

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

PROGRAMA DE ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA



**EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN
TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA,
ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN
VITRO*.**

**TRABAJO TERMINAL QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA**

PRESENTA

C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS

PRESIDENTE

(DIRECTORA DEL PROYECTO)

DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODAL

(CO-DIRECTORA DEL PROYECTO)

DR. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES

SINODAL

(CO-DIRECTOR DEL PROYECTO)

DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

TIJUANA, BAJA CALIFORNIA; MÉXICO

JUNIO 2024

TÍTULO

**EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN
TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA,
ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN
VITRO*.**

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afro-mexicanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 31 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA, ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN VITRO*.**

Propuesto por la **C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS
PRESIDENTE

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afro-mexicanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 31 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA, ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN VITRO*.**

Propuesto por la **C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DR. LUIS HERNÁN CARRILLO VÁRGUEZ
SINODAL

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afroamericanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 31 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA, ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN VITRO*.**

Propuesto por la **C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"



DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES
SINODAL

"2024, año de los pueblos yumaros, pueblos originarios y de las personas afromexicanas"
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA TIJUANA
ESPECIALIDAD EN ENDODONCIA

Tijuana, Baja California a, 31 de mayo de 2024

AL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Por medio del presente, me permito informar que el trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN TÚBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA, ULTRASÓNICA Y PRESIÓN APICAL NEGATIVA, UN ESTUDIO *IN VITRO*.**

Propuesto por la **C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS**, fue revisado y ha sido aprobado para su impresión.

Por lo que el sustentante puede continuar con el proceso del examen recepcional.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL SER"


DRA. LIZZERT LÓPEZ YEE
SINODAL

EVALUACIÓN DE LA PENETRACIÓN DEL HIPOCLORITO DE SODIO EN TUBULOS DENTINARIOS MEDIANTE ACTIVACIÓN SÓNICA, ULTRASÓNICA Y PRESIÓN NEGATIVA APICAL, UN ESTUDIO IN VITRO.

PRESENTA



C.D. ADRIANA MANRIQUEZ BONILLAS

PRESIDENTE

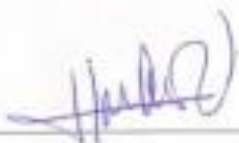
(DIRECTORA DEL PROYECTO)



DRA. DULCE YICEL MAGAÑA MANCILLAS

SINODALES

(CO-DIRECTORES DEL PROYECTO)



DR. LUIS HERNÁN CARRILLO
VÁRGUEZ



DR. JULIO CÉSAR GARCÍA BRIONES



DRA. LIZZETT LÓPEZ YEE

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar expresando mi agradecimiento a todas las personas que han sido parte en este viaje académico y personal.

A mi mamá, el pilar más sólido en mi vida y mi eterna fuente de amor y apoyo, gracias, por creer en mis sueños incluso cuando yo dudaba.

A mi padre, aunque ya no estés físicamente, tu sabiduría, tu fuerza y tu amor incondicional continúan guiándome en cada paso que doy.

A mis hermanos y sobrinos agradezco infinitamente su amor, su confianza y su presencia incondicional a lo largo de esta etapa.

A mi novio, agradezco tu paciencia, tu aliento y tu apoyo inquebrantable. Gracias por creer en mí.

A mis amigos, y rommies, agradezco su presencia incondicional, su apoyo desinteresado y su constante ánimo en cada paso del camino.

A la Dra. Dulce Yicel Magaña Mancillas directora de este proyecto, gracias por su asesoría y completa disposición en la elaboración de esta investigación.

Al Dr. Hernán Carrillo Vázquez por su dedicación, paciencia y sabias palabras en los momentos de duda su compromiso con mi crecimiento académico nunca será olvidado.

A la Dra. Ana Gabriela Carrillo Vázquez por confiar en mí y permitirme formar parte de este posgrado.

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Quiero agradecer a las siguientes instituciones por hacer posible este proyecto:

A CONACYT por la beca otorgada con el No. De CVU 1226595.

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Posgrado de Endodoncia por abrirme las puertas y permitirme formar parte de esta institución.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
CONTENIDO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
LISTA DE ABREVIATURAS	vi
I. RESUMEN	1
ABSTRACT	2
II. INTRODUCCIÓN	4
2.1. ENDODONCIA	4
2.2. TRIADA ENDODÓNTICA (LIMPIEZA-CONFORMACIÓN- OBTURACIÓN)	5
2.3. BARRILLO DENTINARIO	9
2.4. TIPOS DE MICROORGANISMOS	10
2.5. ACTIVACIÓN DEL IRRIGANTE	12
2.5.1. ACTIVACIÓN MANUAL	13
2.5.2. ACTIVACIÓN SÓNICA	13
2.5.2.1. Endo Activator	14
2.5.2.2. EQ-S Metabiomed	14
2.5.3. ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA	14
2.5.3.1. Ultrasonido Ultramint	15
2.5.3.2. Ultra X	16
2.6. IRRIGACIÓN CON PRESIÓN APICAL NEGATIVA (ENDOVAC)	16
2.6.1. IVac	16
2.7. OTROS MÉTODOS DE ACTIVACIÓN	17
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
IV. JUSTIFICACIÓN	20

V. HIPOTESIS.....	21
5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO	21
5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)	21
5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1).....	21
VI. OBJETIVOS.....	22
6.1. OBJETIVO GENERAL	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
VII. VARIABLES.....	23
7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	23
7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	23
7.3. OPERACIÓN DE LAS VARIABLES	23
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
8.1. Tipo de estudio.....	24
8.2. Universo de estudio	24
8.2.1. Criterios de inclusión.....	24
8.2.2. Criterios de exclusión.....	24
8.2.3. Criterios de eliminación.....	25
8.3. Materiales e instrumental	25
8.4. Metodología	26
8.4.1 Selección y preparación de las muestras	26
8.4.2. Distribución y activación de los grupos	27
8.4.3. observación de las muestras	29
8.5. Análisis estadístico.....	35
IX. RESULTADOS.....	36
9.1. Profundidad de penetración del NaOCl.....	36

9.1.1. TERCIO CERVICAL	41
9.1.2. TERCIO MEDIO.....	42
9.1.3. TERCIO APICAL.....	42
X. DISCUSIÓN	43
XI. CONCLUSIONES	47
XII. RECOMENDACIONES	48
XIII. BIBLIOGRAFÍA	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Clasificación de enfermedades pulpares y periapicales..... 5

Ilustración 2. Anatomía de los conductos radiculares 6

Ilustración 3. Agente antimicrobiano y agente quelante 8

Ilustración 4. Tubulillos dentinarios 9

Ilustración 5. Representación gráfica de tubulillos dentinarios después de la activación del irrigante..... 13

Ilustración 6. Radiografías de la selección de las muestras..... 26

Ilustración 7. Protocolo de estandarización de las muestras..... 27

Ilustración 8. Sellado exterior de las muestras 27

Ilustración 9. Tipos y sistemas de activación..... 28

Ilustración 10. ranuras horizontales..... 29

Ilustración 11. Calibración del software Image J. 30

Ilustración 12. Puntos de medición..... 30

Ilustración 13. Imágenes de cada grupo. 34

Ilustración 14. Tercio Cervical 41

Ilustración 15. Tercio medio 42

Ilustración 16. Tercio apical..... 43

Tabla 1. Activación sónica con EQ-S 31

Tabla 2. Activación Ultrasónica con Ultra X..... 32

Tabla 3. Activación de presión apical negativa con iVac..... 32

Tabla 4. Sin activación 33

Tabla 5. Análisis estadístico ANOVA 36

Tabla 6. Análisis post hoc de Tukey 37

LISTA DE ABREVIATURAS

Ácido etilendiaminotetraacético	EDTA
Asociación americana de endodoncia	AAE
Calcio	Ca ⁺
Ciclos por minuto	cpm
Clorhexidina	CHX
Desinfección foto activada	PAD
Desinfección por luz activada	LAD
Gentle wave	GW
Hierro	Fe
Hipoclorito de sodio	NaOCl
Kilohercio	kHz
Mililitro	ml
Milímetro	mm
Minuto	min
Níquel titanio	NiTi
Número de muestra	n
Órgano dentario	OD
Transmisión fotoacústica de emisión mejorada de ondas de choque	SWEEPS

LISTA DE ABREVIATURAS

Transmisión fotoacústica iniciada por fotones

PIPS

I. RESUMEN

Introducción. La especialidad de endodoncia se encarga del estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y tejidos perirradiculares, uno de los principales objetivos de la endodoncia es prevenir el desarrollo de las enfermedades periapicales, así como también limpiar y conformar el conducto radicular tratando de eliminar el mayor número de bacterias, tejidos y biofilm lo cual logramos mediante la instrumentación y sustancias irrigantes, para ayudarlos a llegar a la anatomía complicada del sistema de conductos se han ideado diferentes sistemas para su activación como la activación manual, sónica, ultrasónica, presión negativa apical, entre otros. **Objetivos.** En este estudio se va a evaluar la penetración del NaOCl al 5.25% en los túbulos dentinarios mediante diferentes sistemas de activación, sónica con EQ-S, ultrasónica con ultra X y presión negativa apical con iVac. **Materiales y métodos.** 56 órganos dentarios humanos uniradulares de un conducto fueron instrumentados con Protaper gold, irrigados con 6 ml de NaOCl al 5.25%, distribuidos aleatoriamente en 4 grupos de 14 OD los cuales fueron sometidos a diferentes sistemas de activación, grupo 1. sónica con EQ-S metabiomed, grupo 2. ultrasónica con Ultra X, grupo 3. de presión apical negativa con iVac, grupo 4. sin activación; se utilizó azul de metileno activado con el sistema del grupo correspondiente como indicador de la penetración del último irrigante; las muestras fueron recortadas y observadas en los tercios cervical, medio y apical mediante imágenes tomadas con equipo de fotografía profesional y analizadas en el software image J para su posterior análisis estadístico. **Resultados.** Después de realizar el análisis estadístico ANOVA de 1 vía y post hoc de Tukey se determinó que existe diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) a favor entre el grupo 2 comparado con los demás grupos en el tercio cervical y medio, en cambio en el tercio apical se observa diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) a favor entre el grupo 2 y grupo 3 comparado con los demás grupos. **Conclusiones.** En el tercio cervical y medio se observó una mayor eficacia

de penetración del NaOCl mediante la activación de Ultra X (grupo 2), los mejores resultados en el tercio apical se observaron utilizando la activación de Ultra X (grupo 2) y iVac (grupo 3). Por lo tanto, se rechaza hipótesis nula (H_0) de este proyecto.

ABSTRACT

Introduction. The specialty of endodontics is responsible for the study of the morphology, physiology and pathology of the dental pulp and periradicular tissues. one of the main objectives of endodontics is to prevent the development of periapical diseases, as well as to clean and shape the root canal by treating to eliminate the greatest number of bacteria, tissue and biofilm, which we achieve through instrumentation and irrigating substances, to help them reach the complicated anatomy of the canals, different systems have been proposed for their activation such as manual, sonic, ultrasonic, apical negative pressure, among others. **Aim.** In this study, the penetration of 5.25% NaOCl into the dentinal tubules will be evaluated using different activation systems, sonic with EQ-S, ultrasonic with ultra X and apical negative pressure with iVac. **Materials and methods.** single-root human dental organs of one canal were instrumented with Protaper gold, irrigated with 6 ml of 5.25% NaOCl, randomly distributed in 4 groups of 14 OD which were subjected to different activation systems, group 1. sonic with EQ-S metabiomed, group 2. ultrasound with Ultra X, group 3. negative apical pressure with iVac, group 4. no activation; Activated methylene blue was used with the system of the corresponding group as an indicator of the penetration of the last irrigant; The samples were cut out and observed in the cervical, middle and apical third using images taken with professional photography equipment and analyzed in the image J software for subsequent statistical analysis. **Results.** After performing the 1-way ANOVA and Tukey's post hoc statistical analysis, it was determined that there is a statistically significant difference ($p > 0.05$) in favor between group 2 compared to the other groups in the cervical and middle third, however in the apical third a statistically difference ($p > 0.05$) is observed significant favor between group 2 and group 3

compared to the other groups. **Conclusions.** In the cervical and middle third, a greater penetration efficiency of NaOCl was observed by activating Ultra X (group 2), the best results in the apical third were observed using the activation of Ultra X (group 2) and iVac (group 3). Therefore, null hypothesis (H0) is rejected.

II. INTRODUCCIÓN

2.1. ENDODONCIA

La endodoncia se encarga del estudio de la morfología, fisiología y patología de la pulpa dental y los tejidos perirradiculares los cuales están íntimamente relacionados con la infección de la pulpa dental (1–5), uno de los principales objetivos de la endodoncia es prevenir el desarrollo de enfermedades periapicales, así como también limpiar y conformar el conducto radicular tratando de eliminar el mayor número de bacterias, tejidos y biofilm, propiciando un ambiente en el cual no puedan desarrollarse las bacterias (1–3, 5, 6). Para poder iniciar un tratamiento pulpar debemos establecer un diagnóstico, la asociación americana de endodoncia (AAE) nos presenta una guía de diagnóstico con base en la sintomatología del paciente, la cual lo divide en enfermedades pulpares y enfermedades periapicales. Enfermedades pulpares: Pulpa sana, pulpitis reversible, pulpitis irreversible asintomática, pulpitis irreversible sintomática, necrosis pulpar; y enfermedades periapicales: periodonto sano, periodontitis apical sintomática, periodontitis apical asintomática, absceso apical agudo, absceso apical crónico y osteítis condensante (Ilustración 1) (3, 7). De igual manera es importante conocer la etiología del padecimiento, según Grossman L (1973) los factores etiológicos de las lesiones pulpares pueden agruparse en tres grandes grupos: físicos (mecánicos, térmicos y eléctricos), químicos y Bacterianos (2). Para obtener el diagnóstico podemos utilizar pruebas de sensibilidad con Endo Ice, pruebas térmicas en conjunto con auxiliares de diagnóstico como las radiografías periapicales, panorámicas o tomografía (1, 3). Una vez determinado el diagnóstico presuntivo y la etiología podemos establecer

un plan de tratamiento y comenzar con la apertura, conformación, desinfección y obturación del sistema de conductos afectados (triada endodóntica) (1, 3).

ENFERMEDADES PULPARES	ENFERMEDADES PERIAPICALES
<ul style="list-style-type: none"> • Pulpa sana • Pulpitis reversible • Pulpitis irreversible (sintomática o asintomática) • Necrosis pulpar 	<ul style="list-style-type: none"> • Periapice sano • Periodontitis apical (sintomática o asintomática) • Absceso apical (agudo o crónico) • Osteítis condensante

Ilustración 1. Clasificación de enfermedades pulpares y periapicales.

Listado de la clasificación de enfermedades pulpares y periapicales según la AAE (7).

2.2. TRIADA ENDODÓNTICA (LIMPIEZA-CONFORMACIÓN- OBTURACIÓN)

Para Ingle, en el año 1958, el eje central del éxito de la endodoncia es la triada endodóntica, comprendida por la limpieza, conformación y obturación del sistema de conductos (1–3).

La conformación o instrumentación es la eliminación mecánica del tejido pulpar remanente afectado, que nos permite crear un espacio adecuado para la colocación de los agentes irrigantes antimicrobianos, quelantes o de algún medicamento intraconducto, también nos brinda la posibilidad de optimizar y regularizar la superficie para poder obtener un sellado correcto de los conductos radiculares, lo cual será indispensable para el éxito del tratamiento de conductos y la supervivencia del órgano dental tratado. Actualmente se cuenta con instrumentos manuales, rotatorios y reciprocantes los cuales serán excelentes herramientas para facilitar lo ya descrito, (1, 8) así mismo existen distintas técnicas propuestas para esta etapa las cuales constan de la técnica step back, crown down y fuerzas balaceadas (1, 3). Sin embargo, los resultados de la conformación se ven afectados por las infinitas variaciones anatómicas que existen en el sistema de conductos, que van desde deltas apicales, conductos laterales, colaterales, recurrentes, accesorios, secundarios (Ilustración 2) (2, 3) en los cuales resulta imposible localizar o llegar a

ellos con instrumentos manuales o rotatorios hechos de acero cromo o de níquel titanio (NiTi), por lo cual es indispensable la utilización de una sustancia capaz de llegar a todos estos espacios y remover tanto tejido vital, tejido necrótico así como también bacterias, biofilm, endotoxinas y restos de dentina producida por la misma instrumentación, de igual manera esta sustancia irrigante debe cumplir con lubricar el conducto al momento de la instrumentación de los conductos radiculares (1, 4, 5, 9).

La irrigación está definida como “el lavado de una cavidad o herida con agua o un líquido con medicamento” y la aspiración está definida como “el proceso de retirar líquidos o gases del organismo mediante un dispositivo de succión” para realizar un tratamiento de endodoncia utilizamos ambos (10, 11).

A lo largo del tiempo se han propuesto diferentes sustancias químicas para la correcta desinfección de los conductos, entre ellas las más utilizadas son el hipoclorito de sodio (NaOCl), la clorhexidina (CHX), el agua estéril, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido cítrico, entre otros (1–3, 9).

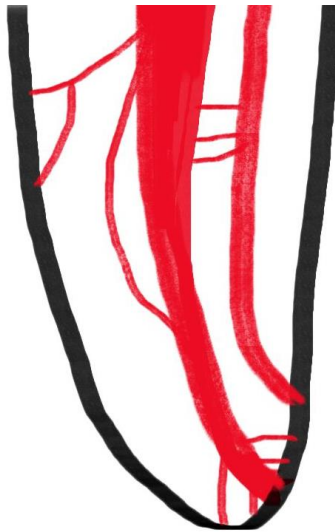


Ilustración 2. Anatomía de los conductos radiculares

En la ilustración 2 podemos observar la compleja anatomía de los conductos radiculares, que van desde el conducto principal, conductos laterales, conductos accesorios, conductos colaterales, conductos recurrentes y deltas apicales (2).

II. INTRODUCCIÓN

El NaOCl es la solución irrigante más popular en endodoncia ya que es capaz de disolver tejido tanto vital como necrótico y a su vez tiene un gran potencial antibacteriano, a pesar de su gran toxicidad, es el irrigante que cumple con la mayor cantidad de características descritas por Grossman de un irrigante ideal (2, 4, 9, 12, 13).

Puede utilizarse a diferentes concentraciones dependiendo del diagnóstico y desarrollo radicular del órgano dental que se va a tratar (14, 15), puede utilizarse desde el 0.5% o hasta el 5.25%, siendo ambas concentraciones excelentes antimicrobianos, entre más alto el porcentaje de concentración mayor será su capacidad de disolver tejido, misma función que se puede lograr con un mayor volumen de irrigante a una baja concentración, con la ventaja de que será menos tóxico en caso de presentar algún tipo de accidente con NaOCl (10, 11, 16).

La CHX al igual que el NaOCl, posee una actividad antimicrobiana de amplio espectro, de igual manera tiene efecto bacteriostático cuando se encuentra a bajas concentraciones, sin embargo este no tiene un efecto de disolución de tejidos lo cual podría ser su principal desventaja (1, 2, 11).

Acompañado de un agente antimicrobiano debemos utilizar agentes quelantes para permitir el paso de los irrigantes antimicrobianos y poder eliminar la mayor cantidad de bacterias, entre estas sustancias se encuentra el EDTA (Ilustración 3) que elimina la porción mineralizada del barrillo dentinario, es capaz de secuestrar iones metálicos tales como el Ca^+ y Fe que son componentes de las membranas celulares de las bacterias lo cual se traduce en muerte bacteriana brindando así un efecto antimicrobiano (3, 9).

Una vez que los conductos radiculares estén conformados y desinfectados se puede proceder a la obturación de los conductos radiculares, dándole especial importancia al sellado apical (3).

Existen diferentes técnicas y materiales para lograr una obturación ideal, entre ellas encontramos la técnica de condensación lateral, la técnica de onda continua, la

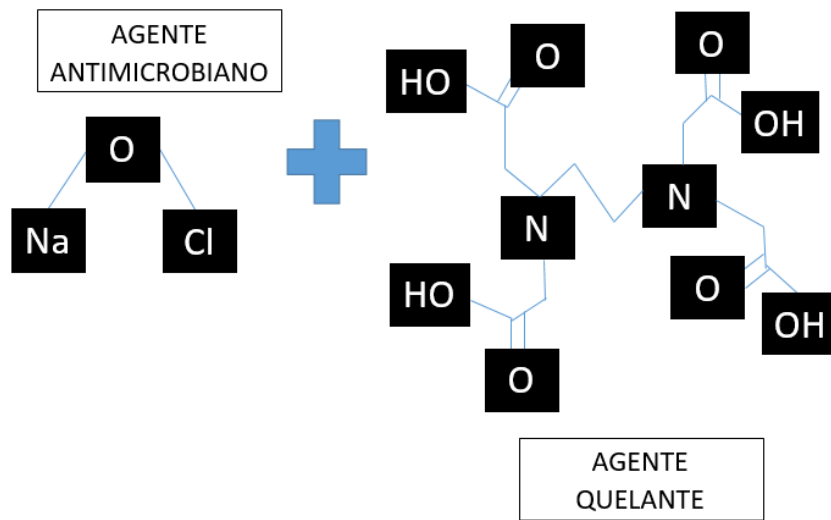


Ilustración 3. Agente antimicrobiano y agente quelante

Estructura química del NaOCl como agente antimicrobiano y estructura química del EDTA como agente quelante los cuales en conjunto realizan una correcta desinfección de los tubulillos dentinarios.

técnica de cono único, entre otras (1–3). Una vez que seleccionemos nuestra técnica de obturación podemos seleccionar el cemento correcto para la técnica, en caso de seleccionar la técnica de condensación lateral podemos utilizar básicamente cualquier cemento, si utilizamos la técnica de onda continua podríamos elegir algún cemento biocerámico o de óxido de zinc los cuales no presenten alteración a la hora de recibir calor, o en su defecto utilizar cualquier cemento a una temperatura menor a 180 °C para no alterar las propiedades de los cementos, en caso de utilizar la técnica de cono único podemos elegir entre un biocerámico o cementos a base de resina para propiciar un conducto sellado en todas sus dimensiones (1, 3).

Para poder obtener una buena “adhesión” del cemento con la dentina del conducto este debe estar libre de barrillo dentinario y bacterias, su eliminación representa un reto para el endodoncista ya que se deben conocer las herramientas para removerlo y hacer frente a la problemática (1, 9, 17).

2.3. BARRILLO DENTINARIO

Cada que la dentina es cortada ya sea con instrumentos rotatorios o manuales, los tejidos mineralizados son triturados produciendo debris, el cual está formado de partículas pequeñas de matriz de colágeno mineralizado que se extiende a lo largo de la superficie esto junto con pedazos de procesos odontoblásticos y bacterias forman el barrillo dentinario (Ilustración 4) (5, 9, 18, 19).

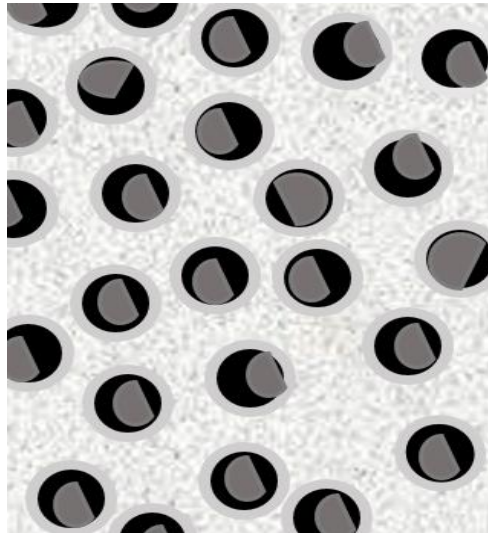


Ilustración 4. Tubulillos dentinarios

Representación gráfica de tubulillos dentinarios antes de la activación del irrigante, en los cuales hay presencia de barrillo dentinario.

Lester & Boyde en 1977, describieron el barrillo dentinario como una materia orgánica combinada con dentina inorgánica, la cual no es eliminada con la irrigación con hipoclorito de sodio, estos componentes son forzados a entrar a los túbulos dentinarios a diferentes distancias y proporciones durante la instrumentación, aunque esto sucede tanto en la corona como en el conducto radicular, el barrillo dentinario de la corona no puede ser comparado con el del conducto radicular debido a que las herramientas para eliminar dentina son diferentes para la corona que las utilizadas para eliminar las de la raíz, haciendo que las partículas sean más pequeñas en esta zona, además el número y dirección de los tubulillos en la raíz

son diferentes y suelen contener mayor cantidad de tejido blando (19). Las paredes del conducto recubiertas por barrillo dentinario reduce la permeabilidad y limita la penetración de las bacterias dentro de los tubulillos, de igual manera impide el paso de los irrigantes y de la medicación intraconducto, si un conducto esta necrótico e infectado todas estas partículas estarán inmersas en el barrillo lo que permitiría una reinfección en caso de no ser eliminado (2, 18, 19).

Durante la instrumentación rotatoria en conjunto con irrigación de NaOCl y EDTA se puede eliminar aproximadamente el 50% del barrillo dentinario, dejando otro 50% en las paredes del conducto limitando la desinfección y el contacto del cemento sellador al conducto (4, 9, 18, 19).

2.4. TIPOS DE MICROORGANISMOS

Las bacterias en infecciones endodónticas son habitantes normales de la microbiota oral, conforme se producen cambios de desequilibrio en el huésped, estos van convirtiéndose en patógenos oportunistas llegando a provocar infecciones (3, 20). Alrededor de más de 300 especies de bacterias han sido aisladas de la cavidad oral, pero solo unas cuantas han sido encontradas en las infecciones endodónticas, entre ellas encontramos géneros como los de *Streptococcus*, *Fusobacterium*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Eubacterium*, *Peptostreptococcus*, *Bacteroides* y *Lactobacillus* (8, 20, 21).

Se han descrito diferentes tipos de infecciones endodónticas, según su localización estas pueden ser intraradiculares y pueden ser clasificadas por el momento en el cual las bacterias entraron al sistema de conductos, dividiéndolas así en infecciones primarias, las cuales se caracterizan por una flora mixta constituida por 10-30 especies bacterianas y 10³ – 10⁸ células bacterianas por conducto de las cuales predominan las bacterias gramnegativas anaerobias, aunque también se pueden encontrar grampositivas, algunas de ellas en porcentajes tan elevados como las de las especies negativas (8, 21, 22). Entre las gramnegativas más frecuentes destacan *Dialister*, *Treponema*, *Fusobacterium*, *Porphyromonas*, *Prevotella*, *Tannerella*; entre los géneros de grampositivas destacan *Pseudoramibacter*,

Filifactor, Micromonas, Peptostreptococcus, Streptococcus, Actinomyces, Olsonella y *Propionibacterium*, también se han encontrado algunos casos con la presencia de hongos y virus (22).

Los hongos son microorganismos que sólo se observan de manera esporádica en las infecciones primarias. Por otro lado, los virus aparecen únicamente en conductos radiculares de pulpas vitales no inflamadas de los pacientes infectados por el virus de la inmunodeficiencia humana. Sin embargo, se ha detectado el citomegalovirus humano y el virus de Epstein-Barr en lesiones de periodontitis apical, en las que abundan las células huésped vivas (6, 20).

Otra división de las infecciones intrarradiculares es la infección secundaria, en la cual los microorganismos acceden a los conductos en algún momento durante el tratamiento, las principales causas de entrada de microorganismos al conducto radicular durante el tratamiento son los restos de placa dental, cálculo o caries de la corona dental, además de contaminación en los instrumentos, fractura de estructura dental, retraso en la colocación de las restauraciones permanentes, entre otros (6, 22).

La microbiota de los dientes con infecciones secundarias y con periodontitis apical persistente está constituida por un grupo de microorganismos más restringido que el de las infecciones primarias, con un promedio de una a tres especies por conducto una de las especies más estudiadas que están presentes en estos casos es el *E. Faecalis* el cual es un coco grampositivo anaerobio facultativo que se encuentra a menudo en el 30%-90% de los casos. Las probabilidades de que los dientes endodónticamente tratados alberguen esta bacteria es nueve veces mayor que la de los dientes con infecciones primarias (15, 16). Por otro lado, el hongo *Cándida* se presenta entre el 3% al 18% en las infecciones persistentes/secundarias (22). Y por último Las infecciones persistentes o recurrentes, son aquellas en donde los microorganismos pueden resistir los tratamientos antimicrobianos intrarradiculares y soportar los periodos de privación de nutrientes. Como ya se mencionó antes, predominan bacterias Gram positivas facultativas o anaerobias y también hongos (8).

Según su localización las infecciones endodónticas también pueden ser extrarradiculares y se caracterizan por la invasión y proliferación de microorganismos en los tejidos perirradiculares inflamados, y casi siempre son la secuela de una infección intraradicular, aunque puede o no depender de ella. La forma más frecuente de infección extraradicular dependiente de la intraradicular es el absceso apical agudo. La forma más común de infección independiente es la actinomicosis apical (14).

Según el diagnóstico y etiología de la enfermedad se ha demostrado que si la infección presente es intraradicular podemos hacer uso de diferentes alternativas en cuanto irrigantes y auxiliares para la activación o cavitación de la sustancia irrigante para apoyarnos en la correcta eliminación tanto del barrillo dentinario como de las bacterias y sus toxinas (6).

2.5. ACTIVACIÓN DEL IRRIGANTE

La irrigación es una parte esencial del tratamiento de conductos ya que nos brinda la posibilidad de eliminar el tejido y desinfectar las áreas que no fueron limpiadas por la instrumentación, básicamente el irrigante se lleva al conducto por medio de una jeringa y una aguja, pero para que el irrigante tenga el efecto deseado debe entrar en íntimo contacto con las paredes dentinarias por lo que solo colocarlo dentro del conducto no es suficiente para que desinfecte toda la superficie, es por eso que se han elaborado diferentes métodos de activación del irrigante, como lo son la activación manual, la activación sónica, ultrasónica, presión apical negativa, entre otras (3, 11, 23, 24).

Durante la activación del irrigante se busca que exista un efecto de cavitación, el cual se logra con la formación de millones de burbujas de gas en la solución desinfectante, estas burbujas van creciendo de tamaño y dirigiéndose a diferentes direcciones dentro del conducto haciendo que exploten dando así un efecto de limpieza, de igual manera se busca un efecto de transmisión acústica, este acelera la velocidad en la que se mueve el irrigante dentro del conducto (4, 17, 25). Utilizar activación ya sea manual, sónica o ultrasónica al final de la instrumentación ha

demostrado remover una mayor cantidad de barrillo dentinario en comparación de si solo irrigamos (Ilustración 5) (9, 23).

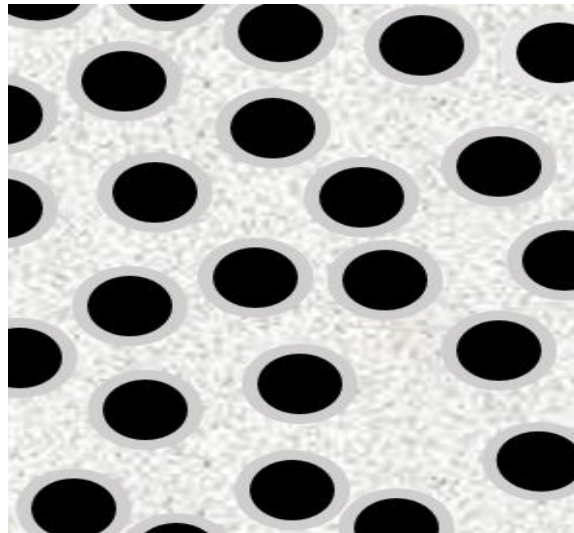


Ilustración 5. Representación gráfica de tubulillos dentinarios después de la activación del irrigante.

Representación gráfica de tubulillos dentinarios después de la activación del irrigante.

2.5.1. ACTIVACIÓN MANUAL

La activación manual ha sido descrita como una técnica de bajo costo que es capaz de limpiar las paredes del conducto, consiste en insertar en repetidas ocasiones una gutapercha ajustada a la longitud de trabajo, lo que va a permitir movimientos hidrodinámicos del irrigante dentro del conducto radicular produciendo la eliminación del barrillo dentinario a la vez se cree que también con estos movimientos se podría eliminar la burbuja de oxígeno que se localiza de 0-2 mm de la porción apical del conducto radicular (3, 12, 26).

2.5.2. ACTIVACIÓN SÓNICA

La irrigación sónica actúa con una frecuencia de 1-6 Hz generando una amplitud de onda mayor haciendo que el movimiento de la punta sea mayor comparada con la de un aparato ultrasónico, dicha amplitud no es afectada por el contacto con las paredes de los conductos, además evitará el cizallamiento y deformación de las

paredes a comparación del aditamento ultrasónico. Estos dispositivos son capaces de desalojar biopelícula que se encuentran en las paredes de los conductos, mediante el mecanismo de transmisión acústica, además de la cavitación hidrodinámica (27). Existen diferentes aparatos para llevar a cabo esta activación.

2.5.2.1. Endo Activator

Lanzado por la marca (Densply Tulsa Dental Specialities) está compuesto de una pieza de mano y puntas flexibles. Cuenta con una pieza de mano sónica e inalámbrica que es ergonómica, cuenta con 3 velocidades: de 2000, 6000 y 10000 ciclos por minuto (cpm) (1–3, 9, 28).

Las puntas están codificadas con colores, amarillo (pequeño), rojo (mediano) y azul (grande), los tamaños coinciden respectivamente a los colores ya mencionados con una lima 15/02, 25/04 y 35/04. La longitud que presentan estas puntas poliméricas flexibles, es de 22 mm (1–3, 28, 29). Dicho material no presenta cortes en la dentina, por dicho motivo no habrá perforaciones, ni transportaciones por las puntas de activación (1–3, 28).

2.5.2.2. EQ-S Metabiomed

El fabricante nos indica que presenta excelente eficacia en la limpieza, menos presión hacia el foramen apical, punta con una forma cónica, fuerte y muy flexible, es ligero y muy ergonómico. Es inalámbrico y además muy fácil de usar, solo cuenta con un botón de encendido (3).

El peso de la pieza de mano con la punta ya conectada es de 43 gramos. El sistema incluye 3 puntas, una chica (15/02) color blanco, mediana (25/02) roja, grande (35/02) verde. Estas puntas miden 23 mm de largo, cada una de estas puntas cuentan con dos marcas, una que se encuentra a 18 mm y la otra a 20 mm (3).

2.5.3. ACTIVACIÓN ULTRASÓNICA

La activación ultrasónica trabaja aproximadamente de 28-32 kHz de frecuencia, y pueden ser utilizados sistemas como Endo Ultrasonic Tip, Endodontic Synergy,

Munich, Alemania, NSK Varios 370, Ultramint, entre otros, que son capaces de activar puntas metálicas para la producción de cavitación mediante vibración al irrigante dentro del conducto, de igual manera son utilizados para la remoción de cálculos, la localización de conductos, la eliminación de postes de fibra de vidrio o metálicos, también es un gran auxiliar que puede ser utilizado para la obturación de conductos o incluso en los retratamientos no quirúrgicos y en cirugía apical. (3, 11, 30).

Estos sistemas trabajan a una alta frecuencia, pero con una baja amplitud, cuenta con puntas especiales diseñadas para oscilar dentro del conducto, la frecuencia que utilizan esta en el límite del porcentaje perceptible del ser humano, su vibración es transversa con un patrón característico de nodos y antinodos durante toda su longitud (27, 30), es difícil controlar que la punta del ultrasonido en movimiento no este cortando o deformando el conducto, esto puede propiciar accidentes operatorios como perforaciones, escalones o irregularidades en el conducto radicular ya instrumentado (3, 27, 28).

Durante el movimiento oscilatorio transmitido por la punta hacia el irrigante induce transmisión acústica y cavitación del irrigante permitiendo la remoción de barrillo dentinario de las paredes del conducto, así mismo elimina la burbuja de oxígeno formada por la irrigación e instrumentación (3, 11, 28).

2.5.3.1. Ultrasonido Ultramint

UltraMint es un ultrasonido universal apto para trabajar en las áreas de periodoncia y endodoncia dependiendo la punta que se utilice, está compuesto por una pieza de mano tipo EMS o Satelec con llave universal, el monitor cuenta con un sistema táctil inteligente ultrasensible y resistente al agua, además es capaz de evitar infecciones cruzadas ya que cuenta con un método de auto limpieza inteligente que facilita la desinfección, su pieza de mano desmontable incluye luz LED lo que brinda una mejor visibilidad a la hora de trabajar es apto para el autoclave, su pieza de mano y pedal son ergonómicos, se puede controlar el agua directamente desde la pieza de mano y trabaja a una amplia gama de frecuencia de 25kHz-42kHz, existe una

versión sin contenedor de agua que lleva el nombre de UltraMint y otra versión con dispensador de agua que lleva el nombre de UltraMint Pro en la cual también pueden colocarse los irrigantes de nuestra elección, este dispensador tiene una capacidad de 900 ml y cuenta con escalas desde 20 ml haciéndolo ideal para preparar directamente las soluciones desinfectantes que utilizaremos (31).

2.5.3.2. *Ultra X*

Es un sistema de activación ultrasónica sin conexiones ni cables, con una frecuencia que va desde 45 kHz con batería de 1500 mAh que dura hasta 4.5 horas de uso continuo. Puede causar efecto acústico y de cavitación, es capaz de remover el barrillo dentinario, acabar con el biofilm de las bacterias y así limpiar la anatomía compleja de los conductos radiculares. Su contrángulo es ergonómico, cuenta con una base para su colocación además de tres puntas que son intercambiables entre sí, una XGold que es súper potente, una XBlue que es flexible y una XSilver que es suave y flexible, todas pueden pasar por el proceso de esterilizado en autoclave, se pueden encontrar en tamaños de 20/02 y de 25/02 con un largo de 18 y 21 mm (25, 32, 33).

2.6. IRRIGACIÓN CON PRESIÓN APICAL NEGATIVA (ENDOVAC)

Endo Vac es un sistema de irrigación de presión apical negativa diseñado para depositar el irrigante dentro del conducto al mismo tiempo que es aspirado realizando un recambio constante de este, permitiendo con esto la remoción del barrillo dentinario (26, 30, 34), el irrigante es capaz de llegar hasta el ápice gracias a la presión negativa creada por la succión que está cerca del ápice, la cánula inicial tiene una medida de 55 con una conicidad de .02, esta es usada para la porción cameral y el tercio cervical y medio, la micro cánula tiene un tamaño de 32, contiene 12 micro perforaciones permitiendo la irrigación de la porción apical del sistema de conductos (27, 29, 30).

2.6.1. *iVac*

El sistema iVac está diseñado para utilizarse durante la irrigación en el tratamiento de endodoncia, está diseñado en base a los principios de irrigación y desinfección

endodóntica; el primer concepto es la vibración ultrasónica, que actúa como catalizador de las soluciones irrigantes en conjunto con la cavitación y el efecto de turbulencia, el segundo concepto es la presión negativa que permite que el irrigante pase desde la cámara pulpar hacia el ápice sin extruirse por el foramen y el tercer concepto es el recambio del irrigante constante renovando la capacidad desinfectante del irrigante (35).

Conformado por una cánula de polímero de .35mm a .50 mm de diámetro que se encuentra conectada a la pieza de mano de un ultrasonido para crear vibraciones continuas provocando la activación del irrigante al mismo tiempo que realiza una presión negativa provocando un recambio constante del irrigante, evitando accidentes operatorios con las soluciones desinfectantes, así mismo creando el ambiente ideal para evitar el desarrollo bacteriano aunado a esto promueve la eliminación de barrillo dentinario dejando el conducto listo para el siguiente paso de la triada endodóntica, la obturación (35, 36).

2.7. OTROS MÉTODOS DE ACTIVACIÓN

Existen diferentes métodos de activación propuestos para la correcta desinfección y eliminación de barrillo dentinario de los conductos radiculares, entre ellos encontramos la activación con láser, la cual mejora la efectividad de la irrigación, utiliza una tecnología de pulsaciones laser para crear burbujas produciendo un efecto de cavitación del irrigante propiciando una mejor desinfección del conducto radicular (34, 37). La transmisión fotoacústica iniciada por fotones (PIPS) se realiza mediante un láser ligero Erbium: YAG el cual emite pulsaciones de corta duración que generan ondas que permiten que el irrigante se evapore formando burbujas de vapor, a su vez produciendo cavitación del irrigante (16, 36). La transmisión fotoacústica de emisión mejorada de ondas de choque (SWEEPS), la cual es activada por el láser Erbium: YAG transmitiendo ondas dobles y más cortas produciendo burbujas más fuertes que permitiendo una mejor eliminación de barrillo dentinario y biofilm (16, 38). Así mismo el irrigante se puede potencializar mediante la desinfección foto activada (PAD) o por desinfección por luz activada (LAD) estos métodos utilizan un foto sensibilizador el cual se adhiere a la superficie que contiene

bacterias y absorbe la luz emitida, esta puede ser luz azul o infrarroja que al contacto con el foto sensibilizador produce oxígeno el cual provoca un efecto bactericida (36).

Por otro lado tenemos el sistema Gentle Wave (GW) que está conformado por una pieza de mano conectada a una consola y a un contenedor, desde la pieza de mano al contenedor se removerán los gases producidos por las soluciones, este provoca un efecto de vacío entre el diente y la pieza de mano evitando que se forme la burbuja de oxígeno en el área apical, las fuerzas de succión provocan micro burbujas capaces de provocar que el irrigante se mueva dentro del conducto mediante ondas de diferentes frecuencias, logrando una desinfección completa del sistema de conductos básicamente sin necesidad de la instrumentación, logrando una tasa de éxito de hasta el 93.7 % de los casos (36).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presencia de microorganismos es uno de los principales factores que compromete el éxito del tratamiento de conductos; la complejidad de la anatomía interna dificulta el paso de los irrigantes a través de las diferentes ramificaciones, limitando la correcta desinfección durante la preparación biomecánica.

En los últimos años se han desarrollado diferentes alternativas para potenciar y distribuir los agentes irrigantes dentro del sistema de conductos, propiciando una correcta desinfección y eliminación de restos orgánicos e inorgánicos para aumentar la tasa de éxito del tratamiento, por lo que nos planteamos la siguiente pregunta ¿Habrá diferencia significativa en la penetración del NaOCl en los túbulos dentinarios activados mediante el sistema EQ-S, Ultra X o iVac?.

IV. JUSTIFICACIÓN

Una de las piedras angulares del tratamiento de endodoncia es la desinfección. La activación de los irrigantes dentro del conducto se ha vuelto un paso indispensable dentro de la endodoncia, la correcta eliminación del barrillo dentinario, bacterias y restos orgánicos es de vital importancia para el éxito del tratamiento.

Hoy en día existen diferentes sistemas para lograr que exista contacto íntimo entre el irrigante y los tubulillos dentinarios, considerando lo anterior, se pretende comparar qué sistema de activación si EQ-S, ultra X o iVac genera una mayor penetración del NaOCl en los túbulos dentinarios y por lo tanto una mayor desinfección de estos.

V. HIPOTESIS

5.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La caracterización planteada en esta investigación nos permitirá identificar diferencias en la penetración del NaOCl al 5.25% en los túbulos dentinarios con los sistemas evaluados en este proyecto.

5.2. HIPÓTESIS NULA (H0)

No existirá diferencia estadísticamente significativa en el nivel de penetración de los túbulos dentinarios mediante la activación ultrasónica del NaOCl al 5.25% mediante EQ-S, Ultra X ni iVac en raíces de dientes uniradiculares, con un nivel de confianza del 95%.

5.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H1)

Al menos uno de los sistemas de activación evaluados en este estudio presentará diferencia estadísticamente significativa en el nivel de penetración del NaOCl 5.25% en los túbulos dentinarios, con un nivel de confianza del 95%.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la penetración del NaOCl al 5.25% en los túbulos dentinarios mediante diferentes sistemas de activación, sónica con EQ-S, ultrasónica con ultra X y presión apical negativa con iVac.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estandarizar y trabajar biomecánicamente las muestras.
2. Realizar protocolos de activación para cada grupo.
3. Seccionar las muestras con 2 mm de grosor y observarlas mediante fotografía en el programa Image J.
4. Evaluar estadísticamente los resultados obtenidos.

VII. VARIABLES

7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistemas de activación (empleados en este trabajo EQ-S, Ultra X y iVac).

7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de penetración del NaOCl en los tubulillos dentinarios medido en milímetros (mm).

7.3. OPERACIÓN DE LAS VARIABLES

Se evaluó la penetración del hipoclorito de sodio de los sistemas EQ-S, Ultra X y iVac. Para su análisis, las muestras fueron estandarizadas, instrumentadas, activadas y recortadas en el tercio cervical, medio y apical. La penetración del NaOCl al 5.25% fue observada mediante pigmentación de azul de metileno, fue captada mediante fotografías y observada en el programa Image J para su posterior análisis estadístico.

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Tipo de estudio

Experimental, *in vitro*.

8.2. Universo de estudio

56 Órganos dentarios uniradiculares, de un conducto, distribuidos en 4 grupos (n=14).

Grupo 1. Órganos dentarios uniradiculares activados con EQ-S.

Grupo 2. Órganos dentarios uniradiculares activados con Ultra X.

Grupo 3. Órganos dentarios uniradiculares activados con iVac.

Grupo control. Órganos dentarios uniradiculares sin activación.

8.2.1. Criterios de inclusión

Dientes humanos permanentes.

Dientes uniradiculares.

Dientes de un conducto.

Dientes con ápice maduro.

8.2.2. Criterios de exclusión

Dientes con conductos no permeables.

Dientes con reabsorción interna o externa.

Dientes con curvaturas apicales.

Dientes con fisuras o fracturas.

Dientes con tratamiento de conductos previo.

Dientes con caries radicular.

8.2.3. Criterios de eliminación

Dientes con instrumentos separados.

Dientes con fractura radicular.

8.3. Materiales e instrumental

La instrumentación de las muestras fue realizada con Protaper Gold (Dentsply, Bellaigues) hasta F3, irrigando entre cada instrumento con NaOCl al 5.25% (Cloralex, México) al terminar la instrumentación se irriego con solución fisiológica (Farmacia guadalajara, México) utilizada como solución de arrastre entre cada cambio de irrigante, se secó con puntas de papel #30 (Hygienic, Alemania), posteriormente se colocó EDTA 17% (MD-Cleanser, Meta Biomed) durante 1 minuto para eliminar el barrillo dentinario, se activó el irrigante como lo dice el fabricante de cada sistema; para el grupo 1 se activó con el sistema de activación sónica EQ-S (Metabiomed) con la punta roja (25/.02), para el grupo 2 se activó con Ultra X (Vitesa, Eighteeth) con la punta azul, para el grupo 3 con el sistema iVac (Pac-dent, Brea, California) con la cánula de 35 mm y el grupo control sin activación. Se repitió el protocolo de activación con azul de metileno para lograr ver la penetración del NaOCl en los tubulillos dentinarios. Se seccionaron fragmentos de 2 mm del tercio cervical, medio y apical utilizando un disco de diamante de baja velocidad para posteriormente observar la penetración del azul de metileno mediante fotografías y calcular la profundidad de penetración en mm con el programa Image J para después realizar el análisis estadístico.

8.4. Metodología

8.4.1 Selección y preparación de las muestras

Durante este estudio *in vitro* se utilizaron 56 órganos dentarios (OD) humanos uniradiculares a los cuales se les retiró el sarro con ultrasonido ultramint (Eighteeth) y punta G6 posteriormente se verificó que fueran de un conducto (Ilustración 6) mediante radiografía periapical (Radiovisógrafo nanopix E 1.3, eighteeth, vitesa) y rayo (hyperlight G, vitesa), se estandarizó la longitud a 15 mm, decoronando los dientes con disco de diamante (Deposito dental), se verificó la permeabilidad de los conductos con lima tipo k #10 (SybornEndo, Orange, Ca) obteniendo la longitud de trabajo (Lt) dejando que la lima sobrepasara el ápice y reduciendo 1 mm (39, 40), se instrumentó con limas Protaper gold (Dentsply, Bellaigues, Suiza) hasta la lima F3 con el motor X Smart Plus (Dentsply) (Ilustración 7) irrigando con hipoclorito de sodio (NaOHCl) (cloralex, supermercado) al 5.25% 1 ml entre cada instrumento con jeringa hipodérmica de 10 ml (Farmacia) y aguja 32 G (Endo-Eze, ultradent). Se selló el ápice y la porción cervical con resina fluida tipo block out (deposito dental) para evitar fugas del irrigante, además de colocar 2 capas de esmalte para uñas transparente en las paredes axiales de las muestras (Ilustración 8).

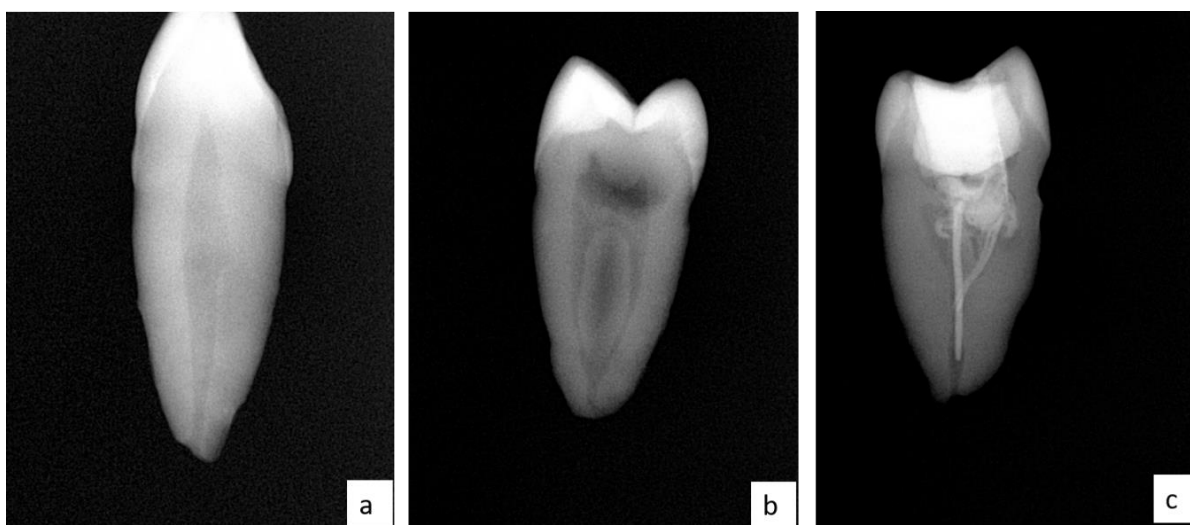


Ilustración 6. Radiografías de la selección de las muestras

Figura a. Imagen radiográfica de muestra de un conducto, b. Imagen radiográfica de muestra de 2 conductos y c. Imagen radiográfica de una muestra previamente tratada. Imágenes de muestras como b y c no fueron incluidas en este proyecto.

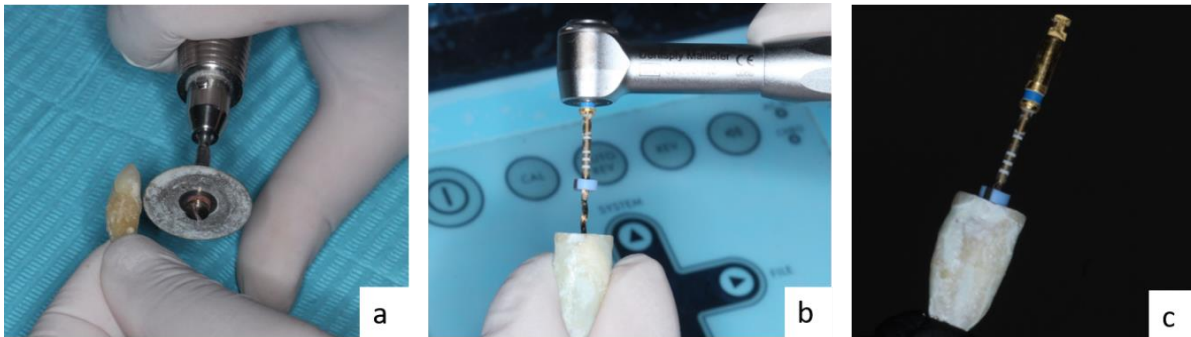


Ilustración 7. Protocolo de estandarización de las muestras

Imagen a. Estandarización de las muestras a 15mm. Imagen b. Instrumentación de las muestras. Imagen c. Lima F3 en longitud de trabajo.

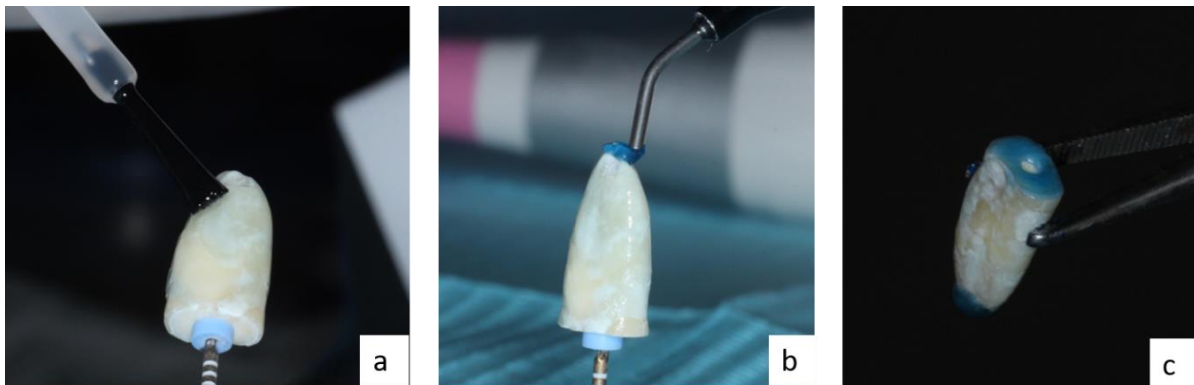


Ilustración 8. Sellado exterior de las muestras

Imagen a. Colocación de capa de barniz exterior. b. Sellado del ápice c. Sellado del nivel cervical.

8.4.2. Distribución y activación de los grupos

Se distribuyeron los 56 OD en 4 grupos, Grupo 1. OD uniradiculares activados con EQ-S; grupo 2. OD uniradiculares activados con Ultra X; grupo 3. OD uniradiculares

VIII. MATERIALES Y METODOS

activados con iVac; grupo 4, grupo control (Ilustración 9). Las muestras fueron activadas bajo el siguiente protocolo de desinfección:

1. 5 ml de solución fisiológica y secado con puntas de papel # 30.
2. 1 ml. De EDTA al 17% durante 1 minuto.
3. 5 ml de solución fisiológica y secado con puntas de papel # 30.
4. 1 ml. De NaOCl al 5.25% activado durante 20 segundos.
5. 3 ml de NaOCl al 5.25%
6. Repetir 3 ciclos el paso 4 y 5.
7. Secado con puntas de papel # 30.

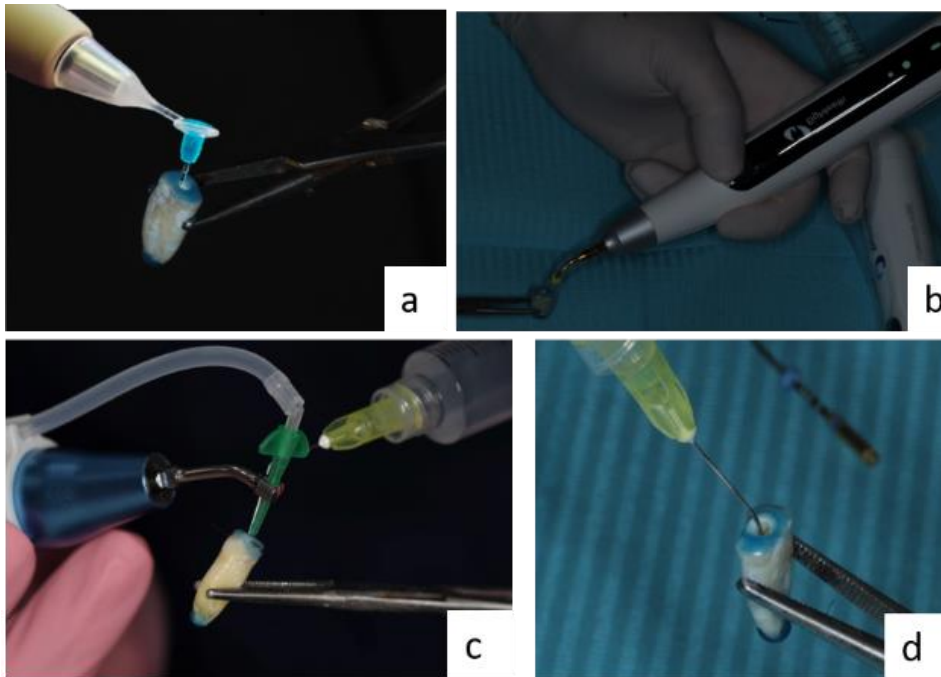


Ilustración 9. Tipos y sistemas de activación.

Sistemas utilizados en este proyecto a. Activación sónica con EQ-S; b. Activación ultrasónica con Ultra X; c. Activación de presión apical negativa con iVac; d. Sin activación.

Se colocó 1 ml de azul de metileno al 1% y se activó nuevamente bajo el sistema de activación correspondiente al grupo, simulando ser el último irrigante utilizado en el protocolo de desinfección propuesto en este proyecto y así poder observar su nivel de penetración en los túbulos dentinarios.

8.4.3. observación de las muestras

Se retiró la resina colocada, se realizaron 3 ranuras con disco de diamante en el tercio cervical (8mm del ápice), medio (5mm del ápice) y apical (2mm del ápice) Ilustración 10) con ayuda de una espátula se terminaron de unir las ranuras, posteriormente con discos de pulido grano medio y fino (3M) se pulieron irregularidades del corte; se tomaron fotografías con cámara profesional (Canon rebel T6), lente macro de 100 mm (Tokina) y ring flash (Yongnuo) de cada uno de los tercios de las muestras sobre una hoja de cuadrícula milimétrica (papelería),



Ilustración 10. ranuras horizontales.

Se realizaron 6 ranuras a los 2, 5, 8 cm desde el ápice a coronal respectivamente.

todas las fotografías fueron tomadas a la misma distancia de 30 cm con el máximo enfoque, se guardaron en formato JPG, seguido a esto se observaron los resultados obtenidos en el software Image J (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EE. UU.).

VIII. MATERIALES Y METODOS

Primeramente se calibro el programa para ingresar una distancia conocida (Ilustración 11) y así trazar líneas rectas calibradas que miden desde la pared interna del conducto hasta la parte pigmentada con azul de metileno midiéndolo en 16 puntos del conducto (Ilustración 12) para así calcular la profundidad de

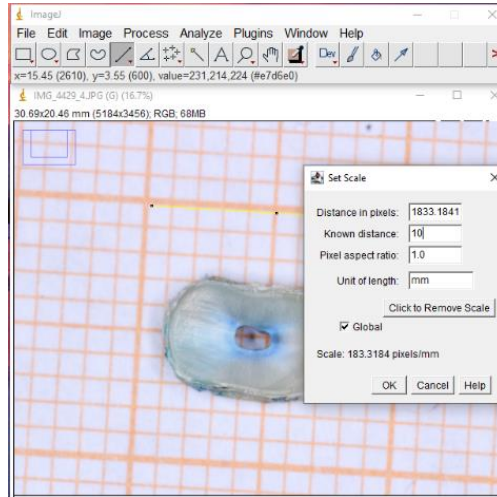


Ilustración 11. Calibración del software Image J.

Se traza en una línea recta en una distancia conocida como lo es en las hojas milimétricas en las cuales 1 cuadro son 10mm.

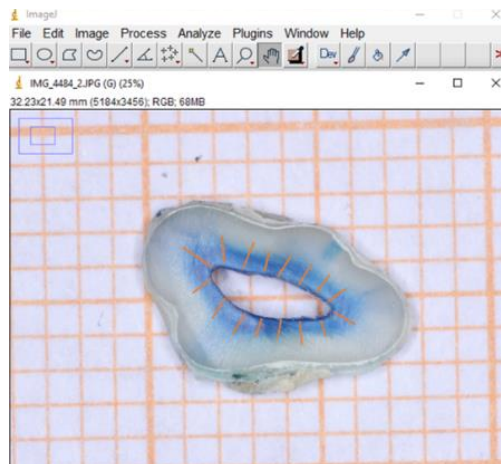


Ilustración 12. Puntos de medición.

Se traza una línea desde el inicio del conducto radicular hasta la zona pigmentada por azul de metileno, repitiéndolo por 16 veces.

penetración en mm, una vez capturadas las mediciones se calcularon las medias, desviación estándar, valor mínimo y valor máximo de cada grupo y a su vez de cada tercio, para posteriormente ser evaluado estadísticamente (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4). Algunas de las fotografías de los cortes que se analizaron de cada grupo se muestran en la Ilustración 13.

Tabla 1. Activación sónica con EQ-S

RESULTADOS GRUPO 1 ACTIVACIÓN CON EQ-S

# MUESTRA	CERVICAL	MEDIO	APICAL
1	0.8308125	0.3606875	0.0438125
2	0.2748125	0.2681875	0.09475
3	0.8054375	0.500125	0
4	0.4548125	0.1001875	0.0586875
5	0.842125	0.52225	0.1059375
6	0.30525	0.1733125	0.0289375
7	0.6555625	0.195875	0.060875
8	0.6228125	0.4945625	0.2425
9	0.9821875	0.2060625	0.0618125
10	0.350125	0.333625	0.0305625
11	0.361125	0.13025	0.0673125
12	0.430125	0.2660625	0.14425
13	0.2995	0.1586875	0.091125
14	0.5770625	0.43725	0.08344375
MEDIA	0.55655357	0.29622321	0.07957188
DESVIACION ESTANDAR	0.23700676	0.14606116	0.05924552
VALOR MÍNIMO	0.2748125	0.1001875	0
VALOR MÁXIMO	0.9821875	0.52225	0.2425

Tabla 2. Activación Ultrasónica con Ultra X

RESULTADOS GRUPO 2 ACTIVACIÓN CON ULTRA X

# MUESTRA	CERVICAL	MEDIO	APICAL
1	1.3170625	0.540875	0.052625
2	0.67875	0.4889375	0.104625
3	1.018125	1.060875	0.64525
4	0.6374375	0.6485625	0.0565
5	0.9236875	0.3284375	0.0545
6	0.764	1.286625	0.282
7	0.6965	0.772125	0.40925
8	0.87675	0.46575	0.0233125
9	0.81	0.597875	0.1298125
10	0.7070625	1.0778125	0.4218125
11	0.8434375	0.6273125	0.1278125
12	0.8245625	0.1364375	0.0406875
13	0.997625	0.6359375	0.070375
14	1.1736875	0.8784375	0.343125
MEDIA	0.87633482	0.68185714	0.19726339
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.1956459	0.3103845	0.19104068
VALOR MÍNIMO	0.6374375	0.1364375	0.0233125
VALOR MÁXIMO	1.3170625	1.286625	0.64525

Tabla 3. Activación de presión apical negativa con iVac

RESULTADOS GRUPO 3 PRESIÓN APICAL NEGATIVA

# MUESTRA	CERVICAL	MEDIO	APICAL
1	0.2409375	0.1013125	0.170125
2	0.383625	0.53375	0.4621875
3	0.162875	0.117375	0.0876875
4	0.4549375	0.8556875	0.36275
5	0.2185	0.211625	0.1425652
6	0.1383125	0.2164375	0.136625
7	0.2139375	0.1476875	0.1345625
8	0.4150625	0.783	0.3346875
9	0.4741875	0.0735625	0.05175
10	0.2451875	0.2838125	0.1358125
11	0.5436875	0.6379375	0.226875

VIII. MATERIALES Y METODOS

12	0.3655	0.4561875	0.15075
13	0.3804375	0.44775	0.0575625
14	0.403875	0.2104375	0.061625
MEDIA	0.33150446	0.36261161	0.17968323
DESVIACION ESTANDAR	0.12621897	0.25908686	0.12446118
VALOR MÍNIMO	0.1383125	0.0735625	0.05175
VALOR MÁXIMO	0.5436875	0.8556875	0.4621875

Tabla 4. Sin activación

RESULTADOS GRUPO 4 SIN ACTIVACIÓN

# MUESTRA	CERVICAL	MEDIO	APICAL
1	0.2794375	0.119875	0.04725
2	0.2118125	0.173	0.06
3	0.2273125	0.2225	0.0198125
4	0.16175	0.1068125	0.055375
5	0.2176875	0.149875	0.058375
6	0.369375	0.22775	0.016375
7	0.2235	0.1036875	0
8	0.262875	0.109875	0
9	0.4916875	0.4876875	0.0463125
10	0.1579375	0.159125	0.105
11	0.3146875	0.2134375	0.133875
12	0.1799375	0.26075	0.0848125
13	0.1251875	0.1223125	0
14	0.1143125	0.1886875	0
MEDIA	0.23839286	0.18895536	0.04479911
DESVIACIÓN ESTANDAR	0.10185767	0.09991608	0.04220404
VALOR MÍNIMO	0.1143125	0.1036875	0
VALOR MÁXIMO	0.4916875	0.4876875	0.133875

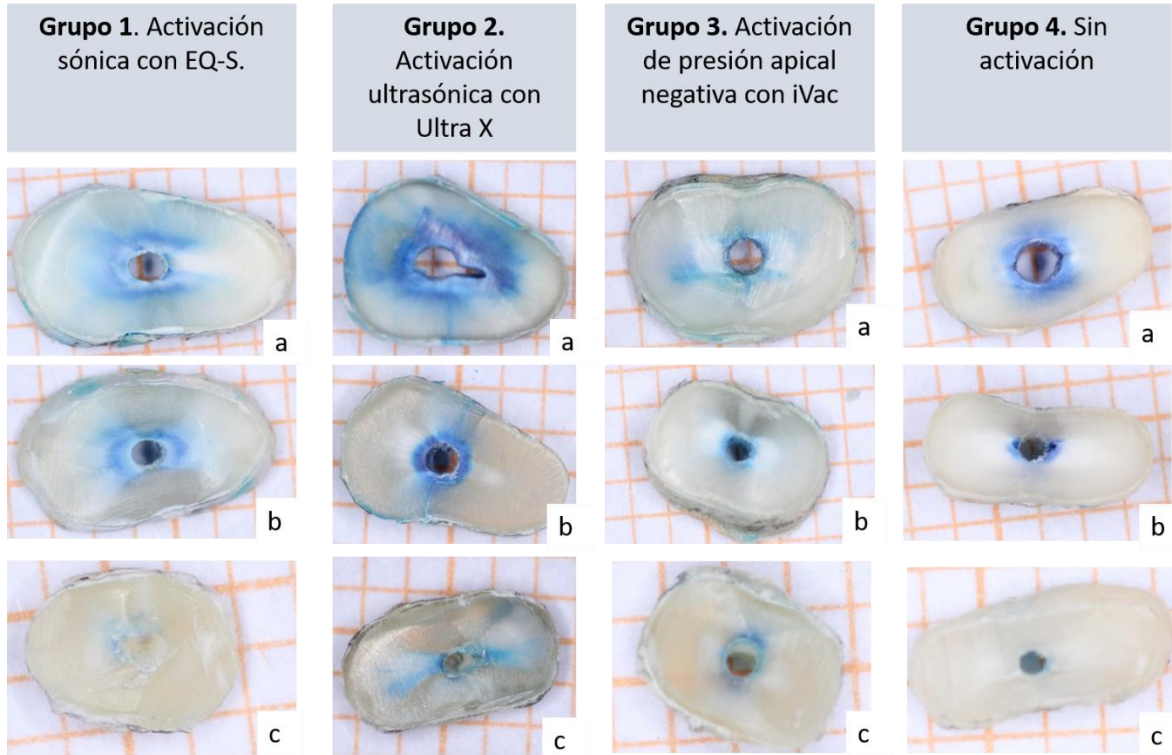


Ilustración 13. Imágenes de cada grupo.

Columnas indicadas para cada grupo, cada imagen con la letra a. Representa un corte del tercio cervical; con la letra b. Corte del tercio medio y letra c. Corte del tercio apical.

8.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo empleando el método de Análisis de la Varianza (ANOVA) de un factor en conjunto con el método post hoc de Tukey (programa IBM SPSS statistics). La diferencia estadística se consideró como significativa a $p < 0.05$.

IX. RESULTADOS

9.1. Profundidad de penetración del NaOCl

En base a los resultados del análisis estadístico ANOVA de 1 vía realizado con el programa SPSS para analizar las diferencias en la penetración de NaOCl en tubulillos dentinarios con diferentes sistemas de activación (Tabla 5), se rechaza hipótesis nula (H0) por lo que se realiza un análisis post hoc de Tukey para determinar que grupos difieren entre sí (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis estadístico ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tercio cervical	Entre grupos	3.383	3	1.128	37.355	<.001
	Dentro de grupos	1.570	52	.030		
	Total	4.953	55			
Tercio medio	Entre grupos	1.889	3	.630	12.929	<.001
	Dentro de grupos	2.532	52	.049		
	Total	4.421	55			
Tercio apical	Entre grupos	.234	3	.078	5.445	.002
	Dentro de grupos	.745	52	.014		
	Total	.979	55			

Tabla 6. Análisis post hoc de Tukey

Variable dependiente	(I) grupo	(J) grupo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Tercio cervical	1	2	-.3197812500*	.0656711867	<.001	-.494079069	-.145483431
		3	.2250491071*	.0656711867	.006	.050751288	.399346926
		4	.3181607143*	.0656711867	<.001	.143862895	.492458534
	2	1	.3197812500*	.0656711867	<.001	.145483431	.494079069
		3	.5448303571*	.0656711867	<.001	.370532538	.719128176
		4	.6379419643*	.0656711867	<.001	.463644145	.812239784
	3	1	-.2250491071*	.0656711867	.006	-.399346926	-.050751288
		2	-.5448303571*	.0656711867	<.001	-.719128176	-.370532538

IX. RESULTADOS

		4	.0931116071	.0656711867	.494	-	.2674094
						.081186212	26
	4	1	-.3181607143*	.0656711867	<.001	-	-
						.492458534	.1438628
							95
		2	-.6379419643*	.0656711867	<.001	-	-
						.812239784	.4636441
							45
		3	-.0931116071	.0656711867	.494	-	.0811862
						.267409426	12
Tercio medio	1	2	-.3856339286*	.0834055550	<.001	-	-
						.607000514	.1642673
							43
		3	-.0663883929	.0834055550	.856	-	.1549781
						.287754978	92
		4	.1072678571	.0834055550	.576	-	.3286344
						.114098728	42
	2	1	.3856339286*	.0834055550	<.001	.164267343	.6070005
							14
		3	.3192455357*	.0834055550	.002	.097878950	.5406121
							21
		4	.4929017857*	.0834055550	<.001	.271535200	.7142683
							71

IX. RESULTADOS

	3	1	.0663883929	.0834055550	.856	-	.2877549	
							.154978192	78
		2	-.3192455357*	.0834055550	.002	-	-	-
						.540612121	.0978789	50
		4	.1736562500	.0834055550	.172	-	.3950228	35
						.047710335		
	4	1	-.1072678571	.0834055550	.576	-	.1140987	28
						.328634442		
		2	-.4929017857*	.0834055550	<.001	-	-	-
					.714268371	.2715352	00	
	3	-.1736562500	.0834055550	.172	-	.0477103	35	
					.395022835			
Tercio apical	1	2	-.11769151786	.04522891690	.057	-	.0023504	972
						.237733533	0	
		3	-.10011135357	.04522891690	.133	-	.0199306	615
					.220153368	7		
	4	.03477276786	.04522891690	.868	-	.1548147	830	
					.085269247	2		

IX. RESULTADOS

2	1	.11769151786	.04522891690	.057	-	.2377335
					.002350497	330
					2	
3	3	.01758016429	.04522891690	.980	-	.1376221
					.102461850	794
					8	
4	4	.15246428571*	.04522891690	.008	.032422270	.2725063
					6	008
3	1	.10011135357	.04522891690	.133	-	.2201533
					.019930661	687
					5	
4	2	-.01758016429	.04522891690	.980	-	.1024618
					.137622179	508
					4	
4	4	.13488412143*	.04522891690	.022	.014842106	.2549261
					3	365
4	1	-.03477276786	.04522891690	.868	-	.0852692
					.154814783	472
					0	
4	2	-	.04522891690	.008	-	-
		.15246428571*			.272506300	.0324222
					8	706
4	3	-	.04522891690	.022	-	-
		.13488412143*			.254926136	.0148421
					5	063

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Los resultados del análisis post hoc de Tukey revelaron que existe diferencia significativa entre los siguientes grupos:

9.1.1. TERCIO CERVICAL

Grupo 1 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 2, 3 y 4; grupo 2 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 1, 3 y 4.; grupo 3 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 1 y 2, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 4; grupo 4 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 1 y 2, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 3 (Ilustración 14). En el tercio cervical, EQ-S y Ultra X presentan mayor eficacia en la penetración del NaOCl comparado con iVac y el grupo control, mientras que iVac y el grupo control no difieren significativamente entre sí (Ilustración 14,).

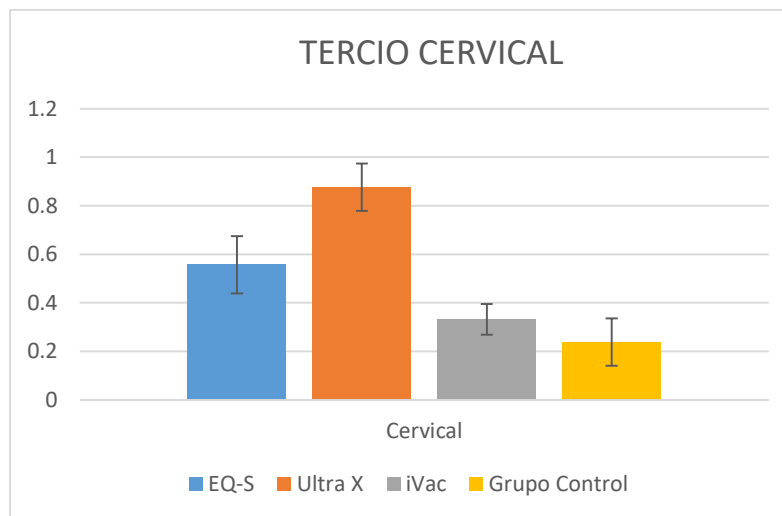


Ilustración 14. Tercio Cervical

9.1.2. TERCIO MEDIO

Grupo 1 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 2, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 3 y 4; grupo 2 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 1, 3 y 4.; grupo 3 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 2, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 1 y 4; grupo 4 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 2, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 1 y 3 (Ilustración 15). En el tercio medio, hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) a favor del Ultra x comparado con los demás grupos (Ilustración 15).

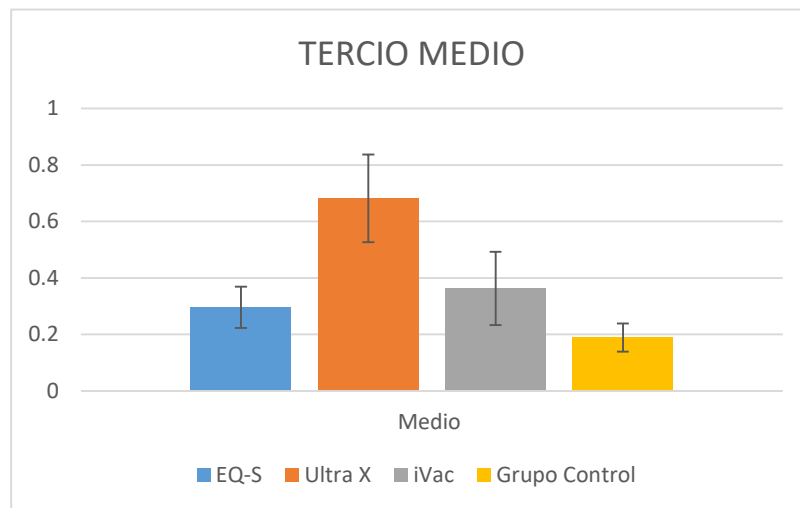


Ilustración 15. Tercio medio

9.1.3. TERCIO APICAL

Grupo 1 no tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con ninguno de los grupos en el tercio apical; grupo 2 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 4 y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 1 y 3; grupo 3 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con grupo 4, y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con el grupo 1 y 2; grupo 4 tuvo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) con

grupo 2 y 3 y no obtuvo diferencia estadísticamente significativa con el grupo 1 (Ilustración 16). En el tercio apical, la activación con EQ-S no difiere significativamente de ninguno de los otros grupos, mientras que Ultra X y iVac presentan diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) comparados con el grupo control, mientras que entre ellos presentan un comportamiento similar (Ilustración 16).

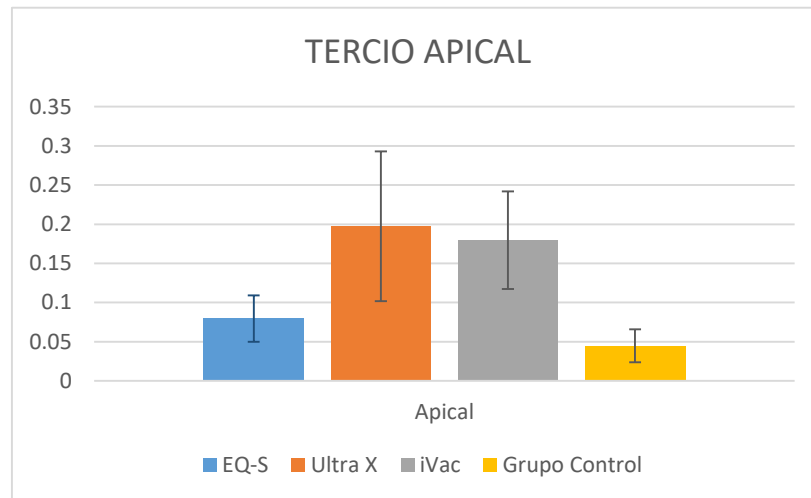


Ilustración 16. Tercio apical

X. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio *in vitro* fue evaluar la penetración del NaOCl en los túbulos dentinarios mediante diferentes tipos y sistemas de activación, sónica con EQ-S, ultrasónica con Ultra X, de presión apical negativa con iVac y un grupo control sin activación, donde en dientes extraídos de una raíz con un solo conducto se estandarizaron en longitud e instrumentación para evitar la mayor cantidad de sesgo, posteriormente se activó el NaOCl con los sistemas ya mencionados, después con azul de metileno como simulación del último irrigante utilizado.

El resultado obtenido fue una mayor eficacia en la penetración del NaOCl en los túbulos dentinarios mediante la activación ultrasónica con Ultra X en los tercios cervical y medio, Landolo y colaboradores en el 2020 encontraron que cuando el NaOCl es calentado y activado ultrasónicamente penetra 20% más los túbulos dentinarios (41), por lo que se pudiera deducir que al activar ultrasónicamente la temperatura del NaOCl aumenta y ser esta la razón de que en esta investigación se haya dado una diferencia estadísticamente significativa a favor de la activación ultrasónica con Ultra X en comparación con los otros grupos, sin embargo en el estudio de Macedo y colaboradores mencionan que al activar ultrasónicamente el irrigante aumenta únicamente 10°C la temperatura por lo que mencionan no es suficiente para aumentar la penetración del NaOCl a los túbulos dentinarios(42,43).

El grupo control sin activación presentó los promedios más bajos de penetración en los tubulillos dentinarios y el grupo con activación ultrasónica los más altos concordando con los resultados presentados en el estudio de Landolo y colaboradores en el 2022, donde mencionan que el NaOCl tiene una mayor penetración con activación ultrasónica que con la irrigación convencional con aguja y jeringa (41). Aunque en el presente estudio no se evaluó la presencia de debris se puede inferir que la activación ultrasónica con Ultra X presenta una mayor eliminación de debris tomando los datos de Landolo y colaboradores en el 2020 donde mencionan que observaron una diferencia significativa con la activación ultrasónica del irrigante calentado en comparación con el grupo con irrigación

convencional, el cual presentaba presencia de debris mayor al 25% y al 50% en algunas de las secciones de las muestras (44), de igual manera en el estudio de Montaser y colaboradores en el 2023 donde evaluaron la limpieza de istmos en molares inferiores mediante la activación sónica con Eddy y ultrasónica con puntas irrisafe encontraron que hubo diferencia significativa en los tres tercios evaluados entre la activación sónica con Eddy y la activación ultrasónica con irrisafe en comparación con el grupo control al igual que una mayor limpieza en la zona apical a favor de la activación ultrasónica con irrisafe comparada con el grupo de activación sónica con Eddy (4), por lo que se puede inferir que con los resultados de penetración del NaOCl obtenidos en este proyecto, tanto en el grupo de activación sónica como en el grupo con activación ultrasónica obtendríamos túbulos dentinarios con mayor limpieza comparado con el grupo control, incluso en el tercio apical.

En el estudio de Guo y colaboradores en el 2014 encontraron diferencias significativas entre la comparación de los tercios cervical, medio y apical de cada uno de sus grupos mostrando que la porción cervical presentaba los mejores resultados, seguidos del tercio medio y después apical. concluyeron que todos sus grupos no obtuvieron diferencias significativas entre ellos en los tercios medio y apical, resultado similar al que se obtuvo en esta investigación en donde se compararon los tercios obteniendo los mayores promedios en el tercio cervical seguido del tercio medio y al final apical, mismos que entre cada grupo no hubo diferencia estadísticamente significativa (39), de igual manera Galler y colaboradores en el 2019 obtuvieron como resultado que la media de su grupo control fue inferior en la penetración del NaOCl comparado con todos los demás grupos, observando que la media de penetración del NaOCl fue mejor en la activación sónica con Eddy, seguido de PIPS, activación ultrasónica, MDA y SWEEPS. En la evaluación por separado de los tercios se dio un patrón de decadencia de mayor a menor penetración, respectivamente, en el tercio cervical, medio y apical en todos los grupos (38), como sucedió en el presente estudio.

En el estudio de Sales de Oliveira y colaboradores donde valoraron la efectividad de nuevos sistemas de irrigación en la remoción del barrillo dentinario y la disolución de materia orgánica, determinaron que iVac mostro una capacidad similar a la activación ultrasónica mismos que son superiores a la irrigación convencional sin activación (45) que aunque se evaluaron diferentes variables al presente estudio se puede comparar ya que los resultados obtenidos se comportaron de manera similar en esta investigación, sobre todo en el tercio apical.

Tanto la remoción de barrillo dentinario como la penetración del NaOCl en los túbulos dentinarios de la porción apical es muy variable si lo comparamos con los otros dos tercios, esto puede deberse a que tanto el conducto como los tubulillos en esta zona son de menor diámetro y cantidad por lo que disminuye el contacto del irrigante con las paredes de la dentina disminuyendo la capacidad de entrar a los tubulillos (19, 46, 47)

Aunque en la literatura no exista un protocolo estandarizado ideal para la activación del NaOCl, en múltiples estudios se concluye que utilizar cualquier método para causar turbulencia en el conducto radicular propicia la remoción de barrillo dentinario y la desinfección del sistema de conductos (44, 45).

XI. CONCLUSIONES

En este proyecto de investigación se compararon diferentes tipos y sistemas de activación, sónica con EQ-S, ultrasónica con Ultra X, de presión apical negativa con iVac y un grupo control sin activación para evaluar la profundidad de penetración del NaOCl dentro de los túbulos dentinarios, con esta investigación se puede llegar a la siguiente conclusión:

En el tercio cervical y medio se observó una mayor eficacia de penetración del NaOCl mediante la activación de Ultra X (grupo 2), los mejores resultados en el tercio apical se observaron utilizando la activación de Ultra X (grupo 2) y iVac (grupo 3) mientras que no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre grupo 2 (Ultra X) y grupo 3 (iVac) en el tercio apical.

Por lo que se comprobó que la activación ultrasónica con Ultra X tiene una mayor capacidad de impulsar el NaOCl dentro de los túbulos dentinarios en los tres tercios, propiciado así una mayor desinfección del sistema de conductos.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) de este proyecto.

XII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la experimentación en un mayor número de muestras y en órganos dentarios con istmos o raíces con múltiples conductos y curvaturas.

Se recomienda utilizar otra sustancia con tensión superficial más parecida al NaOCl para su medición.

Se recomienda utilizar un método de observación y medición más preciso y tecnológico.

Se recomienda evaluar la penetración del hipoclorito de sodio ensanchando más el ápice.

Se recomienda analizar la posibilidad de fisuras o fracturas al utilizar el sistema de Ultra X.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Soares-Ilson J, Goldberg F GM. Endodoncia Técnica y fundamentos. Médica Panamericana; 2003. p. 330.
2. Estrela C. Ciencia endodóntica. 1 edición. Ltda. AM, editor. Artes Médicas Ltda; 2005. 1096 p.
3. Kenneth M. Hargreves LHB. Cohen Vias de la Pulpa. 11th ed. Kenneth M. Hargreves LHB, editor. Barcelona: Elsevier Inc.; 2016. 3612 p.
4. Montaser OK, Fayyad DM, Abdelsalam N. Efficacy of different irrigant activation techniques for cleaning root canal anastomosis. BMC Oral Health [Internet]. 2023;23(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02835-0>
5. Shen C, Gao B, Lv K, Yao H. Computational fluid dynamics in root canal irrigation. Int j numer method biomed eng. 2023;(September 2022):1–9.
6. Tzanetakis GN, Azcarate-Peril MA, Zachaki S, Panopoulos P, Kontakiotis EG, Madianos PN, et al. Comparison of Bacterial Community Composition of Primary and Persistent Endodontic Infections Using Pyrosequencing. J Endod [Internet]. 2015;41(8):1226–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.010>
7. Van der Sluis LW. Endodontic diagnosis. Am Assoc Endodontists. 2013;112(11):420–6.
8. Aksebzeci BH, Asyali MH, Kahraman Y, Er Ö, Kaya E, Özbilge H, et al. Classification of root canal microorganisms using electronic-nose and discriminant analysis. Biomed Eng Online. 2010;9:1–13.
9. Mancini M, Cianconi G, Bedini R, Pecci R, Cianconi L, Pasquantonio G. Removal of Accumulated Hard Tissue Debris (AHTD) from Root Canals with

- an Electric Current Device: A MicroCT Preliminary Report. *Appl Sci.* 2022;12(4).
10. Basrani B MH. Update of Endodontic Irrigating Solutions. *Endod Top.* 2015;99–115.
 11. Basrani B. Endodontic irrigation. Vol. 49, *General dentistry.* 2001. 272–276 p.
 12. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, Chávez de Paz LE, Boutsoukis C. Ultrasonic Irrigant Activation during Root Canal Treatment: A Systematic Review. *J Endod.* 2019;45(1):31–44.
 13. Giardino L, Cavani F, Generali L. Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. *Int Endod J.* 2017;50(5):492–8.
 14. Generali L, Campolongo E, Consolo U, Bertoldi C, Giardino L, Cavani F. Sodium hypochlorite penetration into dentinal tubules after manual dynamic agitation and ultrasonic activation: a histochemical evaluation. *Odontology [Internet].* 2018;106(4):454–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0355-4>
 15. Faria G, Viola KS, Coaguila-Llerena H, Oliveira LRA, Leonardo RT, Aranda-García AJ, et al. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2019;52(3):385–92.
 16. Lei L, Wang F, Wang Y, Li Y, Huang X. Laser activated irrigation with SWEEPS modality reduces concentration of sodium hypochlorite in root canal irrigation. *Photodiagnosis Photodyn Ther [Internet].* 2022;39(April):102873. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.102873>
 17. Retsas A, Dijkstra RJB, van der Sluis L, Boutsoukis C. The Effect of the Ultrasonic Irrigant Activation Protocol on the Removal of a Dual-species Biofilm from Artificial Lateral Canals. *J Endod.* 2022;48(6):775–80.

18. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J*. 2010;43(1):2–15.
19. Paqué F, Rechenberg DK, Zehnder M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *J Endod*. 2012;38(5):692–5.
20. Werth JB. Generalidades sobre las bacterias. *Enfermedades infecciosas*. Univ Washingt Sch Pharm. 2018;1–6.
21. Kluge M, Trüschler J, Elamin F, Anderson A, Hellwig E, Altenburger M, et al. Improving the microbial sampling and analysis of secondary infected root canals by passive ultrasonic irrigation. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2022;26(6):4575–86. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04424-x>
22. Martinho FC, Leite FRM, Nascimento GG, Cirelli JA, Gomes BPF. Clinical investigation of bacterial species and endotoxin in endodontic infection and evaluation of root canal content activity against macrophages by cytokine production. *Clin Oral Investig*. 2014;18(9):2095–102.
23. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*. 1980;6(9):740–3.
24. Plotino G, Colangeli M, Özyürek T, DeDeus G, Panzetta C, Castagnola R, et al. Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig*. 2020;25:237–45.
25. Eighteeth. Ultra X [Internet]. Available from: <https://www.eighteeth.com/ultrasonic-device/9.html>
26. Jasrotia A, Bhagat K, Bhagat N BR. Comparison of Five Different Irrigation Techniques on Smear Layer Removal in Apical Thirds of Root Canals of Mandibular First Premolar: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Int Soc Prev Community Dent* |. 2019;9(831):630–6.

27. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *J Endod* [Internet]. 2009;35(6):791–804. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.010>
28. Andreani Y, Gad BT, Cocks TC, Harrison J, Keresztes ME, Pomfret JK, et al. Comparison of irrigant activation devices and conventional needle irrigation on smear layer and debris removal in curved canals. (Smear layer removal from irrigant activation using SEM). *Aust Endod J*. 2021;47(2):143–9.
29. Desai P, Himel V. Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. *J Endod* [Internet]. 2009;35(4):545–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.011>
30. Magni E, Jäggi M, Eggmann F, Weiger R, Connert T. Apical pressures generated by several canal irrigation methods: A laboratory study in a maxillary central incisor with an open apex. *Int Endod J*. 2021;54(10):1937–47.
31. Eighteeth. UltraMint Pro & UltraMint [Internet]. Available from: <https://www.eighteeth.com/ultrasonic-device/8.html>
32. Güven Y, Ali A, Arslan H. Efficiency of Endosonic Blue, Eddy, Ultra X and Endoactivator in the removal of calcium hydroxide paste from root canals. *Aust Endod J*. 2022;48(1):32–6.
33. Adl A, Razavian A, Eskandari F. The efficacy of EndoActivator, passive ultrasonic irrigation, and Ultra X in removing calcium hydroxide from root canals: an in-vitro study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2022;22(1):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02626-z>
34. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Dall’Asta L, Cianconi L. FESEM evaluation of smear layer removal using different irrigant activation methods (EndoActivator, EndoVac, PUI and LAI). An in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):993–

- 9.
35. Pac Dent. IVac™ Apical Negative Pressure Irrigation And Activation System [Internet]. Available from: <https://pac-dent.com/products/ivac™>
36. Basam RC. Emerging Trends in Root Canal Disinfection. *Acta Sci Dent Sci.* 2023;(January):3–6.
37. Ryeol Park A, Choi M, Seo j, Hyun-Park E, Wook-Yang S, Won-Jun S, Ho-Young K WK. Root canal irrigation system using remotely generated high-power ultrasound. *Ultrason Sonochem.* 2022;90.
38. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J.* 2019;52(8):1210–7.
39. Guo X, Miao H, Li L, Zhang S, Zhou D, Lu Y, et al. Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60°C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal. *BMC Oral Health.* 2014;14(1):4–6.
40. Irrigant SRC, Tonini R, Giovarruscio M, Gorni F, Ionescu A, Brambilla E, et al. In Vitro Evaluation of Antibacterial Properties and Smear Layer Removal / Sealer Penetration of a Novel. *Materials (Basel).* 2020;1(13):1–194.
41. Iandolo A, Abdellatif D, Barbosa AFA, Scelza G, Gasparro R, Sammartino P, et al. Confocal laser scanning microscopy evaluation of roots subjected to activation protocol in endodontic microsurgery. *Aust Endod J.* 2022;48(1):77–81.
42. Macedo RG, Verhaagen B, Wesselink PR, Versluis M, van der Sluis LWM. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. *Int Endod J.* 2014;47(2):147–54.
43. Leonardi DP, Grande NM, Tomazinho FSF, Marques-da-Silva B, Gonzaga

- CC, Baratto-Filho F, et al. Influence of activation mode and preheating on intracanal irrigant temperature. *Aust Endod J.* 2019;45(3):373–7.
44. Iandolo A, Abdellatif D, Amato M, Pantaleo G, Blasi A, Franco V, et al. Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J.* 2020;46(2):204–9.
45. de Oliveira Neto RS, de Souza Lima LA, Titato PCG, de Andrade FB, Vivan RR, Alcalde MP, et al. Effectiveness of a new endodontic irrigation system for removing smear layer and dissolving simulated organic matter. *Clin Oral Investig* [Internet]. 2024;28(1):1–6. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05418-z>
46. de Oliveira RA, Weissheimer T, Só GB, da Rosa RA, Souza MA, Ribeiro RG, et al. Dentinal tubule penetration of sodium hypochlorite in root canals with and without mechanical preparation and different irrigant activation methods. *Restor Dent Endod.* 2023;48(1):1–11.
47. Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without Surfactants or Ultrasonics on Removal of Smear Layer. *J Endod.* 2007;33(4):472–5.
48. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2018;51(6):605–21.