónico de Barrido posterior a la irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% más irradiación del láser de Diodo.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 TIPO DE ESTUDIO

Experimental *in vitro*.

2.2 DISEÑO DE ESTUDIO

Experimental

2.3 UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Dientes uniradiculares.

2.4 MUESTRA

50 dientes uniradiculares.

2.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Dientes extraídos por enfermedad periodontal.
- Dientes con formación radicular completa.

2.6 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Dientes con calcificaciones pulpares.
- Dientes con marcadas dilaceraciones.
- Dientes con perforaciones.
- Dientes con fracturas radiculares.

2.7 VARIABLES

VARIABLE	OPERACIONALIZACION	NIVEL	ESCALA	RELACION
Remoción del barro dentinario	Micrómetros	Cuantitativa	Numérica	Dependiente
Tratamiento	Hipoclorito de sodio al 5.25% más EDTA al 17% Hipoclorito de sodio al 5.25% más Láser de Diodo	Cualitativa	Nominal	Independiente

Tabla N°1. Variables

2.8 PROCEDIMIENTO

Recolección de la muestra

Se utilizaron 50 dientes uniradiculares extraídos por enfermedad periodontal. La muestra se dividió en 2 grupos constituidos por 25 dientes cada uno.

Grupo control: Los especímenes fueron preparados por un solo investigador, el cual llevó a cabo la decoronación a nivel de la unión amelo-cemental con una pieza de baja velocidad (NSK) y un disco transmetálico (Figura 2 A y B).

La longitud de trabajo se determinó visualmente 1 mm corto del ápice anatómico por medio de una lima K #10. (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

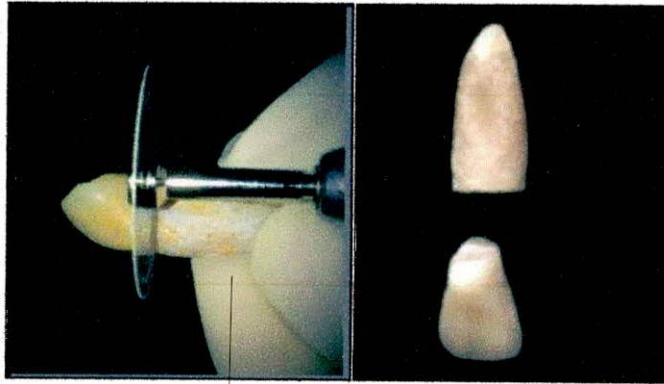


Figura 2. A y B Decoronación con disco transmetálico

Se realizó instrumentación manual con limas k #10, #15 y #20 (Dentsply, maillefer) hasta la longitud de trabajo (Figura 3) e irrigación con NaOCl al 5.25% (Eufar) por medio de jeringas hipodérmicas y agujas monojet calibre 27 entre cada instrumento.

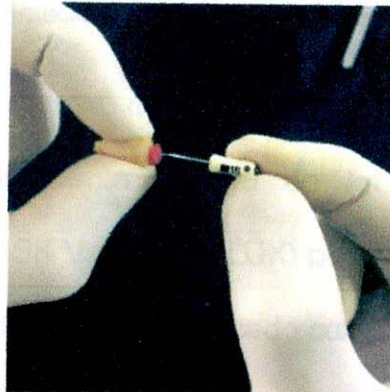


Figura 3. Instrumentación manual.

A continuación, los conductos fueron preparados con el sistema rotatorio Protaper Universal (Dentsply, Maillefer) en un motor VDW Silver a 350 rpm, y torque de 300 g/cm (Figura 4), siguiendo la secuencia según las recomendaciones del fabricante:

1. Instrumento S1 18/02 con movimiento de cepillado hasta el tercio medio y luego hasta alcanzar la longitud de trabajo.
2. Instrumento S2 20/04 con movimiento de cepillado hasta alcanzar la longitud de trabajo.
3. Instrumento F1 20/07 y F2 25/08 con movimiento de picoteo.

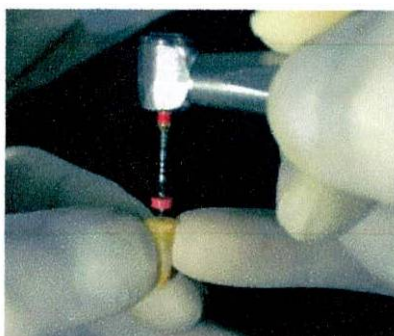


Figura 4. Instrumentación con el sistema rotatorio Protaper Universal.

El protocolo de irrigación se realizó de la siguiente forma:

1. Irrigación entre cada instrumento rotatorio con NaOCl al 5.25%; y para finalizar se activó con ultrasonido (NSK Varios 560 LUX) por un minuto.
2. Enjuague con solución salina estéril y secado con puntas de papel.
3. Irrigación con EDTA al 17% y activación con ultrasonido por un minuto.
4. Enjuague con solución salina estéril y secado con puntas de papel.

La activación de los irrigantes se realizó con limas ultrasónicas N°25 a una frecuencia de 25–30 kHz (Figura 5).

Grupo experimental: Los especímenes se prepararon siguiendo el procedimiento del grupo control. En reemplazo de la irrigación con EDTA al 17%, se utilizó el

láser de diodo (Biolase) activando la fibra óptica a una longitud de onda de 940nm con una potencia de 2w. La punta de 9mm se introdujo lentamente en el conducto con una salida de 200 micrones realizando un movimiento circular según las recomendaciones del fabricante.



Figura 5. Irrigación ultrasónica.

El tiempo de irradiación fue de 40 segundos; después de transcurrido este tiempo, la punta del láser se retiró del conducto radicular (Figura 6).

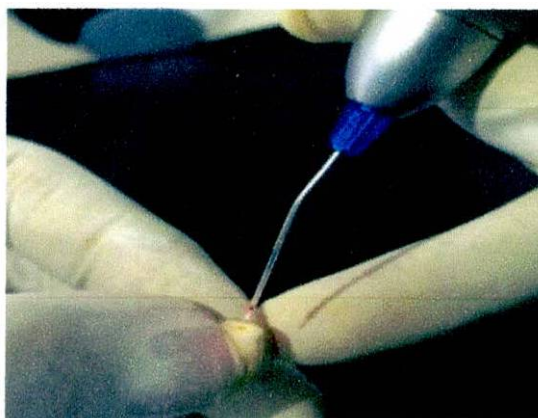


Figura 6. Irradiación con láser de diodo.

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Las muestras se estabilizaron en alto vacío. En este proceso se utilizó el nitrógeno líquido puro como fijador físico a -200°C para la criofractura (Figura 7).



Figura 7. Congelación de las muestras con nitrógeno líquido

En una superficie plana se realizó la criofractura con una placa metálica a lo largo del eje longitudinal del diente. Las muestras fueron montadas sobre plastilina en monedas previamente desinfectadas con alcohol antiséptico al 96% (JgB) y ubicadas en un portamuestras (Figura 8).

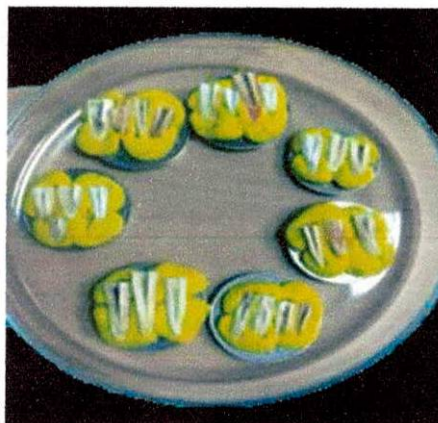


Figura 8. Portamuestras.

Se realizó la técnica de recubrimiento en oro, ésta consiste en el depósito de una película fina de material conductor sobre un sustrato (muestra) en condiciones de baja presión (10^{-4} Torr); se emplea para la obtención de imágenes de electrones secundarios, ya que el oro es uno de los materiales que origina mayor emisión, conduciendo a mejores resultados (Figura 9).

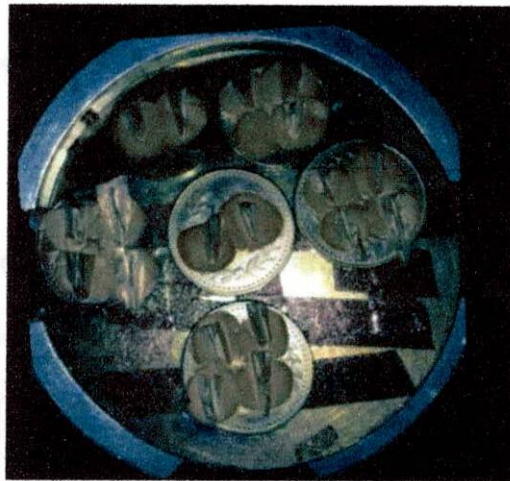


Figura 9. Recubrimiento con oro.

Evaluación al Microscopio Electrónico de Barrido

Se realizó la lectura de las muestras en un MEB (JEOL, modelo JSM 6490-LV) a una magnificación de 5000x donde se observaron los tercios apical y medio del conducto radicular, tomando como punto de referencia 50 μm desde la pared externa del canal hacia la pared externa del diente en la imagen.

Para evaluar el grado de remoción del barro dentinario se utilizaron los criterios descritos por Torabinajad *et al*, 2003: (7)

1= No hay evidencia de barro dentinario en la superficie del conducto radicular; todos los túbulos dentinales se encuentran limpios y abiertos.

2= Barro dentinario moderado. No se evidencia barro dentinario en la superficie del conducto radicular, pero los túbulos dentinales contenían restos.

3= Barro dentinario amplio que recubre la superficie del conducto radicular y los túbulos dentinales.

La lectura de las microfotografías fue realizada por un experto calibrado.

2.9 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Según la resolución 8430 de 1993 del ministerio de salud, este estudio se clasifica sin riesgo y fue aprobado por el comité de investigación de la Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC. Los investigadores declaran no tener conflicto de intereses.

2.10 MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Se elaboró una base de datos en Excel y fue procesada en paquete IBM SPSS Statistics V22.

Para comparar los tratamientos en general, se aplicó la prueba estadística U de Mann-Whitney y para comparar las proporciones entre los diferentes tercios se aplicó la prueba Chi-cuadrado y se consideró significativo $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

Se trataron 50 dientes distribuidos en dos grupos de tratamiento; grupo control: NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%; grupo experimental: NaOCl al 5.25% más láser de diodo durante 40 segundos; en cada grupo se observó el tercio apical y el tercio medio.

Al comparar los grados de remoción del barro dentinario en los dos grupos de tratamiento en el tercio apical y tercio medio, no se encontró diferencia estadísticamente significativa a nivel global ($p=0,343$) (Figura 10 y 12). Sin embargo en el tercio apical se observó que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% presentó en grado 1 (12%), grado 2 (68%) y grado 3 (20%); NaOCl al 5.25% más láser de diodo presentó en grado 1 (12%), grado 2 (36%) y grado 3 (52%), en donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,049$) (Figura 11 y Tabla 2).

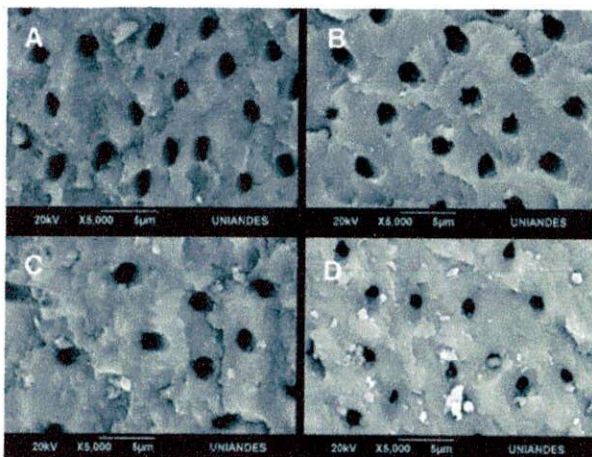


Figura 10. A NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% en tercio medio B NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio medio C NaOCl al 5.25% mas EDTA al 17% en tercio apical D NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio apical.

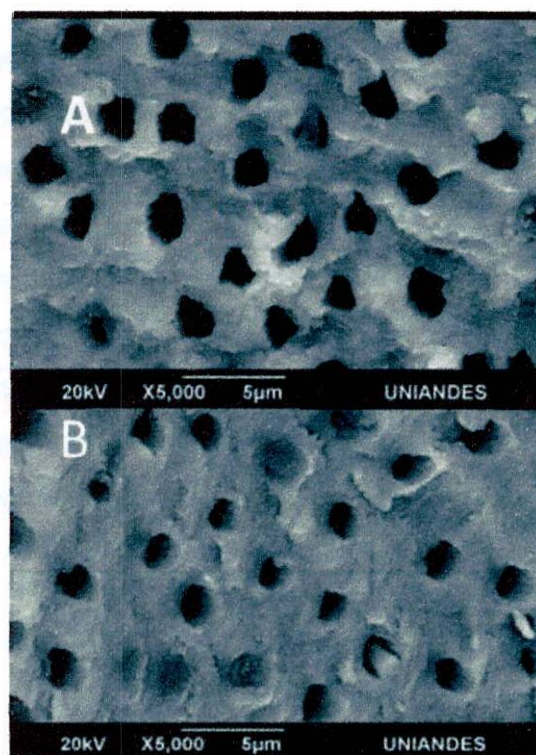


Figura 11. A NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% en tercio apical B NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio apical.

Tercio	Remoción del barro dentinario	Tratamiento para remoción del barro dentinario				p
		NaOCl 5.25% + EDTA		NaOCl 5.25% + Láser de Diodo		
		n	%	n	%	
Apical	Grado 1	3	12,0	3	12,0	0,049
	Grado 2	17	68,0	9	36,0	
	Grado 3	5	20,0	13	52,0	
Medio	Grado 1	2	8,0	5	20,0	0,45
	Grado 2	16	64,0	13	52,0	
	Grado 3	7	28,0	7	28,0	
Total	Grado 1	5	10,0	8	16,0	0,343
	Grado 2	33	66,0	22	44,0	
	Grado 3	12	24,0	20	40,0	

Tabla 2. Distribución porcentual de dientes según tratamientos para la remoción del barro dentinario en tercio apical y medio.

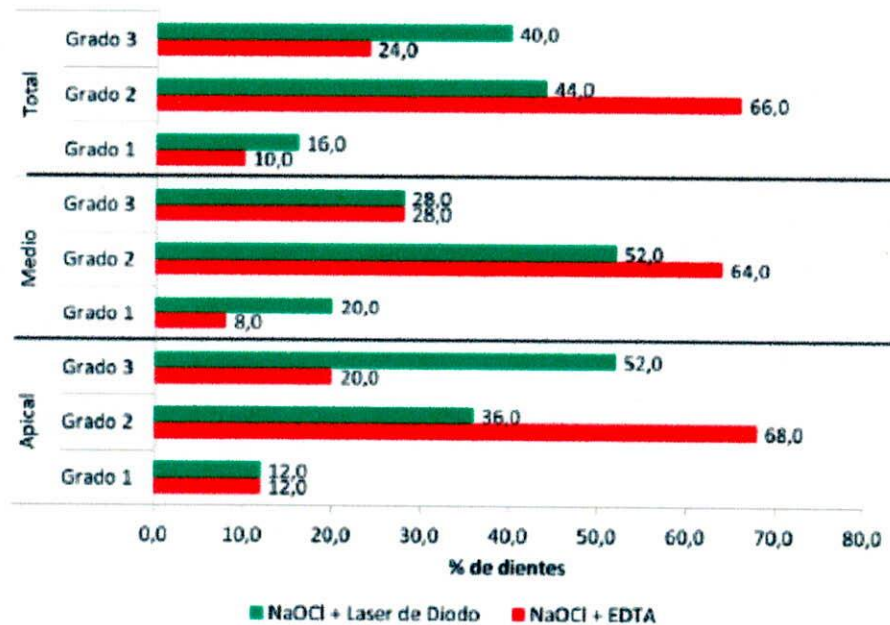


Figura 12. Distribución porcentual de dientes según tratamientos para la remoción del barro dentinario en tercio apical y medio.

4. DISCUSIÓN

El barro dentinario que se produce durante la instrumentación de los conductos radiculares debe ser removido. Según Violich D, Chandler N, en 2010 (5) el barro dentinario invade la entrada de los túbulos y canales accesorios, alterando los efectos antibacterianos de los medicamentos intraconductos e impide la capacidad de selle entre la interfase del material de obturación y la pared dentinaria (66, 67).

El hipoclorito de sodio es el irrigante más importante y el único capaz de disolver los tejidos orgánicos, incluyendo el biofilm y la parte orgánica del barro dentinario (10,14, 37). El NaOCl interrumpe varias funciones vitales del microorganismo, lo cual resulta en la muerte celular. Este se utiliza comúnmente en concentraciones entre 0,5% y 6%; acompañado de agentes quelantes como el EDTA o ácido cítrico, ya que su uso por sí solo no elimina completamente el barro dentinario. (11, 25, 32, 68).

El EDTA juega un papel importante en la remoción del barro dentinario despejando la entrada de los túbulos dentinales, esto permite una mayor penetración de los medicamentos, irrigantes y cementos. Se utiliza normalmente en concentraciones entre 10% y 17%. En la irrigación del conducto radicular se recomienda una solución de EDTA al 17% y se utiliza preferiblemente al finalizar la instrumentación durante 1 minuto para eliminar el barro dentinario y evitar la erosión. (11, 13, 14, 37, 30).

Hasheminia *et al*, 2012 (69); realizaron un estudio comparativo de EDTA al 17% y ácido maleico al 5% versus el láser Nd:YAG en la remoción del barro dentinario, demostrando que el láser Nd:YAG tuvo menor capacidad en comparación con EDTA y ácido maleico. A su vez, Ashraf *et al*, 2014 (70) evaluaron la capacidad del EDTA al 17%, etidronato al 18% y el láser Er: YAG en la remoción del barro dentinario utilizando 50 dientes uniradiculares. Ellos demostraron que el EDTA al 17% tuvo mayor capacidad comparado con el láser Er:YAG. Estos resultados son similares con los hallazgos obtenidos en este estudio, donde se observó que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% tuvo mayor capacidad en la remoción del barro dentinario en el tercio apical en comparación con el NaOCl al 5.25% más el láser de diodo.

Se podría asumir que los resultados de este estudio se deben a los siguientes factores:

- Mayor control de las sustancias irrigadores a la longitud de trabajo.
- La activación ultrasónica permite a las soluciones irrigadoras una mayor penetración a los túbulos dentinales y conductos laterales.
- Tiempo de permanencia del EDTA dentro de los conductos radiculares.

Gurbuz *et al*, 2008 (71), evaluaron el grado de remoción del barro dentinario y restos en los conductos radiculares después del uso con 5 sustancias irrigantes e irradiación con el láser Nd:YAG. Se obtuvieron grados similares en la remoción con el EDTA al 15% y el láser Nd:YAG, demostrando que no se encontró

diferencia estadísticamente significativa; lo cual coincide con los resultados del presente estudio a nivel global entre los dos tratamientos.

La terapia con láser ha mostrado grandes avances en endodoncia: La esterilización de los conductos radiculares debido a su capacidad bactericida informando en estudios *in vitro* disminuciones significativas en su número (59,72-76). Dederich *et al*, 1984 (77) utilizaron el láser Nd: YAG para irradiar las paredes del conducto radicular dejando superficies cristalizadas. Goodis *et al*, 1992 (78) demostraron que el láser Nd: YAG fue capaz de limpiar los conductos radiculares en combinación con la obturación manual mostrando una ausencia general de la capa de barrillo dentinario. El láser CO2 ha ganado amplia aceptación en el campo de la cirugía debido a su capacidad de realizar una incisión sobre el tejido sin generar un sangrado, vaporizar, coagular, disminuir el malestar postoperatorio, y acelerar el proceso de cicatrización (79).

Onal *et al*, 1993 (80) utilizaron el láser CO2 para eliminar el tejido orgánico del conducto radicular y para abrir los túbulos dentinales. Takahashi *et al*, 1996 (81) y Takeda *et al*, 1998 (82) y 1999 (60) observaron que después de la irradiación con el láser Er: YAG la mayor parte de la capa de barrillo dentinario fue removida, logrando así túbulos dentinales permeables. Moritz *et al*, 1997 (83) realizaron un estudio *in vitro* en conductos radiculares con un láser de diodo, de una longitud de onda de 810nm y trabajando a 2, 3 y 4w de potencia durante 50 segundos; obteniendo una completa eliminación bacteriana cuando empleaban las potencias de 2 y 3w. Kreisler *et al*, 2003 (84) compararon la acción del hipoclorito sódico al

0,9% frente al hipoclorito de sodio combinado con un láser de diodo, con el fin de conseguir la desinfección de los conductos radiculares. Emplearon una longitud de onda de 809nm y potencias de 1, 3 y 4.5w durante 60 segundos con una reducción bacteriana del 99,86% cuando se utilizó conjuntamente el hipoclorito sódico y el láser a 3w de potencia.

En el presente estudio se utilizó NaOCl al 5.25% más láser de Diodo y se observaron las paredes del conducto radicular más limpias en el tercio medio que en el tercio apical. A diferencia de los hallazgos reportados por Wang *et al*, 2005 (4), quienes demostraron que el láser de diodo removió más barro dentinario en el tercio apical que en el tercio medio; ellos atribuyen sus resultados a:

- Modo de irradiación
- Potencia
- Tiempo de exposición
- Y/o diámetro de la fibra

Según los resultados de este estudio, el NaOCl al 5.25% más el láser de diodo tuvo mayor capacidad en la remoción del barro dentinario en el tercio medio que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%; suponiendo que la razón es una de las siguientes:

- La longitud de la punta y el diámetro no son adecuadas para acceder al tercio apical del conducto radicular.
- La potencia del láser fue muy baja.
- La falta de preparación apical debido a la conicidad del instrumento final utilizado, no permitió la introducción de la punta a su máxima longitud.

5. CONCLUSIÓN

Basado en los resultados y con las limitaciones de este estudio, se concluye que la irrigación con NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% removi6 mayor cantidad de barro dentinario en el tercio apical que cuando se utiliz6 NaOCl al 5.25% m6s l6ser de diodo.

6. RECOMENDACIONES

Se sugieren estudios adicionales que cuenten con modificaciones en la potencia, longitud y diámetro de la punta del láser de diodo, al igual que una preparación tal vez más amplia para la remoción del barro dentinario, sobre todo a nivel apical donde nuestros resultados difieren.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. JOE. 2006; 32:417-420.
2. Cantatore G, Berutti Elio, Castellucci A. Missed anatomy: frequency and clinical impact. Endodontic Topics. 2009; 15:3–31.
3. Vertucci F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. Endodontic Topics. 2005; 10:3–29.
4. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki N, Matsumoto K. Effects of Diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. Photomedicine and laser surgery. 2005; 23 (6):575–581.
5. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontic: a review. International Endodontic Journal. 2010; 43:2–15.
6. Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland L. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002; 94:658-66.
7. Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson W, Bozhilov K, et al. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. Journal of endodontics. 2003; 29(3):170-175.

8. Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study. *JOE*. 2009; 35:891–895.
9. Pineda, E, González A, Villa P. In Vitro comparison of the disinfection of the root Canals with NaOCl at 5.25% and Diode Laser. *Revista CES Odontología*. 2008; 21(1):33-38.
10. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *JOE*. 2006; 32:389–398.
11. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin N Am*. 2010; 54:291–312.
12. Heling I, Chandler N. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal*. 1998; 31:8–14.
13. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *JOE*. 2011; 37:1437–1441.
14. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*. 2005; 10: 77–102.
15. O'Connell M, Morgan L, Beeler W, Baumgartner C. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*. 2000; 26(12):739-743.
16. Kimura Y, Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*. 2000; 33:173-185.

17. George R, Meyers A, Walsh L. Laser Activation of Endodontic Irrigants with Improved Conical Laser Fiber Tips for Removing Smear Layer in the Apical Third of the Root Canal. JOE. 2008; 34:1524–1527.
18. Fransson H, Larsson M, Wolf E. Efficacy of lasers as an adjunct to chemo-mechanical disinfection of infected root canals: a systematic review. International Endodontic Journal. 2013; 46:296–307.
19. Meire M, Prijck K, Coenye T, Nelis H, Moor R. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. International Endodontic Journal. 2009; 42:351–359.
20. Larrea-Oyarbide N, España-Tost A, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Applications of diode laser in dentistry. RCOE. 2004; 9(5):529-534.
21. Arslan H, Ayrancı L, Karatas E, Topcuoglu H, Yavuz M, Kesim Bertan, Effect of Agitation of EDTA with 808-Nanometer Diode Laser on Removal of Smear Layer. JOE. 2013; 39:1589–1592.
22. Pashley D. Dynamics of the Pulpo-Dentin Complex. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine. 1996; 7(2):104-133.
23. Brakstrom M, Nordenvall K, Glantz P. The effect of EDTA-containing surface active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study, journal of Dental Research. 1980; 59:1127-31.
24. Pashley D, Tao L, Boyd L, King G, Horner J. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. Archives of Oral Biology. 1988; 33:265-70.

25. Sen P, Wesselin K M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*. 1995; 2:141-148.
26. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*. 1990; 6:142-9.
27. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int J Endod*. 1985; 18:35-40.
28. Loel D. Use of acid cleanser in endodontic therapy. *J Am Dent Assoc*. 1975; 90:148-51.
29. Gencoglu N, Samani S, Gu'nday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 1993; 19:558-62.
30. Fedele G, Guastalli A, Steier L, Poli J. Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid. *J Endod*. 2012; 38:426-431.
31. Williamson A, Jared W, Cardon, Drake D. Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus Faecalis*. *J Endod*. 2009; 35:95-97.
32. Chandra S, Miglani R, Srinivasan M, Indira R. Antifungal Efficacy of 5.25% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine Gluconate, and 17% EDTA With and Without an Antifungal Agent. *J Endod*. 2010; 36:675-678.

33. Haapasalo HK, Siren EK, Waltimo TM. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J.* 2000; 33:126–31.
34. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001; 34:300–7.
35. Haapasalo H, Siren E, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J.* 2000; 33:126–31.
36. Çalt S, Serper A. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures, *journal of endodontics.* 2002; 28(1):17-19.
37. Clegg M, Vertucci F, Walker C, Belanger M, Britto L. The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. *JOE.* 2006; 32:434–437.
38. Prado M, Gusman H, Gomes B, Simao R. Scanning Electron Microscopic Investigation of the Effectiveness of Phosphoric Acid in Smear Layer Removal When Compared with EDTA and Citric Acid. *J Endod.* 2011; 37: 255–258.
39. Khedmat S, Shokouhinejad N. Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod.* 2008; 34:599–602.
40. Scelza M, Daniel R, Santos E, Marques M. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an in vitro Analysis. *J Endod.* 2001; 7:741–3.

41. Malheiros C, Marques M, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod.* 2005; 31:746–8.
42. Gu L, Kim J, Ling J, Kyu K, Pashley D, Tay F. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *JOE.* 2009; 5:791–804.
43. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The In Vivo Evaluation of Hand/ Rotary/Ultrasound Instrumentation in Necrotic, Human Mandibular Molars. *J Endod.* 2007; 33:782–787.
44. Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck M. In Vivo Antibacterial Efficacy of Ultrasound after Hand and Rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. *J Endod.* 2007; 33:1038–1043.
45. Townsend C, Maki J. An In Vitro Comparison of New Irrigation and Agitation Techniques to Ultrasonic Agitation in Removing Bacteria From a Simulated Root Canal. *J Endod.* 2009; 35:1040–1043.
46. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a Sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol.* 1985; 1:69–76.
47. Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Med.* 1957; 12:12–8.
48. Weller R, Brady J, Bernier W. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980; 6:740–3.

49. Van der Sluis L, Shemesh, M, Wu, Wesselink P. An evaluation of the influence of passive ultrasonic irrigation on the seal of root canal fillings. *International Endodontic Journal*, 2007; 40:356–361.
50. Nusstein J. Ultrasonic dental device. United States Patent. 2005; 6: 935,948.
51. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod*. 1983; 9:289–92.
52. Alacam T. Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J*. 1987; 20:287–94.
53. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1998; 31:242–50.
54. Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J*. 2002; 35:418–21.
55. Cheung GS, Stock CJ. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J*. 1993; 26:334–43.
56. Cameron JA. Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J*. 1995; 28:47–53.

57. Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 1989; 22:21–8.
58. Abbott PV, Heijkoop PS, Cardaci SC, Hume WR, Heithersay GS. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J*. 1991; 24:308–16.
59. Fegan, S, Steiman, H. Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd: YAG laser irradiation: an in vitro study. *J Endod*. 1995; 21: 415–417.
60. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*. 1999; 32:32-39.
61. Tarci A, Arslan D, Kaya B. Effects of three different irrigating solutions and KTP laser irradiation on apical leakage: An electrochemical study. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2012; 70:377–383.
62. Matsumoto K. Lasers in Endodontics. *Dent Clin North Am*. 2000; 4:889-905.
63. Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K, Effects of pulsed Nd: YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *International Endodontic Journal*. 2000; 33:266–271.

64. Peeters H, Suardita K. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: Yttrium, Scandium, Gallium Garnet Laser. *J Endod*. 2011; 37:1585-1589.
65. Feynman Richard. An introduction to electron microscopy. *FEI*. 2010; 21-25.
66. Kennedy W, Walker W, Gough R. Smear layer removal effects on apical leakage. *JOE*. 1986; 12:21-27.
67. White R, Goldman M, Peck S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *JOE*. 1984; 10:558-562.
68. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994; 78:359-367.
69. Hasheminia S, Birang R, Feizianfard M, Nasouri M. A Comparative Study of the Removal of Smear Layer by Two Endodontic Irrigants and Nd:YAG Laser: A Scanning Electron Microscopic Study. *ISRN Dentistry*. 2012; 1-7.
70. Ashraf H, Asnaashari M, Darmiani S, Birang R. Smear Layer Removal in the Apical Third of Root Canals by Two Chelating Agents and Laser: A Comparative in vitro Study. *IEJ Iranian Endodontic Journal*. 2014; 9:210-214.
71. Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Zehir C, Kurudirek M. Evaluation of root canal dentine after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different

- irrigation solutions: a preliminary study. *Journal of Endodontics*, 2008; 34: 318–321.
72. Moogi P, Rao R. Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Conserv Dent*. 2010; 13(2):84-88
73. Moshonov J, Orstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M. Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endod Dent Traumatol*. 1995;11: 220-24.
74. Stabholz A, Kettering J, Neev J, Torabinejad M. Effects of the XeCl excimer laser on *Streptococcus mutans*. *JOE*. 1993; 19:232-5.
75. Rooney J, Midda M, Leeming J. A laboratory investigation of the bactericidal effect of a Nd:YAG laser. *Br Dent J*. 1994; 176:61-4.
76. Roy B, Trainar A, Severin C, Chippaux C. Effect bactericide in vitro of a laser Nd-YAG pulse. *Endo*. 1994; 13:25-32.
77. Dederich D, Zakariasen K, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentine following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *Journal of Endodontics*. 1984; 10: 428-31.
78. Goodis H, White J, Moskowitz E, Marshall S. Root canal system preparation: conventional versus laser method in vitro. *Journal of Dental Research*. 1992; 71: 162.
79. Goff A, Dautel A, Guigand M, Vulcain J, Bonnaure M. An Evaluation of the CO₂ Laser for Endodontic Disinfection. *Journal of Endodontics*. 1999; 25: 105-108.

80. Onal B, Ertl T, Siebert G, Muller G. Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibres: a scanning and transmission electron microscopic study. *Journal of Endodontics*. 1993; 19:272-6.
81. Takahashi K, Machida T, Kimura Y, Matsumoto K. The morphological study of root canal walls with Er:YAG laser. *Journal of Japan Endodontic Association*. 1996; 17:197-203.
82. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1998; 24(8) 548-551.
83. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: Results of microbiologic infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int*. 1997; 28:205-9.
84. Kreisler M, Kohnen W, Beck M, et al. Efficacy of NaOCl/H₂O₂ irrigation and GaAlAs laser in decontamination of root canals in vitro. *Lasers Surg Med* 2003; 32:189-96.