

Bucaramanga, Junio 3 de 2017

Señores:

BIBLIOTECAS

Universidad Santo Tomás
Bucaramanga

Estimados Señores:

Nosotros, **LUISA FERNANDA DIAZ REVELO, IVONE ALEJANDRA GONZALEZ Y FEDERICO ALEJANDRO VACCA ARIZA**, identificados con Cédula de Ciudadanía No. **53.124.163, 1.121.835.769, 14.799.094**, autores del trabajo de grado titulado: **EFFECTO DE LA ACTIVACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN CON EL LÁSER (ER, CR: YSGG), SOBRE LA MICRODUREZA DE LA DENTINA RADICULAR**, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de **ESPECIALISTA EN ENDODONCIA**, autorizo al CRAI-Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, Bucaramanga para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad representado en este trabajo de grado, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional *Porticus* en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Santo Tomás.
- Se permite la consulta, reproducción parcial, total o cambio de formato con fines de conservación, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Cordialmente,

LUISA FERNANDA DIAZ
C.C. No. 53.124.163 de Bogotá
Villavicencio

Correo Electrónico: luisadiazr1985@hotmail.com
alejagof@hotmail.com

IVONE ALEJANDRA GONZALEZ
C.C. No.1.121.835.769 de

Correo Electrónico:

FEDERICO ALEJANDRO VACCA ARIZA
C.C. No. 14.799.094 de Tuluá
Correo Electrónico: fedevacca094@hotmail.com

El trabajo de grado, **“EFEECTO DE LA ACTIVACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN CON EL LÁSER (ER, CR: YSGG), SOBRE LA MICRODUREZA DE LA DENTINA RADICULAR”** realizado por los investigadores Luisa Fernanda Díaz, Ivone Alejandra González, Federico Alejandro Vacca Ariza; ha sido aprobado como requisito para optar al título de especialista en Endodoncia.

Dra. Patricia Becerra
Especialista en endodoncia

Dra. Johanna Hernández
Especialista en endodoncia

Dra. Diana Parra Galvis
Especialista Epidemiología

Dra. Vicky Ortiz
Especialista en endodoncia
Jurado Calificador

Dra. Patricia Becerra Buitrago
Directora del programa especialización en endodoncia

Bucaramanga, 3 de Junio de 2017

SEÑORES

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

CIUDAD

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos presentar la tesis titulada “**EFFECTO DE LA ACTIVACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN CON EL LASER (ER,CR;YSGG), SOBRE LA MICRODUREZA DE LA DENTINA RADICULAR**”, realizado por los doctores Luisa Fernanda Díaz, Alejandra González Forero, Federico Alejandro Vacca Ariza, Residentes del programa de Especialización en Endodoncia de la Universidad Santo Tomás, Facultad de Odontología – Bogotá, como requisito para optar al título de Especialista en Endodoncia, dirigido por la Dra. Johanna Hernández y la Dra. Patricia Becerra, la asesoría metodológica de la Doctora, Diana Parra.

Atentamente,

Asesora Científica Doctora. Johanna Hernández

Asesora Científica Doctora. Patricia Becerra

Asesora Metodológica Doctora Diana Parra

Luisa Fernanda Díaz Revelo

Alejandra González Forero

Federico Alejandro Vacca Ariza

Bogotá, 3 de Junio de 2017

SEÑORES

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

CIUDAD

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos presentar la tesis titulada “**EFFECTO DE LA ACTIVACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN CON EL LASER (ER,CR;YSGG), SOBRE LA MICRODUREZA DE LA DENTINA RADICULAR**”, realizado por los doctores Luisa Fernanda Díaz, Alejandra González Forero, Federico Alejandro Vacca Ariza, Residentes del programa de Especialización en Endodoncia de la Universidad Santo Tomás, Facultad de Odontología – Bogotá, como requisito para optar al título de Especialista en Endodoncia, dirigido por la Dra. Johanna Hernández y la Dra. Patricia Becerra, la asesoría metodológica de la Doctora, Diana Parra.

Atentamente,

Asesora Científica Doctora. Johanna Hernández

Asesora Científica Doctora. Patricia Becerra

Asesora Metodológica Doctora Diana Parra

Luisa Fernanda Diaz Revelo

Alejandra Gonzalez Forero

Federico Alejandro Vacca Ariza

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

EFFECTO DE LA ACTIVACIÓN DE UN PROTOCOLO DE IRRIGACIÓN CON EL LÁSER
(ER, CR: YSGG), SOBRE LA MICRODUREZA DE LA DENTINA RADICULAR

EFFECT OF ACTIVATION OF A PROTOCOL OF IRRIGATION WITH LASER (ER, CR:
YSGG), ON THE MICROHARDNESS OF ROOT DENTIN

Luisa Fernanda Díaz Revelo
Alejandra González
Federico Alejandro Vacca Ariza

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Endodoncia

Directoras
Dra. Patricia Becerra
Odontóloga Colegio Odontológico Colombiano
Especialista en Endodoncia Colegio Odontológico Colombiano

Dra. Johanna Hernández
Odontóloga Universidad Santa Rita de Venezuela
Especialista en Endodoncia Universidad Santo Tomas

Asesora Metodológica
Dra. Diana Parra Galvis
Odontóloga Especialista en Epidemiología

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga
Facultad de Odontología
Posgrado Endodoncia extensión Bogotá
2017

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Justificación	11
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Irrigación	13
2.2 Mecanismos de activación	14
Técnicas manuales	14
Técnicas mecánicas	15
2.3 Morfología de la dentina	16
2.4 Láser	18
2.5 Métodos para evaluar microdureza	20
3. OBJETIVO	21
3.1 Objetivo General	21
3.2 Objetivo Específico	21
4. MÉTODO	22
4.1 Tipo de estudio	22
4.2 Muestra	22
4.3 Criterios de inclusión	22
4.4 Criterios de exclusión	22
4.5 Variables	22
4.6 Procedimiento	22
5. RESULTADOS	24
6. DISCUSIÓN	26
6.1 Conclusiones	28
6.2 Recomendaciones	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
APÉNDICE	32

RESUMEN

Objetivo: El propósito de este estudio fue determinar el efecto de la activación de un protocolo de irrigación con el Láser Erblio, Cromo: Itrio-Escandio-Granate-Galio (ErCr:YSGG) sobre la microdureza de la dentina radicular. **Método:** 23 dientes unirradiculares fueron extraídos y divididos longitudinalmente: 46 mitades analizados con durímetro de Vickers. Los grupos 2,3, 4 fueron irrigados y activados a 2 mm de la longitud de trabajo, por 60 seg, posteriormente inactivados con agua destilada e irrigados con EDTA 17 %. Grupo1: irrigación con solución salina. Grupo 2: NaOCl 5.25 % activación sónica (Endoactivator), Grupo 3: NaOCl 5.25 % activación Ultrasónica. Grupo 4: NaOCl 5.25 % activación con láser Er,Cr:YSGG con refrigeración constante. Se utilizó un test de ANOVA con una significancia estadística del 95 %. **Resultados:** Se encontró diferencias significativas en la microdureza de la dentina radicular entre los grupos experimentales y el grupo de solución salina. No se observó diferencia significativa entre los grupos de activación. Se encontró una diferencia en las medianas entre los grupos experimentales, siendo cualitativamente significativo en el tercio coronal. **Conclusiones:** La activación del hipoclorito de sodio al 5,25% utilizando diferentes métodos de agitación mostró una disminución en la microdureza de la dentina radicular, siendo el láser ErCr:YSGG seguro para la activación bajo los parámetros utilizados en el presente estudio.

Palabras clave: Hipoclorito de sodio, EDTA, Irrigante, microdureza, Durímetro de Vickers, Laser ErCr:YSGG, Ultrasonido, Endoactivator

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to determine the effect of the activation of an irrigation protocol with the Erbium Chromium: itrio-scandium-garnet-gallium (ErCr:YSGG) laser on the microhardness of root canal dentin. **Method:** 23 teeth unirradicular were extracted and longitudinally divided in 46 halves analyzed with Vickers hardness. Group 1: irrigation with saline solution. Group 2,3,4 were irrigated and activated at 2mm working length for 60 sec, later inactivated with distilled water and irrigated with 17% EDTA. Group 2: 5,25% NaOCl and sonic activation (Endoactivator), Group 3: 5,25% NaOCl and ultrasonic activation , Group 4: 5,25% NaOCl and activation with ErCr:YSGG laser with constant cooling. An ANOVA test with a statistical significance of 95% was used. **Results:** Significant differences were found in the microhardness of the root dentin between the experimental groups and the saline solution group. The difference between the activation groups was nor observed. A difference was found in the medians between the experimental groups, being qualitatively significant in the coronal third. **Conclusion:** Activation of sodium hypochlorite at 5,25% using different methods of agitation showed a decrease in the microhardness of root canal dentin, being the ErCr:YSGG laser safe for use in activation under the parameters used.

Keyword: Sodium hypochlorite, EDTA, irrigating, Microhardness, Vickers Hardness Test, ErCr:YSGG laser, ultrasonic, Endoactivator.

1. INTRODUCCION

El éxito del tratamiento de endodoncia se basa en la limpieza, conformación y selle tridimensional del sistema de conductos radiculares, mediante una preparación quimicomecánica, buscando alcanzar un espacio libre de bacterias; sin embargo, debido a una compleja anatomía radicular, la instrumentación biomecánica tanto manual como rotatoria y los irrigantes por si solos no logran una completa desinfección de los conductos radiculares. (1)(2).

Actualmente no hay un irrigante que cumpla con todas las características ideales tales como: un amplio espectro antimicrobiano, inactivación de endotoxinas, remoción del barrillo dentinario, disolución de materia orgánica, baja toxicidad, no ser alergénico y carcinogénico. Por lo tanto, se han propuesto protocolos de irrigación donde cada sustancia cumple una función en la desinfección del sistema de conductos radiculares. (2 3)(4). El hipoclorito de sodio es el irrigante más usado en Endodoncia debido a su amplio espectro antimicrobiano y su capacidad de disolver tejido vital y necrótico. El ácido etilendiaminotetracético (EDTA) es un quelante utilizado también en el protocolo de irrigación en Endodoncia para remover el barrillo dentinario y actúa sobre la matriz inorgánica de la dentina radicular. (2)(3)

El mecanismo de acción de los irrigantes depende del tiempo, concentración y volumen que se utilicen durante el tratamiento. Además la penetración del irrigante a zonas de difícil acceso por la morfología anatómica de los conductos radiculares como istmos, conductos laterales, depende de un flujo dinámico del irrigante dentro del espacio del conducto radicular. Por esta razón, los irrigantes requieren de una activación o agitación por medio de diferentes métodos entre ellos ultrasónicos y sónicos, los cuales mejoran la difusión de los irrigantes, haciendo que estos puedan tener mayor penetración en las irregularidades anatómicas y así alcanzar la desinfección del conducto radicular. (5)(6)

Una de las técnicas más recientes para la activación de los irrigantes en Endodoncia, es el uso del Láser mediante la técnica LAI (laser activated irrigation), en la cual se introduce la fibra del láser a 2 o 5mm del ápice. Los láseres más utilizados en Endodoncia han sido los Erbium, neodimio y el láser diodo. El láser ErCr-YSGG presenta una longitud de onda de 2780nm, el cual se encuentra en luz infrarroja, siendo altamente absorbida por el agua y la hidroxiapatita. Fue aprobado en el 2002 para su uso en endodoncia y se ha utilizado para la activación de los irrigantes ya que se ha comprobado que mediante una fibra óptica, tiene la capacidad de formar burbujas elípticas que se expanden a través de los túbulos dentinarios y causar expansión de estas burbujas 1600 veces más del volumen original, permitiendo que el irrigante tenga mayor penetración e impacte las paredes del conducto. (7)(8)(9)

Estudios han reportado las desventajas que presentan los irrigantes sobre las propiedades mecánicas y físicas de la dentina radicular, aumentando el riesgo de fractura radicular. El hipoclorito de sodio al 5% tiene efectos negativos ya que se ha reportado que degrada la matriz orgánica, específicamente el colágeno tipo 1, afectando la microdureza de la dentina radicular. El EDTA al 17% tiene un impacto sobre la matriz inorgánica de la dentina debido a su acción desmineralizante. El uso prolongado de ambos irrigantes reduce significativamente la microdureza de la dentina radicular y genera cambios morfológicos como la erosión de la dentina. (10)(11)(12)(13)

El uso del láser Er Cr-YSGG también ha reportado generar cambios morfológicos en la dentina radicular tales como carbonización, selle de túbulos dentinarios y grietas identificado bajo Microscopio Electrónico de barrido (SEM) cuando se aumenta la temperatura y la potencia del láser. Sin embargo, no se han reportado sus efectos sobre la microdureza de la dentina radicular luego de la activación de los irrigantes. (14)(15)(16)

La dureza se define como la resistencia de un material a la deformación permanente y usualmente se puede medir por test de abrasión, test de marcas o test de indentación. En este estudio se utilizó el test de indentación mediante un instrumento conocido como Durímetro de Vickers el cual tiene una carga que varía de 1 -120kg y se caracteriza por presentar un penetrador en forma de pirámide de diamante con un ángulo base de 136°, generándose una huella en la superficie del material (17)(18)(19).

Debido a que no se han reportado estudios sobre los efectos del uso del láser ErCr:YSGG a nivel de las propiedades físicas de la dentina radicular, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la activación de un protocolo de irrigación con el Láser Erblio, Cromo: Itrio-Escandio-Granate-Galio (ErCr:YSGG) sobre la microdureza de la dentina radicular.

1.1 Planteamiento del problema

La limpieza y conformación del conducto radicular durante el tratamiento endodóntico tiene como uno de sus objetivos lograr la desinfección del canal radicular mediante el principio de remoción de tejido vital y necrótico, microorganismos y sus subproductos, generando un espacio libre de bacterias, para el selle y obturación de los mismos. Sin embargo, la instrumentación manual o rotatoria, en combinación con irrigantes químicamente inertes dejan zonas sin tratar y con microorganismos que disminuyen el éxito del tratamiento endodóntico. (1)(2)

En la actualidad no hay un irrigante que cumpla con todas las características ideales tales como: amplio espectro antimicrobiano, inactivación de endotoxinas, remoción del barrillo dentinario, disolución de materia orgánica, baja toxicidad y no ser alergénico ni carcinogénico; por lo que se utilizan diferentes tipos de soluciones químicas. (2)(4).

El hipoclorito de sodio (NaOCl), es el principal irrigante usado en la actualidad por su capacidad de disolución de tejido vital y necrótico; no obstante, se han reportado sus efectos sobre la microdureza de la dentina radicular, ya que degrada el colágeno tipo I, causando efectos indeseables sobre la matriz orgánica de la dentina, la cual contribuye con sus propiedades mecánicas. (11)(12). Así mismo el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) se ha utilizado como irrigante final para remover el barrillo dentinario de las paredes del conducto radicular y mejorar la adhesión con los cementos de obturación. Sin embargo, su efecto desmineralizante asociado a la remoción de los iones calcio pertenecientes a la matriz inorgánica de la dentina genera erosión afectando así su microdureza. (1)

La dureza se define como la resistencia de un material a la deformación permanente. Se ha reportado que la dureza de la dentina depende de su localización, de la medida con respecto al esmalte y a la pulpa; la dentina posee componentes entre los que se encuentran el colágeno, calcio y agua encargados de la dureza y rigidez. Estas propiedades se ven afectadas durante la

preparación quimicomecánica, afectando así la microdureza que puede llegar a producir fisuras aumentando el riesgo a fracturas radiculares. (3)(4)

A pesar de los efectos adversos de los irrigantes sobre la composición química de la dentina radicular, éstos son necesarios para la eliminación del biofilm y del barrillo dentinario en zonas de difícil acceso; con el uso de una jeringa convencional no se logra el objetivo total de desinfección. Por esta razón se han desarrollado diferentes protocolos de irrigación para mejorar la interacción de los irrigantes con la anatomía irregular de los conductos radiculares como istmos, conductos laterales y deltas apicales, generando una irrigación efectiva a través de su agitación mecánica. Entre estos esta el Endoactivator el cual es un dispositivo de activación sónica utilizado para ayudar en la limpieza de los conductos radiculares debido a que se genera la agitación del irrigante a través de un fenómeno hidrodinámico que remueve el barrillo dentinario y el biofilm. (8)

El uso del láser en Endodoncia representa una innovación en la activación o agitación de los irrigantes, siendo una terapia complementaria y efectiva de la desinfección de los conductos radiculares. El Er,Cr: YSGG es un láser con una longitud de onda de 2780 nm que emite la luz mediante un sistema de fibra óptica con un haz de luz pulsada. Cada pulsación del láser genera un colapso y expansión de vapor que puede penetrar hasta 1000 micras dentro de los túbulos dentinales, generándose ondas acústicas que pueden ser suficientemente fuertes para alterar y remover las bacterias intratubulares. (9).

Estudios han reportado la eficiencia del láser Er, Cr:YSGG en eliminar bacterias intraconducto y sus efectos antimicrobianos (14). Sin embargo, no existen reportes de la influencia que podría tener la activación de los irrigantes sobre la microdureza de la dentina radicular debido al aumento de temperatura y al mayor alcance de los irrigantes de penetrar a los túbulos dentinarios.

1.2 JUSTIFICACION

Existen protocolos de irrigación los cuales se activan por medio de diferentes métodos de agitación, entre ellos los ultrasónicos y sónicos, los cuales aumentan las propiedades de los irrigantes, ayudando en la limpieza y desinfección del conducto radicular que determina el éxito o fracaso del tratamiento de endodoncia.(5)

La secuencia de irrigación con NaOCl al 5.25% y EDTA 17% tienen un impacto sobre las paredes de la dentina radicular generando una erosión y alteración en la composición química y estructural de la dentina (7). Sin embargo, en cuanto a la eficacia de remoción del barrillo dentinal, estudios han reportado que comparando la irrigación pasiva ultrasónica (PUI) con la irrigación activada con láser en tiempos diferentes por 4 y 5 segundos intermitentes, la diferencia encontrada fue significativa, mostrando que las técnicas usadas con la activación del láser fueron más eficientes comparadas con las técnicas PUI. (13)

Otros estudios reportan una disminución de la carga bacteriana en conductos infectados después de la activación con láser comparada con la activación ultrasónica y la irrigación convencional, específicamente la desinfección con la activación del láser fue superior en el tercio apical ya que mostró significativamente menos bacterias, barrillo y tejido necrótico remanente después de la activación del irrigante con el láser. (7)

Las ondas de presión generadas por el láser utilizando puntas específicas, fijadas a la pieza de mano del Er,Cr:YSGG, mejora la acción de los irrigantes endodónticos y la eliminación de la capa de barrillo dentinario debido a que el irrigante puede alcanzar profundidades mayores en los túbulos dentinarios por la formación de grandes burbujas elípticas, generándose un vapor caliente cargado de energía que produce la implosión y expansión de burbujas sobre la superficie de los conductos radiculares (7). Sin embargo, se han reportado estudios donde observaron fisuras y carbonización en el canal radicular en muestras irradiadas por el láser Er,Cr:YSGG sin refrigeración. Además no existen reportes de los efectos del irrigante al llegar a mayores profundidades de los tubulos dentinarios sobre la matriz orgánica e inorgánica de la dentina radicular (5)(14).

2. MARCO TEORICO

2.1 Irrigación

Uno de los objetivos del tratamiento endodóntico es la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. El éxito de éste depende de la eliminación de microorganismos alojados dentro del sistema de conductos; por lo tanto, la inadecuada eliminación de estos causaría un fracaso endodóntico. La efectividad de la limpieza resulta de la preparación quimicomecánica, puesto que la instrumentación ya sea manual o rotatorio solo limpia la parte central del conducto radicular debido a su compleja anatomía, podremos encontrar istmos y deltas apicales quedando sin limpiar después de la preparación. Paters y col. demostraron que la instrumentación mecánica deja aproximadamente de 35% a 40% de las paredes del conducto radicular sin preparar, dejando áreas con restos de tejido vital o necrótico, células sanguíneas y subproductos que se alojan en las zonas donde no se alcanza la preparación biomecánica.

El irrigante cumple un papel importante en la preparación quimicomecánica debido a que puede alcanzar zonas inaccesibles que son más frecuentes en el tercio apical donde se alojan bacterias y microorganismos que pueden llevar al fracaso endodóntico. ⁽²⁾⁽¹²⁾⁽³³⁾ Por medio de la irrigación se busca lubricar, remover y eliminar microorganismos presentes en el conducto radicular, disolver tejido y eliminar el barrillo dentinal.

Históricamente en Endodoncia se han desarrollado varias soluciones irrigantes, las cuales deben cumplir algunas características para considerarse el irrigante ideal de uso endodóntico. El irrigante debe ser de amplio espectro antimicrobiano, tener sabor agradable, ser de fácil almacenamiento, no pigmentar los tejidos dentales, baja tensión superficial, baja toxicidad y no causar reacciones alérgicas; no obstante, en la actualidad no contamos con un irrigante que cumpla con todas estas propiedades. Es por esta razón que a través del tiempo se han utilizado diferentes tipos de sustancias, entre ellas el hipoclorito de sodio, el EDTA, la clorhexidina con el fin de aprovechar sus propiedades. ⁽²⁾⁽¹²⁾⁽³³⁾

Desde el año 1920 se ha utilizado el hipoclorito de sodio como irrigante en endodoncia debido a su composición química la cual ayuda a disolver tejido vital y necrótico; además posee un amplio espectro antimicrobiano, contando con un pH alcalino y su efecto depende de la concentración en que se utilice. Sus desventajas son: sabor desagradable, irritante si se extruye hacia los tejidos periapicales, no tener efectividad para retirar el barrillo dentinario. Se ha reportado que su toxicidad asciende a medida que se aumenta su concentración afectando la microdureza de la dentina radicular degradando el colágeno tipo I y produciendo efectos indeseables sobre la matriz orgánica, la cual contribuye con las propiedades mecánicas de la dentina radicular. ⁽²⁾⁽³⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

Las soluciones quelantes como el EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), se recomiendan durante la terapia endodóntica para ayudar en la preparación de conductos estrechos y calcificados; es muy eficaz en la disolución del barrillo dentinal y afecta la matriz inorgánica de la dentina. Tang y col. en el 2010 reportaron que el uso por 1 minuto es eficiente para remover el barrillo dentinal, pero si se aumenta la exposición hasta 10 minutos causa erosión de la dentina del canal radicular. ⁽¹⁰⁾

Dentro de los protocolos de irrigación usados en la terapia endodóntica, se recomienda la secuencia de irrigación con hipoclorito de sodio y el EDTA, para que en conjunto ayuden a

eliminar tejido orgánico e inorgánico. Sin embargo, esta secuencia de irrigación con NaOCl al 5.25% y EDTA al 17% tiene un impacto sobre el nivel de erosión de las paredes de la dentina radicular generando una alteración en la composición química y estructural de la dentina.

(2)(3)(10)(11)(12)

Es importante que los irrigantes entren en contacto con todas las paredes del conducto radicular, en particular deben alcanzar el tercio apical debido a que allí se encuentran la mayor cantidad de ramificaciones. Por esta razón, existen diferentes técnicas de activación de los irrigantes que ayuden a remover el barrillo dentinal y aumentan la efectividad y penetración de la solución.

(34)(33)

2.2 Mecanismos de agitación del irrigante

La remoción de los tejidos vitales y necróticos durante la terapia endodóntica es una parte esencial para lograr un tratamiento exitoso. Esto se logra por medio de un proceso quimicomecánico compuesto por la instrumentación y el uso de irrigantes. Para mejorar el alcance de los irrigantes a zonas de difícil acceso y a la compleja anatomía radicular se han implementado mecanismos para activar y agitar el irrigante usado en la terapia endodóntica.

Estos sistemas se dividen en dos grandes categorías; sistemas de agitación manual y sistemas de agitación mecánica. (34)(33)

- **Técnicas de agitación manual encontramos:**

- a. *Irrigación con jeringa aguja/cánulas*

Es la técnica de irrigación convencional, conocida también como irrigación pasiva, se utilizan agujas de varios calibres y diseños, que nos permiten evitar la extrusión del irrigante al tejido periapical y a su vez buscar que el irrigante penetre y fluya dentro de los túbulos dentinales y ayude en la expulsión de los detritos o debris, esto se logra introduciendo la aguja suavemente sin forzar, se realizan movimientos lentos de entrada y salida de la aguja. Es considerada como una técnica deficiente ya que el irrigante no alcanza las zonas de difícil acceso localizadas en el tercio apical. (33)(34)

- b. *Cepillos*

No son usados directamente para la penetración del irrigante en el los túbulos dentinales, ellos trabajan conjuntamente con el irrigante para limpiar las paredes del conducto y producir la agitación del irrigante dentro del conducto radicular (34)

- c. *Agitación manual dinámica*

Esta técnica se realiza después de instrumentar donde se introduce el cono de gutapercha con movimientos de impulsión tracción produciendo un efecto hidrodinámico el cual logra un mejor desplazamiento y fluidez del irrigante, provocando una turbulencia la cual se hace por los grados de presión generados por los movimientos del cono de gutapercha, también nos ayuda a romper

la burbuja de vapor que se forma por la mezcla de componentes químicos de los irrigantes y material orgánico ⁽³⁴⁾

- **Técnicas de activación mecánica encontramos:**

- a. *Irrigación sónica*

Desde el año 1984, utilizaban aparatos de baja frecuencia que realizaban movimientos oscilatorios utilizando puntas dentro del conducto que hacían movimientos de entrada y salida, provocando vibraciones y movimientos longitudinales que lograban que el irrigante tuviera un mejor desplazamiento. Esto se conoce como un efecto hidrodinámico. Estudios realizados demuestran que al activar el irrigante por 60 segundos resulta una buena desinfección del canal radicular eliminando más restos de dentina contaminada, dentro de esta técnica está el Endoactivator. La energía sónica opera en una frecuencia de 1-6 hertz y produce una oscilación mínima que puede ser considerada efectiva para la remoción de debris de conductos laterales, remover el barrillo dentinario y desalojar el biofilm. La punta en vibración en combinación con movimientos de entrada y salida del conducto produce sinérgicamente un fenómeno hidrodinámico. ⁽³⁴⁾

- b. *Irrigación ultrasónica*

Debido a que el ultrasonido produce altas frecuencias oscilatorias transversales, se tiene como ventaja una mayor penetración del irrigante, eliminación de la burbuja de vapor, eleva la temperatura de la solución de 2-5 grados y ayuda en la eliminación del biofilm. El término PUI (passive ultrasonic irrigation) se refiere a una activación del irrigante sin instrumentación, con un instrumento no cortante que trasmite una energía oscilante que opera en una frecuencia de 35-30 hertz, induciendo a la formación de ondas acústicas y la cavitación del irrigante. ⁽³³⁾⁽³⁴⁾

- c. *Activación con laser*

Una de las alternativas más reciente para la activación de los irrigantes es la utilización del láser, el cual tiene una alta efectividad en la eliminación del barrillo dentinal, en la limpieza de las paredes del conducto. El uso del láser en diferentes longitudes de ondas se han propuesto para complementar la irrigación convencional, debido a que existe una interacción del láser con las paredes de la dentina radicular basada en la absorción de energía por la dentina, microorganismos y barrillo dentinario, generándose la evaporación y contracción de debris y de efectos térmicos sobre microorganismos. La fibra de láser debe ser introducida dentro del conducto en un movimiento de entrada y salida, el cual expone el haz de luz a todas las paredes del conducto radicular. Se ha reportado que el láser es más eficaz en la eliminación de los detritos comparado con las técnicas ultrasónicas donde encontraron una alta efectividad en la remoción del barrillo durante la activación por 20 segundos. ⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾⁽³⁵⁾

Las características del efecto de cavitación en la técnica LAI que se han observado son: inicio de la burbuja cuando la energía del pulso es mayor, el inicio de la implosión ocurre cuando la energía de la pulsación es mayor, a mayor energía de la pulsación del láser, después de la implosión de la primera burbuja, una segunda burbuja es visible la cual colapsa luego y por

ultimo usando la misma potencia de energía del láser, la dimensión de las burbujas son mayor a medida de que el diámetro de la fibra aumenta, indicando que menos energía es transmitida cuando la fibra es más pequeña.

2.3 Morfología De La Dentina

a. Propiedades mecánicas de la dentina

La dentina es un tejido conectivo mineralizado semejante al hueso, formada por diferentes tipos celulares, en su mayoría odontoblastos. (21)

Presenta un 70 % de material inorgánico compuesto por hidroxiapatita, en un 10% de agua y en un 20% de material orgánico compuesto por proteínas. El colágeno tipo I forma una red en la cual los odontoblastos son los encargados de transportar el calcio, regular el inicio y la velocidad de su mineralización, siendo factores que contribuyen a la diferenciación celular.

La dentina se clasifica según su ubicación en primaria, secundaria y terciaria caracterizada por la presencia de túbulos dentinarios que tienen un diámetro entre 1 y 2.5 μm . En cuanto a las fases en su formación se diferencian en manto de dentina, dentina extracelular mineralizada, intertubular y peritubular.(21)

La dentina Peritubular se encarga de cubrir las paredes internas de los túbulos. Es más mineralizada y se caracteriza por poseer menos fibras colágenas por lo tanto es más dura. La dentina Intertubular constituye la mayor parte de la dentina está compuesta por más fibras colágenas y aportan resistencia tensional de la misma. La dentina radicular se forma a partir de las células epiteliales de la vaina epitelial de Hertwig la cual inicia la diferenciación de odontoblastos muy similar a la de la zona coronal, donde los túbulos dentinales disminuyen en gran parte en el tercio apical. (21)

Sin embargo, es de gran importancia establecer las propiedades mecánicas de la dentina ya que pueden presentarse cambios de acuerdo a la edad, restauraciones y fuerzas generadas durante la masticación que alteran su estructura. En cuanto a las propiedades se pueden describir su dureza, módulo de elasticidad, resistencia, y permeabilidad características a evaluar cuando se aplica un determinado irrigante con el fin de analizar si existen cambios considerables. Pashley y col en 1985 reportaron que hay una correlación inversa entre la microdureza de la dentina y la dentina tubular y la determinación de la microdureza de la dentina puede proveer una evidencia indirecta de la pérdida o ganancia de mineral, por lo tanto el grado de mineralización y la cantidad de la hidroxiapatita en la dentina intertubular son factores considerables para determinar la dureza de la dentina. (21)

La dureza se describe como la resistencia de un material a la deformación permanente y están relacionados con el módulo de elasticidad y generación de estrés. Perinka y col en 1992 reportaron que sus valores oscilan entre 250 y 800 mpa dependiendo de su localización. La dureza de la dentina radicular es más baja que la de los otros tercios con valores entre 392 a 735 MPa, siendo diferentes tercios. (21)(39)

El módulo de elasticidad es el resultado de la tensión aplicada a un material y la deformidad que se pueda producir ante su capacidad de recuperarse después de retirarlo. Su importancia radica en que compensa la rigidez del esmalte y amortigua el choque masticatorio, (Sano y col en 1995), por otra parte Kinney y col en el 1996 afirmaron que esta puede variar de acuerdo a la cantidad de agua y sustancia orgánica contenida. (21)

Por estas razones se realizaron estudios comparativos para evaluar la remoción del barrillo dentinal y erosión en la dentina intrarradicular en la zona apical con tres soluciones irrigantes a través de evaluación de microscopia electrónica dando como resultado un bajo porcentaje en cuanto a su remoción realizada con MTAD-17%, EDTA-42%, ACIDO CITRICO-5,25%, NAOCL,5.25% como grupo control, sin embargo en el grupo 1 y 2 fue significativa comparado con el grupo 4 pero la erosión no pudo ser evaluado dando como resultado que no hubo suficientes protocolos para concluir. (40)

Quian y colaboradores en el año 2011 evaluaron el tiempo de exposición de cada irrigante para considerar los efectos de la erosión a través de un análisis cuantitativo aplicado con diferentes soluciones irrigantes variando el tiempo de exposición de cada irrigante en 5 grupos irrigados con EDTA17%, EGTA 10% (ácido etilenoglicoltetracetico), ácido cítrico (CA) e NAOCL al 5.25% los resultados arrojaron que no se encontró erosión en la dentina después de NaOCl sin embargo la erosión de la dentina peritubular e intertubular fue detectada cuando se usó por primera vez EDTA con NaOCl como irrigante final.. Las aperturas tubulares fueron ligeramente mayores cuando CA fue utilizado después de NaOCl que cuando se utilizó EDTA o EGTA como enjuague final, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas. La erosión de peritubular y la dentina intertubular se detectó cuando 17% EDTA 17% EGTA, o 10% CA fueron utilizadas como el enjuague inicial (incluso de 1 minuto) seguido de un 5,25% NaOCl los Orificios de los túbulos dentinales fueron irregulares. Extendiendo el tiempo del agente de desmineralización (EDTA, EGTA o CA) el hipoclorito aumentó la severidad de la erosión Esta erosión en algunas regiones había resultado de la fusión de los túbulos adyacentes y exposición de las estructuras tubulares especialmente en el grupo de NaOCl- CA No hubo diferencias significativas entre EDTA 17%, 17% EGTA, o 10% CA (5 minutos) cuando se utilizaron después de NaOCl. (35)

Otros estudios evaluaron el efecto del NaOCl en la microdureza de la dentina evaluado en 7 grupos en soluciones de hipoclorito de sodio al 2,5%y al 6% durante varios periodos de irrigación. Las muestras experimentales se irrigaron continuamente con 6% o 2.5% NaOCl para 5, 10 o 20 minutos, la microdureza se midió a profundidades de 500 m, 1000 m y 1500 m del lumen: Una disminución de la microdureza fue encontrada a 500 metros entre el control y las muestras irrigadas con 6% NaOCl y 2.5% NaOCl (p p, 0,352 0,084 respectivamente) en todos los periodos. También hubo una diferencia significativa en grupos de irrigación para 10 o 20 min (p 0,001, p < 0,001 respectivamente). En todas las distancias, la disminución de la microdureza fue más marcada después de una irrigación con NaOCl al 6% que con irrigación al 2.5%. EL NaOCl marco una significativa diferencia en el descenso de la microdureza de los grupos irrigados con este como solución final. (41)

Los recientes reportes califican las alteraciones de las propiedades de la dentina responsable a las concentraciones del NaOCL, aunque no se concluye que la erosión sea el factor determinante en la afectación de las propiedades de la dentina la penetración del irrigante si podría ser la causa principal. Se evaluaron tres puntos de flexión se llevaron a cabo en dentina para evaluar su

resistencia a la flexión y módulo de elasticidad después de inmersión en 5 mL de agua (control), 1% NaOCl, 5% NaOCl o 9% NaOCl a 37 °C para las muestras de dentina adicional en 1 hora, fueron estudiados mediante análisis de microscopia electrónica (SEM) ligera tinción con fucsina básica.

La inmersión de dentina en 5 mL de 1% de NaOCl a 37 ° C durante 1 hora no causó respuesta significativa en su módulo de elasticidad o resistencia a la flexión en comparación con los correspondientes valores obtenidos con las muestras sumergidas en agua. Por el contrario, el hipoclorito al 5% y 9% reduce valores de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad por la mitad. Esto indicó un efecto dependiente de la concentración de hipoclorito en componentes orgánicos de la dentina. Se reveló que dependiendo de la concentración del hipoclorito de sodio afecta los componentes orgánicos de la dentina, las secciones de las muestras de tinción de fucsina demostraron que en la dentina previamente sumergida en agua, había penetración de tinte sólo a través de los túbulos. (42)

Otros estudios quisieron evaluar una relación entre la erosión y la microdureza de la dentina del conducto radicular después de la irrigación del canal con diferentes Irrigantes. Se evaluaron Setenta y dos conductos de dientes premolares humanos seleccionados y ampliados por sistema rotatorio de limas Protaper. La parte media de cada raíz fue seccionada transversalmente a un corte de 4 mm. Se midieron los valores de microdureza inicial de especímenes intactos a profundidades de 100 m y 500 m desde la interfaz pulpa-dentina usando un probador de microdureza Vickers. Las muestras se dividieron en 6 grupos de 12 muestras y fueron tratadas como sigue: (1): 2.6% NaOCl, (2):17 % EDTA (5 minutos) luego 2.6% NaOCl (5 minutos), (3):17 % EDTA (1 minuto) entonces 2.6% NaOCl (1 minuto), (4): MTAD (5 minutos), (5):2 % clorhexidina (5 minutos) y 6: solución fisiológica (control), respectivamente. De la misma manera que las iniciales se obtuvieron valores de microdureza postratamiento Luego, las muestras se prepararon para análisis de microscopia electrónica de barrido. La cantidad de dentina erosión fue examinada.

Los resultados arrojaron que en el Grupo 2 se evidenció el efecto más erosivo sobre la dentina junto con la menor disminución de la microdureza en la profundidad de 100 m, mientras que con MTAD mostraron más reducción de microdureza de la dentina y menos efecto erosivo sobre la dentina. Se puede concluir que la erosión no es el principal factor en la disminución de la microdureza de la dentina, mientras que la cantidad de irrigante y penetración podría ser la causa principal. (43)

Teniendo en cuenta que los tratamientos endodónticos han demostrado disminución de la dureza propensos a fracturas en un 14 % comparado con una dentina vital se ha generado controversia pues no es concluyente y la pérdida de estructura y aperturas extensas en la preparación podrían ser causales de fracturas.

La determinación de la microdureza puede determinar la pérdida o ganancia de compuestos minerales dentro del tejido duro del diente (44) Existen métodos para evaluar la microdureza de la dentina dentro de los cuales podemos encontrar el durimetro de vicker.

2.4 Láser

El láser es una amplificación de luz por emisión estimulada de radiación (Ligth Amplification by Stimulated Emission of Radiation), se han utilizado desde principios de los años 80, cada día han

logrado longitud de ondas y energías que son cada vez más eficaces con los tejidos funcionando con ciertas afinidades, este tipo de tecnología tiene como fin desarrollar una odontología menos invasiva. (36, 37)

La aplicación del láser en Odontología se basa por una serie de procesos físicos y biológicos que dependen de varios factores, ya que el láser emite una luz monocromática, unidireccional y coherente. La luz del láser al igual que la luz visible depende de principios básicos los cuales son la transmisión, reflexión, refracción y absorción, siendo este último el principio más importante ya que depende de la interacción con los tejidos a irradiar. (36, 37)

Dentro de la literatura dividen los láser en dos grandes grupos: laser de baja potencia que son los que se utilizaran por su acción bioestimulante, analgésica y antiinflamatoria; y los láser de alta potencia que son aquellos que producen efectos físicos visibles y en donde se considera como remplazo del bisturí o de instrumental rotatorio convencional. Los tipos más relevantes son los de CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG que a su vez son los más indicados para uso odontológico por ser laser de alta potencia. (36, 37)

En 1998 la FDA aprobó el uso del láser de Er,Cr:YSGG para su aplicación sobre los tejidos blandos y duros, utilizándose para tratamientos de cavidades para restauraciones, manejo periodontal y quirúrgico. En el 2002 fue aprobado para su uso en Endodoncia.

El láser de Er,Cr:YSGG es un láser de alta potencia que emite un rayo infrarrojo y tiene una longitud de onda de 2780 nanómetros. Utiliza un sistema de fibra óptica que emite la luz en pulsaciones entre 140 y 200 μ seg y una frecuencia de repetición de 20 Hz, que es constante (28). Es altamente absorbido por agua e hidroxiapatita, los cuales forman parte de los cromóforos que son moléculas encargadas de absorber la luz del láser en diferentes longitudes de onda. La potencia del láser puede variar entre 0.0W y 6 W, con la posibilidad de hacer incrementos sucesivos de 0,25W que determina el rango de trabajo o la energía usada sobre un período de tiempo. Blanken y Verdaasdonk fueron los primeros en reportar el efecto del láser Er,Cr:YSGG sobre los irrigantes, encontrando que se genera un movimiento del fluido después de cada pulsación del láser y visualizaron un efecto de cavitación que consistía en la expansión e implosión de burbujas de gas (38). Ebeling y luterborn observaron choque de ondas que se emiten del colapso de burbujas generado por cada pulsación del láser que se mueve a alta velocidad y que parece mejorar la acción de los irrigantes en la remoción de la remoción del barrillo dentinal. (36, 37)

Estudios han propuesto el empleo del láser en longitudes de onda diferentes para complementar los procedimientos de limpieza de los conductos radiculares; sin embargo, la dirección del rayo láser es unidireccional, lo que dificulta el acceso total a la pared de canal radicular, por lo que la fibra debe ser movida repetidamente en espiral y así alcanzar una mayor distribución de la energía a través del conducto radicular. George y col compararon las fibras adaptadas al láser con formas cónicas y rectas las cuales permitieron evaluar la capacidad de penetración del irrigante activado con el láser en la parte apical. La fibra cónica mostro mejor resultado en la eliminación del barrillo dentinario comparada con la fibra recta, ya que su punta permite la emisión del láser lateralmente, generando mayor capacidad de penetración del EDTA y aumentando su acción dentro de los túbulos dentinarios (35)

Estudios han reportado la eficacia del láser en la remoción del barrillo dentinario y en su capacidad de desinfección de los conductos radiculares. Peeters y Suardita (2011) revelaron que

a la combinación del láser con el irrigante crea burbujas de vapor las cuales causan una expansión del volumen del irrigante 1600 veces más, permitiendo que el irrigante acceda con mayor facilidad al tercio apical. Estas burbujas producidas colapsan y se vuelven inestables creando un efecto de implosión que genera un impacto en las superficies del canal radicular causando deformación y eliminación del biofilm de la dentina. (36, 37)

De Moor y col evaluaron la eficacia de la remoción de debris de dentina comparando el ultrasonido y el láser Er,Cr:YSGG, colocando la fibra del láser a 5mm de la longitud de trabajo, activándolo cuatro ciclos por 5 segundos sin remover la punta del conducto radicular. Por el contrario el ultrasonido fue activado por tres ciclos de 20 segundos a 1mm de la longitud de trabajo, concluyendo que si hubo diferencia significativa entre ambos grupos experimentales, especialmente en el tercio apical; además, el tiempo de activación del láser fue menor que el del ultrasonido. (8)

Schoop U. y col. evaluaron los efectos de la irradiación del láser Er, Cr:YSGG sobre muestras bacteriológicas y midieron la temperatura al momento de la activación de los irrigantes con la fibra del láser a la longitud de trabajo observando una disminución del *Enterococcus Faecalis* a lo largo de la longitud radicular comparado con el grupo control lo que demostró una mejoría en cuanto a la desinfección del conducto radicular. Con respecto a la temperatura se encontró que hubo un aumento de 1,3 °C con una potencia de 0.6 W máxima alcanzada fuera del conducto radicular y un aumento de 1,6°C con una potencia 0.9 W lo que excluía daños en los tejidos periodontales. (16).

Daños térmicos sobre los tejidos periodontales ha sido una inquietud cuando se usa el láser en endodoncia. Estudios han intentado encontrar los límites seguros para poder usar el láser sin causar aumentos de temperatura mayor de 37° C. En el estudio de Yamasaki encontraron cambios en la microestructura de la dentina mediante el uso de microscopia electrónica de barrido (SEM) cuando fue irradiada con o sin agua tales como grietas y carbonización de la dentina; sin embargo, la remoción del barrillo dentinario y de los debris fue alcanzado, observándose túbulos dentinarios claramente visibles. (14)

2.5 Métodos para evaluar la microdureza de la dentina

a. Durímetro de Vicker

La dureza se puede medir a través de un test de abrasión, test de marcas o un test de indentación, mediante un instrumento conocido como durímetro de Vicker que utiliza una carga que varía de 1 -120 segundos estos dispositivos miden la dureza con una microindentacion que se lleva a cabo a bajas cargas. (19)

La dureza es variable por eso se utilizan métodos como la microindentacion que ha sido utilizada en otras investigaciones. La Resistencia a ella depende de la orientación del túbulo y puede ser mayor cuando se aplica una carga perpendicular al eje axial del túbulo. (18)

Se determinó la diferencia que existía entre la resistencia de la dentina intertubular y la peritubular siendo la peritubular de 106MPa y la intertubular de 29 MPa a través de un indentador al microscopio dando como conclusión que la disminución de la dureza se debía a la reducción de la dentina intertubular y no la densidad. (17, 21)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Determinar el efecto de la activación de un protocolo de irrigación con el Láser Erbio, Cromo: Itrio-Escandio-Granate-Galio (ErCr:YSGG) sobre la microdureza de la dentina radicular.

3.2 Objetivos Específicos

- Observar la profundidad de la indentación posterior a la irrigación con hipoclorito de sodio al 5.25% y EDTA al 17% activados con el láser Er,Cr:YSGG,
- Comparar los cambios en la microdureza entre los grupos de estudio donde se activan los irrigantes; Hipoclorito de Sodio al 5.25% y EDTA al 17% con endoactivator y el láser Er,Cr:YSGG

4. MÉTODO

4.1 Tipo de estudio

Exploratorio Observacional in vitro

4.2. Muestra

Se utilizarán 23 dientes unirradiculares divididos longitudinalmente para ser analizados por medio del durímetro.

4.3 Criterios de inclusión

Dientes unirradiculares con indicación de exodoncia por tratamiento ortodóntico sin tratamiento de endodoncia previo, restauraciones, caries oclusales, cervicales y radiculares

4.4 Criterios de exclusión

Dientes birradiculares o multirradiculares, dientes con curvaturas apicales no mayores de 10 grados, dientes con esclerosis de cámara pulpar y conducto radicular, dientes con caries o restauraciones extensas, dientes tratados endodónticamente.

4.5 Tabla de operacional de variables

Ver apéndice

4.6 Procedimiento

Posterior a su extracción fueron almacenados en agua destilada a temperatura ambiente hasta su uso. La muestra se dividió aleatoriamente en cuatro grupos experimentales:

- Grupo1: control negativo irrigación con Solución salina (3 muestras).
- Grupo 2: Irrigación con NaOCl 5.25 % activación sónica (Endoactivator) por 60 segundos a 2mm de la longitud de trabajo, inactivación con agua destilada + irrigación con EDTA 17 % inactivación con agua destilada (5 muestras).
- Grupo 3: Irrigación con NaOCl 5.25 % activación Ultrasónica por 60 segundos a 2mm de la longitud de trabajo, inactivación con agua destilada + irrigación con EDTA 17 % inactivación con agua destilada (5 muestras).
- Grupo 4: Irrigación con NaOCl 5.25 % activación con láser Er,Cr:YSGG (Waterlase Biolase con una frecuencia de 20hertz, una potencia de 0.75W, 75mJ, con una fibra óptica de 200um, con refrigeración constante del sistema de enfriamiento del equipo) por 60 segundos⁽²⁰⁾ a 2mm de la longitud de trabajo, inactivación con agua destilada + irrigación con EDTA 17 % inactivación con agua destilada (10 muestras).

Preparación de la muestra

La muestra fue distribuida al azar y un operador experimentado tomó la radiografía inicial en sentido vestíbulo lingual con el fin de corroborar la anatomía y permeabilidad del conducto.

Posteriormente, se realizó apertura de la cámara pulpar con fresa redonda número 3 y fresa Endo Z con pieza de alta velocidad bajo irrigación. Una vez encontrado el conducto se utilizó una lima manual flexofile #10 para permeabilizar y establecer la longitud de trabajo, realizando patencia 1 mm más allá del ápice.

Se preensanchó el conducto radicular con limas #15, 20, 25 flexofile, se realizó preparación con un sistema rotatorio reciprocante con una lima de diámetro apical #25 y conicidad 7%. Se utilizó una aguja de calibre 27 con bisel lateral para la irrigación con cada solución.

Las coronas de los dientes no fueron seccionadas debido a que en el momento de la irrigación y posterior activación con los diferentes sistemas se presentaba la salida del irrigante. Se dividieron longitudinalmente en una dirección vestibulolingual a través del centro de la raíz del diente, usando un disco de diamante de 320 micras a 500 rpm con irrigación constante de agua destilada, dando como resultando 46 mitades. La lectura de las muestras se realizó inmediatamente después de ser seccionados.

Prueba del Durímetro de Vickers

46 mitades fueron utilizadas en la prueba de durimetría de Vickers (BUEHLER/ISOMET). Se marcaron 3 indentaciones en cada tercio de la superficie radicular alrededor del punto medio elegido en la interfase pulpa-dentina usando una carga de 500g por 15 segundos, a una profundidad de 1000 micras (1mm) para que se observara la indentación. Se registraron los valores de cada una de las profundidades por cada tercio y se determinó un promedio del resultado de las 3 indentaciones.

5. RESULTADOS

La microdureza de la dentina fue valorada en los tercios radiculares de cada muestra, observando que dicha característica se modificó en comparación al grupo control negativo (solución salina).

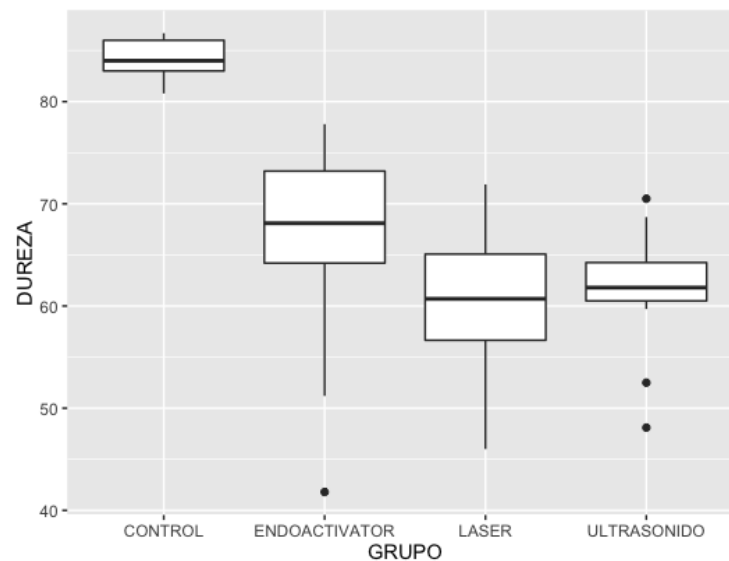


Gráfico 1. Comparación microdureza de la dentina entre grupos de agitación.

En el análisis de los resultados entre los grupos experimentales, se puede observar una diferencia estadísticamente significativa entre la microdureza obtenida en el grupo 1 (control negativo solución salina) en comparación con los grupos experimentales activados con endoactivator, ultrasonido y láser ErCr:YSGG, donde se observa una disminución de los valores de la microdureza de la dentina radicular.

Al comparar el grupo 4 (láser ErCr:YSGG) con los grupos 2 (endoactivator) y 3 (Ultrasonido) se observó que no existen diferencias significativas a un nivel de significancia del 5% ($p > 0,05$). En el análisis de las medianas se observó que en el tercio coronal el grupo 2 (Endoactivator) obtuvo un valor mínimo de 65,8 HV, observándose diferencias significativas con los valores mínimos obtenidos con el grupo 3 (ultrasonido) (48,1HV) y en el grupo 4 (laser ErCr-YSGG) (46HV)

	Grupo control			Endoactivator			Ultrasonido			Laser Er,Cr:YSGG		
Tercio	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media
Cervical	85,4	86,2	86	65,8	77,6	69	48,1	68,6	61,8	46	71,7	59,4
Medio	83,2	86,7	84	62,6	77,8	67,4	62,8	70,5	64,6	53,5	71,9	62,4
Apical	80,8	83	81,2	69	72,6	70,8	52,5	61,3	60,2	51,3	71,4	59,4

Tabla 1. Valores de la indentación posterior a la irrigación y activación con tres métodos de activación del irrigante. (HV)

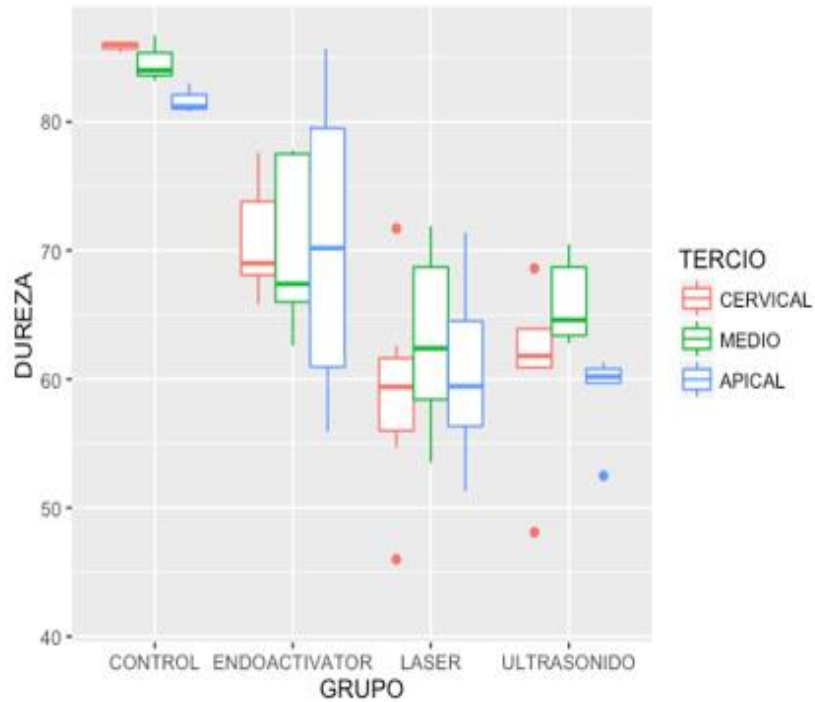


Gráfico 2. Comparación de métodos de agitación de irrigantes según tercio radicular observado.

En el análisis de los resultados por tercios radiculares se observa una diferencia significativa entre las medianas del tercio coronal entre los tres grupos experimentales. Se observa que las medianas de los tercios medio y apical no presentaron diferencia significativa.

6. DISCUSIÓN

Evaluar el efecto de la irradiación del Láser ErCr:YSGG sobre la microdureza de la dentina permite determinar las ventajas y desventajas que puede presentar la activación de un protocolo de irrigación con diferentes métodos de agitación y determinar los posibles efectos adversos sobre la dentina radicular.

La dentina está compuesta por un 70 % de materia inorgánica (siendo 60% hidroxiapatita y 10% de agua) y un 20% de materia orgánica compuesto por proteínas, que proporcionan la resistencia y dureza de la misma ⁽²¹⁾. La hidroxiapatita es el principal mineral de la dentina la cual le provee fuerza y dureza ⁽¹⁵⁾.

Para evaluar los efectos de los protocolos de irrigación usados en el presente estudio se utilizó el durímetro de Vickers el cual se ha utilizado en estudios de microdureza de la dentina radicular previamente ⁽¹²⁾⁽¹⁵⁾. Craig y Pashley reportaron que la dureza de la dentina está determinada por la densidad y número de túbulos dentinales, los cuales varían en su localización, encontrando menor número de túbulos en la dentina radicular y presentando mayor número de dentina intertubular ⁽²¹⁾⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾. La determinación de la microdureza puede proveer evidencia indirecta de la pérdida o ganancia de minerales del tejido duro del diente, existiendo una relación entre las propiedades mecánicas y el contenido mineral de los tejidos del diente ⁽¹⁵⁾⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾. La afinidad que tiene el láser ErCr:YSGG con la dentina se debe a que la energía es altamente absorbida por el agua contenida en la matriz orgánica e inorgánica y la hidroxiapatita, siendo más afectada la dentina intertubular debido a su alto contenido de agua, el cual es el principal cromóforo de este tipo de láser.⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾

Se ha demostrado que las soluciones irrigantes por si sólo sin activación alteran los componentes orgánicos e inorgánicos de la dentina radicular, generando alteraciones de las propiedades físicas y erosión de la dentina peritubular e intertubular ⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾. Hernández y col. encontraron una disminución significativa de los valores de microdureza en los tres tercios radiculares cuando se utilizó el protocolo de irrigación 5,25% de NaOCl+17% de EDTA y una disminución de la banda de grupo fosfato y amida bajo el estudio de Espectroscopia de Ramman ⁽¹²⁾. Esta afectación que sufre la dentina radicular la hace más vulnerable a tener alto riesgo de fractura radicular.⁽¹¹⁾

El análisis de los resultados del presente estudio indicó que la irrigación con NaOCl al 5,25%, activado con mecanismos de agitación (Endoactivator, ultrasonido y Láser ErCr:YSSG) y una irrigación final con EDTA al 17%, disminuyó significativamente la microdureza en los tres tercios de la dentina radicular en comparación con el grupo control (solución salina), atribuido al uso de mecanismos que agitan el irrigante y generan que exista un flujo mayor dentro del conducto radicular, mejorando la eficacia antimicrobiana del hipoclorito de sodio. ⁽⁶⁾⁽¹³⁾⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾. Se ha reportado el efecto de cavitación del irrigante generado por el ultrasonido y el Láser ErCr:YSGG, siendo característico lo encontrado con el fenómeno producido con el Láser ErCr:YSGG debido a la formación y colapso de burbujas que se producen cuando la energía del láser es absorbida por el agua, lo que genera un vapor de burbujas inicial las cuales se expanden hasta el final de la fibra del láser e implosionan consecutivamente a través de todo el conducto radicular. ⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²⁰⁾

Cuando se comparan los tres métodos de activación del irrigante usado en el protocolo de irrigación, se observó que no hubo diferencias significativas. Sin embargo, en el análisis de los valores de la media se observa una diferencia entre el Endoactivator con el ultrasonido y el Láser, con los cuales se afectó más la microdureza de la dentina radicular. Esto se puede atribuir al efecto cavitacional, el cual es más efectivo en el movimiento hidrodinámico del irrigante dentro del conducto radicular. Los efectos encontrados con la técnica de activación Sónica, la cual demostró que afecta en menor proporción la microdureza de la dentina comparado con el ultrasonido y el láser, se debe a que produce una oscilación mínima de 1-6 hertz, el cual no permite una corriente acústica debido a su baja frecuencia y velocidad oscilatoria por su frecuente contacto con las paredes del conducto radicular, haciendo que el flujo sea débil en apical y no permite que se forme un efecto de cavitación. (6)(29)

En el presente estudio se utilizó el láser Er,Cr:YSGG con la técnica LAI a 2mm del ápice, bajo una potencia de 0.75W, usando el hipoclorito de sodio como lubricante y el agua del sistema de enfriamiento del equipo por 1 minuto. Yamazaki y col. utilizó el láser ErCr:YSGG sin refrigeración con una potencia de 1 a 6W, observando mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) carbonización, grietas y túbulos dentinarios sellados y derretidos; no obstante, cuando se utilizó refrigeración con una potencia de 5 y 6W por 3 segundos, se observaron grietas en la superficie de la dentina radicular y un aumento de temperatura de 8°C. Estos cambios morfológicos pueden afectar el contacto íntimo de los materiales de obturación con las paredes del conducto radicular (14). Piyanart y colaboradores realizaron un estudio donde se determinó los valores de microdureza sobre disco de dentina de 2mm de grosor y fueron irradiados con el láser Er,Cr:YSGG usando potencias de 3, 3.5, 4, 4.5W por 60 seg, encontrando que se disminuyó la microdureza de la dentina en un 30-50% después de la irradiación. (15).

Los resultados del presente estudio no concuerdan con los anteriormente mencionados. A pesar de que en el estudio de Piyanart y col. se estudia las propiedades mecánicas de la dentina, no se enfocan en la dentina radicular, ni en los efectos del láser ErCr:YSGG usado con protocolos de irrigación.

Lopes y col. evaluaron el efecto del láser ErCr:YSGG sobre los componentes orgánicos e inorgánicos de la dentina radicular a través de Espectroscopia de Ramman, observando disminución significativa de los picos de colágeno cuando se utilizó a una potencia de 1.5W, con refrigeración por 20 segundos, causando vaporización del agua y de otros componentes orgánicos como el colágeno. A pesar de que no se estudian los efectos sobre la microdureza de la dentina radicular, previos estudios han demostrado que la espectroscopia de ramman es un método para caracterizar la composición química de la dentina, observando la matriz orgánica e inorgánica, lo que nos permite relacionarlo con el presente estudio (12)(30)(31). Sin embargo, no concuerdan con los resultados del presente estudio, ya que a pesar de que si hubo disminución de la microdureza de la dentina, no se observó diferencias significativas con el método de agitación sónico y ultrasónico, posiblemente debido a que se utilizó una baja potencia de 0,75W que no generó un aumento de temperatura, lo que disminuye los efectos adversos y bajo refrigeración del sistema que pudo diluir la concentración del hipoclorito de sodio.

En el análisis de los resultados por tercios radiculares se pudo observar que se afectó más la microdureza en el tercio cervical, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el estudio de Lopes y col, donde se afectó más el índice mineral/colágeno en el tercio cervical. Esto probablemente se debe a que las soluciones irrigantes están más tiempo en contacto en esta zona

y a que existe mayor número de túbulos dentinales los cuales determinan la dureza de la dentina según Craig y Pashly. Además presentan el fluido dentinal, el cual tiene afinidad con la energía del láser. (2)(3)(11)(12)(15)

Entender las propiedades mecánicas de la dentina radicular y los efectos luego de usar diferentes irrigantes y técnicas para mejorar la desinfección de los conductos radiculares, nos ayuda a optimizar condiciones para mejorar el éxito del tratamiento endodóntico, sin alterar la fisiología de la dentina radicular, siendo esto importante para el posterior tratamiento adhesivo con las paredes del conducto radicular, logrando finalmente una restauración definitiva.

6.1 Conclusión

Bajo las condiciones del presente estudio se puede concluir que la activación del hipoclorito de sodio al 5,25% utilizando diferentes métodos de agitación, mostró una disminución en la microdureza de la dentina radicular. Sin embargo, al comparar los grupos de estudio se observó que el uso del láser ErCr:YSGG es seguro ya que en comparación con los otros métodos no se observó diferencias significativas utilizándolo bajo los parámetros establecidos en el estudio.

6.2 Recomendación

Se recomienda en posteriores estudios el análisis químico de los componentes orgánicos e inorgánicos mediante Espectroscopia de Ramman y evaluar bajo Microscopia electrónica de barrido (SEM) cambios morfológicos a diferentes potencias con o sin refrigeración.

7. Referencias Bibliográficas

1. Peters Ove, Peters Christine. Limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. En: Cohen S, Hargreaves K. Vías de la pulpa décima edición. 2012. Elsevier. España.
2. Zehnder M. Root canal Irrigants. J Endod. 2006;32:389-398.
3. Handa A, Sharma R. Influence of root canal irrigants on dental tissue: a review of literature. Indian J Dent Sci. 2013;5:73-76.
4. . Kai Zhang, Young Kyung Kim. Effects of Different Exposure Times and Concentrations of Sodium Hypochlorite/ Ethylenediaminetetraacetic Acid on the Structural Integrity of Mineralized Dentin. J Endod 2010;36:105-109
5. Roeland M, Dries T, Maarten M.; Lasers in endodontics. Part 2: Root canal wall cleanliness and modification. Endodontic Practice Today . 2009, Vol. 3 Issue 1, p19-33. 15p. 1 Color Photograph, 7 Black and White Photographs, 1 Diagram, 1 Chart, 1 Graph.
6. Luc W.M., Bram V, Macedo R., Versluis M. The role of irrigation in Endodontics. En: Olivi G, De Moor R., Devito E . Laser in endodontics. 2016. Springer
7. Peters O., Bardsley S., Fong J., Pandher G., DiVito E.; Disinfection Of Root Canals With Photon-Initiated Photoacoustic Streaming, 2001;37. 1008-1012
8. De Moor R., Meire M., Gobarkbay K., Mortiz A., Vanobbergen J.; Efficacy Of Ultrasonic Versus Laser-Activated Irrigation To Remove Artificially Placed Dentin Debris Plugs, American Association of Endodontist, 2010;36:1580-1583
9. Roeland M, Dries T, Maarten M.; Lasers in endodontics. Part 2: Root canal wall cleanliness and modification. Endodontic Practice Today . 2009, Vol. 3 Issue 1, p19-33. 15p. 1 Color Photograph, 7 Black and White Photographs, 1 Diagram, 1 Chart, 1 Graph.
10. Tang W, Wu Y, Smales R. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. J Endod. 2010;36:609-617.
11. Merending M, Paque F, Fisher J, Zhender M. Impact of irrigant sequence of mechanical property of human of dentin. J Endod. 2007;33:1325-1328.
12. Hernández J, Pinto F, Velosa M, Galindo L. Efecto de la sustantividad de la clorhexidina al 2% como irrigante final en la microdureza de la dentina radicular [Tesis][Colombia, Bogota][Universidad Santo Tomas] 2015.
13. Qian W, Shen Ya, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. J Endod. 2011;37:1437-14408.
14. Yamazaki R., Goya C., Yu Da-G., Kimura Y., Matsumoto K., Effects Of Erbium, Chromium: YSGG Laser Irradiation On Root Canal Walls: A Scanning Electron Microscopic And Thermographic Study; Journal Of Endodontics, 2001, Vol. 27, No. 1

15. Piyanart Ekworapoj, Sharanbir K. Sidhu, John F. McCabe. Effect of different power parameters of Er,Cr:YSGG laser on human dentine. *Lasers Med Sci* (2007) 22:175–182
16. Schoop U., Barylyak A., Goharkhay K., Beer F., Wernisch J., Georgopoulos A., Sperr W, Moritz A.; The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment, *Lasers Med Sci*, 2007-24 June, DOI 10.1007/s10103-007-0520-4
17. Arends J, Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992; 71:924-8
18. Ryge G. Foley D. Fairhurst C. Micro-Indentacion Hardness. *J Dent Res*.1961;40:1116-1126.
19. Totah V. Increase in hardness of Dentin on Drying. *J Dent Res*. 1941;15:99-101
20. Huiz H., Peeters, Y Suardita K. Efficacy of Smear Layer Removal at the Root Tip by Using Ethylenediaminetetraacetic Acid and Erbium, Chromium: Yttrium, candium, Gallium Garnet Laser. *J Endo*. 2011;37:1585-1589
21. Kinney J, Marshall S, Marshall W. the mechanical properties of human dentin: a critical review and re evaluation of the dental literature. *Crit rev oral biol med*. 2003; 14(1):13-29.
22. Inoue T. Comparison of nanohardness between coronal and radicular intertubular dentin. *Dent Mater J*. 2009; 28:295-300.
23. Xu C, Wang Y. Chemical composition and structure of peritubular and intertubular human dentin revisited. *Arch Oral Biol*. 2012;57:383–391.
24. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:176-9
25. Craig R, Peyton F. The microhardness of enamel and dentin. *J dent Res*. 1959; 38:624.630
26. Dogan H, Qalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod* 2001; 27:578-80
27. Arends J, Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992; 71:924-8.
28. Merending M, Paque F, Fisher J, Zhender M. Impact of irrigant sequence of mechanical property of human of dentin. *J Endod*. 2007; 33:1325-1328.
29. Gu L, Kim J, Ling J, Choi K, Pashley D, Tay F. Review of Contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endo*. 2009;35:791-803
30. Lopes FC, Roperto R, Akkus A, Akkus O, Souza-Gabriel AE, Sousa-Neto MD. Effects of different lasers on organic/inorganic ratio of radicular dentin. *Lasers Med Sci*. 2016 Apr;31(3):415-20.

31. Tsuda H, Arends J. Raman spectroscopy in dental research: a short review of recent studies. *Adv Dent Res.* 1997; 539:547
32. Olivi G, MD,DDS. Laser Use in Endodontics: Evolution from Direct Laser Irradiation to Laser-Activated Irrigation. *Journal Laser Dent.* 2013;21(2), 58-71
33. Vera J, Benavides M, Moreno E, Romero M. Conceptos y técnicas actuales en la irrigación endodóntica. *Endod.* 2012;30:31-44.
34. Gu L, Kim J, Ling J, Choi K, Pashley D, Tay F. Review of Contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endo.* 2009;35:791-803
35. George R., Meyers I., 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. *J Endod.* 2008;34:1524-1527
36. Antonio Jesús, Arnabat-Domínguez, José. Aplicaciones del láser en Odontología. RCOE, 2004, Vol 9, Nº5, 497-511.
37. Revilla-Gutiérrez, Verónica, Aranabat-Domínguez, Josep. Aplicaciones de los láseres de Er:YAG y de Er,Cr:YSGG en Odontología. RCOE, 2004, Vol 9, Nº5, 551-562
38. Nusstein J. Sonic and ultrasonic irrigations. En: Basrani B. *Endodontic irrigation.* 2015. Springer. 173-191
39. Torres L, Torres C. Characterization of endodontically treated dentin. *Rev fac odontol univ antioq.* 2014; 25(2):372-388
40. Mancini M, Armellin E, Casaglia A , Cerroni L , Cianconi L, A Comparative Study of Smear Layer Removal and Erosion in Apical Intraradicular Dentine With Three Irrigating Solutions: A Scanning Electron Microscopy Evaluation. *J.Endodo— Volume 35, Number 6, June 2009*
41. Slutzky I.-Goldberg, , Maree M, , Liberman R , and Heling I , MSc Effect of Sodium Hypochlorite on Dentin Microhardness . *J endodo-* vol. 30, no. 12, december 2004
42. Marending M, Luder H, Brunner T, Knecht S, Zhender M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine-mechanical. Chemical and structural evaluation. *Int Endod J.* 2007;40:786-793.
43. Saghiri M, Delvarani A, Mehrvarzfar P, Malganji G, Lotfi M, Dadresanfar B, Mohammad A, Dadvand S. A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108:29-34.
44. Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:176-9

APENDICE

A. Cuadro operacionalización de variables

Variable	Nombre	Definición	Tipo	Indicador
Independiente	Tiempo	Período de tiempo de activación del protocolo de irrigación con el láser.	Cuantitativa	60 segundos
Independiente	Tercios Radiculares	Cada uno de los segmentos en que se divide la raíz de manera horizontal	Cualitativo Nominales	Tercio coronal, medio y apical
Dependiente	Microdureza	resistencia de un material a la deformación permanente	Cuantitativa Discreta	Megapáscales
Dependiente	Composición química de la dentina peritubular e intertubular.	Materia orgánica de la dentina peritubular e intertubular	Cuantitativa Discreta	Micras y elementos porcentuales