

ARTÍCULO DE REVISIÓNOnline ISSN: 2665-0193
Print ISSN: 1315-2823**Activación ultrasónica durante la preparación bio químico mecánica del tratamiento endodóntico no quirúrgico. Revisión de la literatura****Ultrasonic activation during biochemical mechanical preparation of non-surgical endodontic treatment. Literature review**Cantanzaro Gisselle¹, Villaroel Nelsin¹, Dorta Diana²¹Odontólogo. Residente Postgrado de Endodoncia Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela²Especialista en Endodoncia. Docente del Postgrado de Endodoncia. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.gissecatanzaro@gmail.comRecibido 15/09/2020
Aceptado 28/01/2021**Resumen**

La irrigación es esencial para optimizar la desinfección del sistema de conducto radicular, por lo tanto, deben ser consideradas diferentes alternativas que permitan que las soluciones irrigadoras entren en contacto directo con todas las paredes del conducto radicular, más aún, conociendo que siempre existirán algunas áreas que no son tocadas durante la preparación mecánica. El propósito de esta revisión bibliográfica es resaltar la ventaja de la activación ultrasónica para potenciar la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares durante la fase de la preparación bio químico mecánica del tratamiento endodóntico. Se realizó una búsqueda electrónica a través de PUBMED, Scielo, Google Académico y Trip Data-Base, con las palabras “Ultrasonic irrigation, ultrasound tips, medication, endodontics” entre los años 2012-2020 en español e inglés. Se concluye que el empleo de técnicas y equipos ultrasónico al momento de la irrigación del sistema de conductos radiculares durante el tratamiento endodóntico permite lograr una mejor desinfección aumentando la previsibilidad del éxito del tratamiento. Adicionalmente, la activación ultrasónica resulta en uno de los métodos más efectivos para la remoción del Ca(OH)₂, uno de los medicamentos intraconducto más utilizado durante la terapia endodóntica.

Palabras clave: Irrigación ultrasónica, puntas de ultrasonido, medicación, endodoncia.**Summary**

Irrigation is essential to optimize the disinfection of the root canal system, therefore, different alternatives should be considered that allow the irrigating solutions to come into direct contact with all the walls of the root canal, moreover, knowing that there will always be some areas that are not touched during mechanical preparation. The aim of this bibliographic review is to highlight the advantage of ultrasonic activation to enhance cleaning and disinfection of the root canal system during the mechanical biochemi-

cal preparation phase of endodontic treatment. The electronic consultation was carried out through with the database: PUBMED, Scielo, Google Academic and Trip Data-Base, with the words “Ultrasonic irrigation, ultrasound tips, medication, endodontics” between the years 2012-2020 in Spanish and English. We conclude that the use of techniques and ultrasonic equipment at the time of irrigation of the root canal system during endodontic treatment allows a better disinfection and increases the predictability of treatment success. Additionally, ultrasonic activation results in one of the most effective methods for the elimination of Ca(OH)₂, one of the most used intracanal medication during endodontic therapy.

Keywords: ultrasonic irrigation, ultrasound tips, medication, endodontics.

Introducción

Uno de los objetivos del tratamiento endodóntico es reducir la carga bacteriana a niveles compatibles con la cicatrización de los tejidos periapicales evitando la reinfección^{1,2}. Por tanto, la eliminación de la biopelícula bacteriana es un elemento fundamental para el éxito del tratamiento endodóntico^{3,4}. La biopelícula está compuesta por poblaciones bacterianas encerradas en una matriz de polisacáridos tridimensional de elaboración propia, infecciosa, altamente resistente y adherente³⁻⁵. Técnicas contemporáneas que incluyen la preparación y conformación del sistema de conductos radiculares, con énfasis en sistemas mecanizados rotativos o reciprocantes de Niquel-Titanio (NiTi)^{6,7} en conjunto con soluciones antibacterianas, han demostrado que aun realizándose cuidadosamente, entre 59.6% a 79.9%^{2,8} de las superficies de las paredes del conducto puede permanecer intactas, recordando además que durante este procedimiento se origina la formación del barro dentinario (*smear layer*), interfiriendo con la difusión de agentes

antimicrobianos desde irrigantes hasta medicamentos intraconductos^{9,10-14}, haciendo que la desinfección completa del sistema de conductos radiculares sea un gran desafío. En consecuencia, la irrigación y el desbridamiento químico⁵ constituyen una parte esencial del tratamiento de endodoncia, siendo la única forma de tratar aquellas áreas del conducto radicular que no son tocadas por la instrumentación mecánica.^{6,15-17}

En busca de nuevos métodos para brindar una desinfección adicional para el sistema de conductos radiculares y presumiblemente mejorar el resultado del tratamiento, se ha propuesto la irrigación ultrasónica como una técnica novedosa². Una combinación de la preparación, irrigación y medicación potenciada con vibraciones ultrasónica mejora la limpieza y desinfección de los conductos radiculares infectados obteniendo mejores resultados y mayor previsibilidad del tratamiento de conducto.^{18,19}

El uso de ultrasonido en endodoncia fue introducido por primera vez por Richman en 1957. El término *endosonics* fue acuñado por Martin y Cunningham en la década de 1980 y se definió como el sistema ultrasónico y sinérgico del conducto radicular durante la instrumentación y desinfección.^{20,21}

El ultrasonido es energía sonora con una frecuencia de onda entre 20 y 40 kHz por encima de la audición humana^{22,23}. Existen dos métodos básicos para producir ultrasonido: Magnetostricción y piezoeléctrico^{1,5}. El dispositivo ultrasónico piezoeléctrico se considera el más eficiente, debido a la mayor cantidad de ciclos por segundo (24 kHz), genera menos calor y las puntas operan en movimientos lineales de atrás hacia adelante, lo cual es ideal en la práctica endodóntica porque brindan mayor seguridad y control^{1,5,20,22,24,25}. Existe una gran variedad de puntas ultrasónicas con diferentes aleaciones, longitudes y diseños según el propósito que se

persiga durante el tratamiento endodóntico, que pueden ser utilizados con o sin refrigeración.²⁶

El término PUI (Passive Ultrasonic Irrigation) (Irrigación Ultrasónica Pasiva), fue utilizado por primera vez por Weller *et al.* en 1980 para describir la irrigación sin instrumentación simultánea. PUI es un protocolo de irrigación sin cortes^{2,27} que se emplea para activar un irrigante usando una lima o punta activada por ultrasonido, que no se usa para la preparación del conducto. El procedimiento abarca la colocación de la solución antimicrobiana usando una jeringa y la activación ultrasónica a través de una punta y se mueve pasivamente hacia arriba y hacia abajo para evitar que se enganche en las paredes del conducto radicular²⁸. Esta tecnología sin corte reduce el potencial de desviaciones del conducto, escalones y perforaciones radiculares.

Durante la PUI, la energía se transmite desde una lima oscilante de manera suave y ésta activa al irrigante por medio de ondas ultrasónicas que inducen dos fenómenos físicos: microcorriente acústica y cavitación del irrigante, así como también calor¹⁴. El primero se puede definir como un movimiento rápido del fluido en forma circular o vórtice alrededor del instrumento vibratorio, y la cavitación como la creación de burbujas de vapor o la expansión, contracción y/o distorsión de burbujas preexistentes en un líquido; ambos procesos se combinan resultando la formación de microburbujas y ondas hidrodinámicas que promueven agitación del líquido y, en consecuencia, optimiza mejor la limpieza del sistema de conductos radiculares^{12,13,23,29}. Puntas utilizadas en la activación ultrasónica pasiva (PUI):

-E1-Irrisonic (*Helse, SP, Brasil*) 20/.01, Punta activa, cortante y delicada, de diámetro equivalente a una lima manual 20, pero con conicidad reducida .01. Puede ser precurvada en su extremo³⁰. Posicionada a 2.0 mm menos de la longitud de trabajo, la configuración del ultra-

sonido será de potencia 1 (recomendada por el fabricante)^{14,31} (Fig. 1 A).

-Limas K³²: son instrumentos muy afilados y deben manipularse con precisión; son flexibles, pudiendo precurvarse previamente. Vienen en diferentes longitudes (21 mm y 25 mm) y con diámetros (Ø 10, 15, 20, 25, 30), con conicidad del 2%.³³ (Fig. 1 B).

-Limas Irrisafe (*Acteon Satelec, Merignac, Francia*) vienen de diferentes longitudes (21 mm y 25 mm) y diámetros (Ø 20 y 25). Su punta es roma, evitando cualquier riesgo de perforar el ápice o las paredes del canal³³. La inserción de la punta es a 1.0 mm ó 2mm menos de la longitud de trabajo sin tocar las paredes^{32,34} (Fig. 1 C). La configuración de la fuerza empleada con el equipo varía del 10% al 100% de potencia máxima, aunque la mayoría de las indicaciones del fabricante recomienda una potencia del 30%



- 35%^{31,32,35}.

Figura 1. (A) E1-Irrisonic (*Helse, SP, Brasil*), (B) Limas K, (C) Irrisafe (*Acteon Satelec, Merignac, Francia*)

El tiempo de activación de los irrigantes varía según el protocolo a emplear; el número de ciclos y la duración de estos cambia y/o alternan entre los diversos estudios experimentales³⁵. Algunos investigadores recomiendan el empleo de PUI por 20 segundos³⁶⁻³⁸, así como otros siguen el protocolo PUI de Van Der Sluis empleando tres ciclos de activación de 20 segundos cada uno y el reemplazo de la solución irrigante, promoviendo así una mejor limpieza, lo que sugiere la presencia de un efecto acumulativo^{11,39-43}.

El Dr. Gutarts propuso el uso de una aguja de irrigación activada por ultrasonido, colocada en el conducto a través del cual fluiría el hipoclorito de sodio (NaOCl), permitiendo que el irrigante sea reemplazado continuamente (Irrigación Ultrasonica Continua, CUI), publicando además resultados de investigaciones *in vivo*, indicando conductos e istmos de profundidad considerable más limpios, en raíces de molares mandibulares vitales con tiempos de irrigación de 1 minuto por canal, con 5,25% de NaOCl^{11,20,44}. Actualmente las puntas ultrasónicas disponibles comercialmente para CUI son:

-Punta ultrasónica ProUltra® Piezoflow™ (*Dentsply Tulsa Dental*) es de calibre 25 G, aguja de acero inoxidable y de punta roma^{20,45} (Fig. 2 A).

-Punta StreamClean™ Flo-thru (*Vista Dental Products*) es de punta roma, calibre 30 G, de aleación de níquel-titanio, con estrías externas^{20,45-48} (Fig. 2 B).

-Punta NiTiSonic® Ultrawave™ (*Ultradent Products Inc, South Jordan, Utah*): Instrumento de aleación NiTi, calibre 20.02; libera el irrigante desde su base, permitiendo que fluya hasta el final de la punta. El Ultrawave XS permite conectar botellas que contiene EDTA o NaOCl directamente al equipo de ultrasonido y usar el irrigante inmediatamente para PUI o CUI¹¹ (Fig. 2 C).

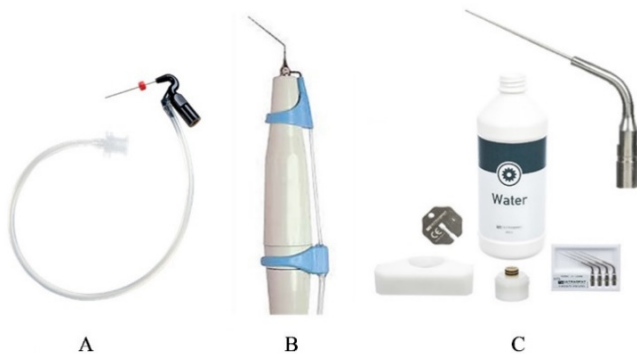


Figura 2: A. Punta Ultrasonica ProUltra® Piezoflow™ (*Dentsply Tulsa Dental*) B. Punta StreamClean™ Flo-thru (*Vista Dental Products*)

C. Punta NiTiSonic® Ultrawave™ (*Ultradent Products Inc, South Jordan, Utah*).

El uso de la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) se considera el estándar de oro para la activación de irrigantes a lo largo de la literatura actual⁴⁹, permitiendo la penetración de los diferentes irrigantes en áreas irregulares y remotas encontradas dentro del sistema de conductos radiculares, lo que conlleva a una mayor desinfección, mejor eliminación de barro dentinario y medicamentos^{1,39}.

Como es conocido, una de las estrategias empleada en la terapia endodóntica para potenciar y optimizar la desinfección es el uso de la medicación intraconducto. El hidróxido de calcio Ca(OH)₂ es uno de los medicamentos intraconducto más utilizados^{18,39,49-52}, el cual permite aumentar el número de túbulos dentinarios libres de bacterias debido a su pH básico⁵¹, propiedades antibacterianas⁵³, terapéuticas, biocompatibilidad^{51,53} y propiedades regenerativas^{1,39}.

La activación ultrasónica podría mejorar la eliminación de Ca(OH)₂ en las secciones apicales de 1-3mm y de 3-5 mm⁵⁰. Esto podría ser causado por el movimiento intenso, pequeño y circular del fluido creado alrededor de los instrumentos que están más próximos a la región apical que al extremo coronal del mismo⁴⁹.

Para ello se emplean puntas ultrasónicas específicas, como:

-Lima tipo K nro 15.02 (*EMS, Nyon, Suiza*)¹⁸ EMS adoptó el código de color ISO para facilitar la identificación⁵⁴ (Fig. 3 A).

-Lima tipo K nro 20.02 (*EMS, Le Sentier, Suiza*) (Fig. 3 A).

-Lima ultrasónica lisa ESI 15.02 (*EMS, Suiza*)^{1,51,55-58}. Lima lisa que no corta, hecha de aleación de níquel titanio (NiTi). Debe usarse con un adaptador de limas⁵⁴ (Fig. 3 B).

- Irrisafe 15.02 (Acteon Satelec, Merignac, Francia)^{50,59} (Fig. 1 C).
- Irrisafe 25.02 (Acteon Satelec, Merignac, Francia)³⁹ (Fig. 1 C).
- Irri S 21/25 (VDW)^{35,49} Instrumento liso60 (Fig. 3 C).
- Aguja de irrigación ultrasónica ProUltra PiezoFlow (Dentsply Tulsa Dental)⁶¹ (Fig.2 A).

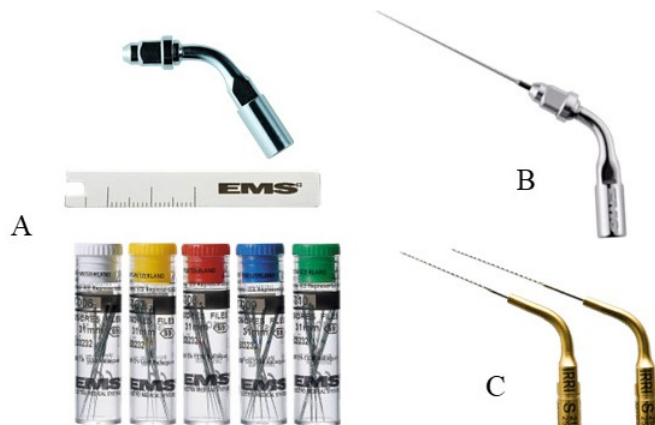


Figura 3. (A) Adaptador de limas, limas K, llave plana (EMS, Suiza), (B) Lima ESI (EMS, Suiza). (C) Lima Irri S 21/25 (VDW, Alemania)

Las limas deben ser colocadas a 1 mm menos de la longitud del trabajo^{39,49,51,59}, con movimientos de entrada y salida, con una amplitud de 5 mm⁹, sin tocar las paredes del conducto.^{55,59}

Este artículo busca resaltar la ventaja de la activación ultrasónica para potenciar la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares durante la fase de la preparación bio químico mecánica del tratamiento endodóntico.

Materiales y métodos

Para esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda electrónica inicial a través de los siguientes buscadores: PUBMED, Scielo, Google Académico y Trip Data-Base, utilizando las palabras clave: “irrigación ultrasónica, puntas de ultrasonidos, medicación, endodoncia” y

“ultrasonic irrigation, ultrasound tips, medication, endodontics” y limitando la búsqueda entre los años 2012 y 2020. Inicialmente se obtuvieron 632 resultados en Pubmed, 660 en Scielo, 873 en Google Académico y 497 en Trip Database. Se excluyeron los resultados con información irrelevante para la investigación, seleccionando solo los que tenían relación directa con el objetivo de esta, con resumen disponible y acceso al artículo completo en los idiomas inglés y español, obteniendo finalmente 68 artículos. Adicionalmente fue necesario citar publicaciones que han realizado importantes aportes en el tema tratado en la investigación.

Discusión

El método de irrigación comúnmente utilizado es el uso de jeringas y agujas convencionales para la limpieza química del sistema de conductos, pero esta técnica tiene limitaciones con respecto a la eliminación de restos dentinarios, deficiencia en el acceso y riego del tercio apical del conducto radicular y a las áreas de complejidad anatómica.^{29,62,63}

Sin embargo, investigadores empiezan a dar ciertos criterios con respecto al volumen y tipo de activación de soluciones irrigadoras⁶⁴. En nuestro artículo resaltamos la importancia de la activación ultrasónica en la fase de preparación bio químico mecánica para potenciar la limpieza y desinfección del sistema de conductos radiculares.

Pladisai *et al.*³⁴ en su estudio, establecieron diferentes protocolos de desinfección para sistemas de conductos radiculares, concluyendo que el uso de un agente antibacteriano complementado con PUI mostró una mejoría en la desinfección respecto a la irrigación convencional.⁶⁵

Sin embargo, demostró que fue más efectiva la desinfección del conducto con la

instrumentación mecanizada combinada con una solución antibacteriana.

Silva *et al.*² basados en los resultados de su revisión sistemática sobre la efectividad de PUI en la curación periapical y desinfección del conducto radicular, concluyeron que no hay evidencia que apoye el uso de PUI sobre la Irrigación No Activada (NAI) en la práctica clínica endodóntica.⁶⁶

Urban *et al.*³⁵ compararon la eliminación del barro dentinario con diferentes métodos de activación sónicos y ultrasónicos (PUI) en comparación con la irrigación manual, resaltando que las puntas flexibles utilizadas con instrumentos sónicos [EDDY (VDW, Munich Germany) y EndoActivator (EA; Denstply Maillefer Switzerland)], presentan una ventaja en comparación con las puntas rígidas utilizadas en PUI, alcanzando un mejor acceso en la porción apical del conducto incluso en conductos severamente curvos y pueden oscilar a pesar del contacto con las paredes del conducto, concluyendo que ambos métodos de activación tuvieron la misma eficacia y fueron significativamente superior en limpieza que la irrigación manual.³⁵

De-Deus *et al.*⁶⁴ compararon la eficacia del XP-endo Finisher (instrumento de aleación MaxWire que permite expandir su núcleo o cuerpo metálico durante la rotación dentro del conducto) y la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) como protocolo final de irrigación sobre la eliminación de desechos de tejido duro acumulados, demostrando que ambos tenían la misma efectividad.^{64,67}

La eficacia de un protocolo de activación ultrasónico y de renovación de irrigantes en tres pasos ha sido confirmada por Bao *et al.*⁹. PUI muestra un mejor efecto de limpieza que la irrigación con aguja convencional; estos resultados podrían atribuirse a la micro trans-

misión acústica producida a lo largo del instrumento por el dispositivo ultrasónico.^{1,9,35,68}

La combinación de la vibración ultrasónica, tiempo de activación y reposición del irrigante, promueven una mejor desinfección del sistema de conducto radicular, pero el constante recambio de la solución se ha convertido en un problema. Una técnica de activación de 3 minutos podría agregar casi 15 minutos de tiempo de tratamiento en un molar mandibular¹. Otro problema que se observó anteriormente era la posibilidad de irrigar en conductos curvos y en presencia de instrumentos separados.^{1,2}

Castelo-Baz *et al.*⁴⁴ realizaron una investigación donde se comparó la eficacia de dos técnicas ultrasónicas (PUI y CUI) con PPI (Irrigación Presión Positiva) con respecto a la profundidad de penetración del irrigante en canales laterales simulados en un estudio *ex vivo*.

El grupo CUI exhibió mayor penetración de la solución de contraste en un número significativamente mayor de conductos laterales; este resultado podría deberse al intercambio continuo de la solución y su activación optimizada a medida que pasa a través de la aguja ProUltra PiezoFlow energizada por ultrasonido.⁹

El hidróxido de calcio Ca(OH)_2 utilizado cuando el tratamiento endodóntico no se puede realizar en una cita y en sistemas de conductos radiculares infectados⁵¹, suele ser compacto y homogéneo ya que la recomendación para ejercer su efecto antibacteriano requiere que esté en contacto con las paredes dentinarias y microorganismos.⁵⁰

Por lo tanto, la eliminación del Ca(OH)_2 es difícil. La consistencia de este apósito va a depender del vehículo; las mezclas con soluciones acuosas son más fáciles de remover que las mezclas con sustancias aceitosas o viscosas.¹⁸

Debido a que los residuos de Ca(OH)_2 pueden afectar la capacidad de sellado de la obturación del conducto radicular^{53,65}, la eliminación del Ca(OH)_2 ha sido investigada en varios estudios experimentales con diferentes irrigantes y técnicas de remoción^{18,58}. El uso de ultrasonido resulta en una mayor eliminación de medicamentos y/o restos de detritus en zonas remotas del sistema de conducto radicular que lo logrado con la irrigación estándar^{1,17,58}. Sin embargo, los resultados de diversos artículos han sido controversiales¹; incluso PUI no pudo eliminar completamente el Ca(OH)_2 de las ranuras en la pared del conducto radicular^{1,18,39,49}, aunque, los resultados de diversos estudios revelan que la activación ultrasónica ha sido más efectiva en comparación con otras técnicas y los resultados han sido similares.^{18,39,49-51,53,55,59,65}

Según Wang *et al.*⁵⁰ la solución descalcificadora (EDTA y Ácido Cítrico) combinada con agitación ultrasónica fue el método más efectivo para eliminar el Ca(OH)_2 en los sistemas de conductos radiculares curvos. Pabel *et al.*¹⁸ sugiere necesaria una combinación de productos químicos y remoción mecánica, debido a que el NaOCl solo, no fue eficaz en la eliminación del Ca(OH)_2 , así como un intercambio continuo del irrigante.^{50,59}

También se reportaron sobre los buenos resultados obtenidos en estudios donde utilizan el EDTA para la eliminación de polvo de Ca(OH)_2 y el ácido cítrico en la eliminación de la pasta de Ca(OH)_2 con vehículo viscoso (propilenglicol), ambos ácidos activados con ultrasonidos (PUI).¹⁸

Los resultados contrastantes entre los estudios, puede deberse a las diferentes soluciones, al tipo de vehículo usado para mezclar el Ca(OH)_2 ³⁹ y a los métodos de evaluación⁶⁵. Zorzin *et al.*⁵¹ en su estudio utilizó el NaOCl alternando con ácido cítrico, por lo que sugiere el uso de agentes quelantes, aumentar el volumen de la solución

irrigante y diferentes modos de activación de la solución. Alturaiki *et al.*⁶¹ sugiere que la eficiencia de PUI no solo depende de la duración de la activación, sino que también se mejora con el reemplazo de irrigante.

La eliminación mecánica de Ca(OH)_2 con instrumentos de preparación del conducto radicular puede afectar la forma del conducto radicular preparado. La técnica ultrasónica también tiene el potencial de alterar la morfología del canal de manera impredecible durante la irrigación del conducto radicular cuando se usa para eliminar Ca(OH)_2 ⁵⁰. Wang *et al.*⁵⁰ en su estudio inicialmente desalojaron el Ca(OH)_2 de los canales simulados utilizando una lima K 15.

A través de la investigación se han observado diversos protocolos de irrigación para la eliminación de Ca(OH)_2 , donde se analizan volúmenes de soluciones irrigantes desde 8ml, 10 ml, hasta 20ml, dispensados simultáneamente^{55,59} dependiendo de la unidad ultrasónica utilizada, con irrigación inicial y final de 5ml^{1,39,55} con jeringa, alternando agentes quelantes con NaOCl⁵¹, desde 2 ciclos de activación⁵⁰, hasta 6 ciclos de activación¹⁸, hasta completar un tiempo desde 40 segundos⁵¹, 1 minuto^{39,59} y 2 minutos.⁴⁹

Conclusiones

Teniendo en cuenta la literatura actualmente disponible el empleo de técnicas de activación de irrigantes mediante técnicas ultrasónicas ayudan a potenciar el proceso de limpieza, desinfección y remoción de medicamentos utilizados dentro del sistema de conductos radiculares, durante la preparación bio químico mecánica, marcando una diferencia entre la irrigación convencional con aguja, la cual sigue siendo eficaz pero no lo suficiente, sugiriendo la importancia de la actualización y aplicación de nuevos métodos y equipos que puedan contribuir a una mejor

difusión de agentes irrigadores aumentando las tasas de éxito del tratamiento de endodoncia.

Adicionalmente, la activación ultrasónica y el empleo de agentes quelantes resulta en uno de los métodos más efectivos para la remoción del $\text{Ca}(\text{OH})_2$, uno de los medicamentos intraconducto más utilizado durante la terapia endodóntica.

Referencias

1. Agrawal P, Garg G, Bavabeedu SS, Arora S, Moyin S, Punathil S. Evaluation of Intracanal Calcium Hydroxide Removal with Different Techniques: A Scanning Electron Microscope Study. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(12):1463-8.
2. Silva EJNL, Rover G, Belladonna FG, Herrera DR, De-Deus G, Da Silva Fidalgo TK. Effectiveness of passive ultrasonic irrigation on periapical healing and root canal disinfection: a systematic review. *Br Dent J.* 2019;227(3):228-34.
3. Choi HW, Park SY, Kang MK, Shon WJ. Comparative Analysis of Biofilm Removal Efficacy by Multisonic Ultracleaning System and Passive Ultrasonic Activation. *Materials (Basel).* 2019;12(21):3492.
4. Robinson JP, Macedo RG, Verhaagen B, et al. Cleaning lateral morphological features of the root canal: the role of streaming and cavitation. *Int Endod J.* 2018;51:e55–e64.
5. Mohammadi Z, Shalavi S, Giardino L, Palazzi F, Asgary S. Impact of Ultrasonic Activation on the Effectiveness of Sodium Hypochlorite: A Review. *Iran Endod J.* 2015;10(4):216-20
6. Marinho AC, Polay AR, Gomes BP. Accuracy of Turbidimetric Limulus Amebocyte Lysate Assay for the Recovery of Endotoxin Interacted with Commonly Used Antimicrobial Agents of Endodontic Therapy. *J Endod* 2015;41(10):1653-9.
7. Tomson PL, Simon SR. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J.* 2016;5(2):46-53.
8. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, et al. Micro-CT Evaluation of Non-instrumented Canal Areas with Different Enlargements Performed by NiTi Systems. *Braz Dent J.* 2015;26(6):624-9.
9. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *J Endod.* 2017;43(2):321-5.
10. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod.* 2015;41(8):1359-63.
11. Bueno CRE, Cury MTS, Vasques AMV, et al. Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. *Braz Oral Res.* 2019;33:017.
12. Nagendrababu V, Jayaraman J, Suresh A, Kalyanasundaram S, Neelakantan P. Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):655-70.
13. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol and Oral Cir Bucal.* 2012;17(3).
14. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pécora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue

- debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*. 2017;50(4):398-406.
15. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*. 2014;216(6):299-303.
16. Marinho AC, Martinho FC, Zaia AA, Ferraz CC, Gomes BP. Monitoring the effectiveness of root canal procedures on endotoxin levels found in teeth with chronic apical periodontitis. *J Appl Oral Sci*. 2014;22(6):490-5.
17. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Muwaquet-Rodríguez S, Alberó-Monteagudo A. Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(2):185-93.
18. Pabel AK, Hülsmann M. Comparison of different techniques for removal of calcium hydroxide from straight root canals: an in vitro study. *Odontology*. 2017;105(4):453-9.
19. Arias MP, Maliza AG, Midena RZ, Graeff MS, Duarte MA, Andrade FB. Effect of ultrasonic streaming on intra-dentinal disinfection and penetration of calcium hydroxide paste in endodontic treatment. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(6):575-81.
20. Nusstein J.M. Sonic and ultrasonic irrigation. in: Basrani B. *Endodontic Irrigation: Chemical Disinfection of the Root Canal System*. 1st ed. Springer, New York; 2015: 173-198.
21. Park, E. Ultrasonics in endodontics. *Endodontic Topics*. 2013; 29(1):125-159.
22. Chen YL, Chang HH, Chiang YC, Lin CP. Application and development of ultrasonics in dentistry. *J Formos Med Assoc*. 2013;112(11):659-65.
23. Plotino G, Cortese T, Grande NM, et al. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J*. 2016;27(1):3-8.
24. Aguiar AC, de Meireles DA, Marques AA, Sponchiado Júnior EC, Garrido AD, Garcia Lda F. Effect of ultrasonic tip designs on intraradicular post removal. *Restor Dent Endod*. 2014;39(4):265-9.
25. Abella F, de Ribot J, Doria G, Duran-Sindreu F, Roig M. Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: a literature review. *J Endod*. 2014;40(3):325-32.
26. Patel, B. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery. Mastering Clinical Practice*. Springer, Switzerland; 2016:259-273.
27. Dioguardi M, Gioia GD, Illuzzi G, Laneve E, Cocco A, Troiano G. Endodontic irrigants: Different methods to improve efficacy and related problems. *Eur J Dent*. 2018;12(3):459-66.
28. Arruda-Vasconcelos R, Barbosa-Ribeiro M, Louzada LM, Mantovani GD, Gomes BP. Apically Extruded Debris Using Passive Ultrasonic Irrigation Associated with Different Root Canal Irrigants. *Braz Dent J*. 2019;30(4):363-7.
29. Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N. Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Braz Oral Res*. 2017;31:113.
30. Helse Ultrasonic [Internet]. Helse Endo Procedure Guides [citado 2020 Agosto 17]. Ativação da Solução Irrigadora; [alrededor de dos pantallas]. Disponible en: <https://helseultrasonic.com/procedure/ativacao-da-solucao-irrigadora>
31. Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, et al. Comparative Analysis of Dentinal

- Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *J Endod.* 2017;43(1):141-6.
32. 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.
 33. Acteon Group [Internet]: Products Equipments. Ultrasonics. Tips [citado 2020 Sept 17]. <https://www.acteongroup.com/en/uploads/media/default/0001/01/0f8b60e811139d019709a49772c53bacd58fa6ef.pdf>
 34. Pladisai P, Ampornaramveth RS, Chivatxaranukul P. Effectiveness of Different Disinfection Protocols on the Reduction of Bacteria in Enterococcus faecalis Biofilm in Teeth with Large Root Canals. *J Endod.* 2016;42(3):460-4.
 35. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig.* 2017;21(9):2681-7.
 36. Barreto MS, Rosa RA, Seballos VG, et al. Effect of Intracanal Irrigants on Bond Strength of Fiber Posts Cemented With a Self-adhesive Resin Cement. *Oper Dent.* 2016;41(6):159-67.
 37. Yao K, Satake K, Watanabe S, Ebihara A, Kobayashi C, Okiji T. Effect of Laser Energy and Tip Insertion Depth on the Pressure Generated Outside the Apical Foramen During Er:YAG Laser-Activated Root Canal Irrigation. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(12):682-7.
 38. Koçak S, Bağcı N, Çiçek E, Türker SA, Can Sağlam B, Koçak MM. Influence of passive ultrasonic irrigation on the efficiency of various irrigation solutions in removing smear layer: a scanning electron microscope study. *Microsc Res Tech.* 2017;80(5):537-42.
 39. Gokturk H, Ozkocak I, Buyukgebiz F, Demir O. Effectiveness of various irrigation protocols for the removal of calcium hydroxide from artificial standardized grooves. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(3):290-8.
 40. Ertas H, Ok E, Uysal B, Arslan H. Effects of different irrigating solutions and disinfection methods on push-out bond strengths of fiber posts. *Acta Odon Scand.* 2014;72(8):783-7.
 41. Fundaoğlu Küçükekenci F, Küçükekenci AS. Effect of ultrasonic and Nd: Yag laser activation on irrigants on the push-out bond strength of fiber post to the root canal. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:1-7.
 42. Plotino G, Grande NM, Mercade M, et al. Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:1-6.
 43. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari RV, Hunter M. Modern Endodontic Principles Part 4: Irrigation. *Dent Update.* 2016;43(1):20-33.
 44. Castelo-Baz P, Varela-Patiño P, Cantatore G, et al. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in curved root canals. *J Clin Exp Dent.* 2016;8(4):437-41.
 45. Odeimi G, Nehme W, Naaman A. In Vitro Comparison of Two Ultrasonic Irrigation Needles for Dentin Debris Removal. *Adv Dent & Oral Health.* 2018;8(3):555739.
 46. Mampilly J, Vidyadhar S, K Harish. Endodontic Irrigating Solutions, Disinfection Devices And Techniques: A Review. *Int J Adv Res.* 2020;19(9):01-11.

47. Jamleh A, Suda H, Adorno CG. Irrigation effectiveness of continuous ultrasonic irrigation system: An ex vivo study. *Dent Mater J*. 2018;37(1):1-5.
48. YJ, Lee W, Kim HC, Shon WJ, Baek SH. Multivariate analysis of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques in the canal and isthmus of mandibular posterior teeth. *Restor Dent Endod*. 2013;38(3):154-9.
49. Donnermeyer D, Wyrsch H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XP Endo Finisher. *J Endod*. 2019;45(3):322-6.
50. Wang Y, Guo LY, Fang HZ, et al. An in vitro study on the efficacy of removing calcium hydroxide from curved root canal systems in root canal therapy. *Int J Oral Sci*. 2017;9(2):110-6.
51. Zorzin J, Wießner J, Wießner T, Lohbauer U, Petschelt A, Ebert J. Removal of Radioactively Marked Calcium Hydroxide from the Root Canal: Influence of Volume of Irrigation and Activation. *J Endod*. 2016;42(4):637-40.
52. Barbosa-Ribeiro M, Arruda-Vasconcelos R, De-Jesus-Soares A, Zaia AA, Ferraz CR, De Almeida JFA, Gomes BP. Effectiveness of calcium hydroxide-based intracanal medication on infectious/inflammatory contents in teeth with post-treatment apical periodontitis. *Clin Oral Investig*. 2019;23(6):2759-66.
53. Li D, Jiang S, Yin X, Chang JW, Ke J, Zhang C. Efficacy of Needle, Ultrasonic, and Endoactivator Irrigation and Photon-Induced Photoacoustic Streaming in Removing Calcium Hydroxide from the Main Canal and Isthmus: An In Vitro Micro-Computed Tomography and Scanning Electron Microscopy Study. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(6):330-7.
54. EMS Dental [Internet]: 06 Piezon [citado 2020 sept 17]. Downloads. Piezon Systems Operation Instructions: https://www.ems-dental.com/sites/default/files/2019-11/FB-439_3_ed_2012-06_Piezon_instruments.compressed_1.pdf
55. Ok E, Altunsoy M, Nur BG, Kalkan A. Effectiveness of different irrigation solutions on triple antibiotic paste removal from simulated immature root canal. *Scanning*. 2015;37(6):409-13.
56. Keskin C, Güler DH, Saryılmaz E. Effect of intracanal time of triple antibiotic paste on its removal from simulated immature roots using passive ultrasonic irrigation and XP-endo Finisher. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2018;12(4):288-93.
57. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Ceyhanlı KT, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J*. 2015;48(4):309-316.
58. Keskin C, Saryılmaz E, Saryılmaz Ö. Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *J Endod*. 2017;43(1):126-30.
59. Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *J Endod*. 2014;40(3):451-4.
60. VDW Dental [Internet]: Munich: <https://www.vdw-dental.com/en/service/document-download/#catalogues-and-brochures>

61. Alturaiki S, Lamphon H, Edrees H, Ahlquist M. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2015;41(1):97-101.
62. Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. *J Endod.* 2017;43(4):652-6.
63. 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.
64. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, R Pérez et al. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig.* 2019;23(7):3087-93.
65. Yaylali IE, Kececi AD, Ureyen Kaya B. Ultrasonically Activated Irrigation to Remove Calcium Hydroxide from Apical Third of Human Root Canal System: A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod.* 2015;41(10):1589-99.
66. Orozco EIF, Toia CC, Cavalli D, et al. Effect of passive ultrasonic activation on microorganisms in primary root canal infection: a randomized clinical trial. *J Appl Oral Sci.* 2019;28:e20190100.
67. Sousa VC, Alencar AHG, Estrela CRA, Sousa Neto MD, Decurcio DA, Oliveira HF, Estrela C. Effectiveness of Self-Adjusting File, XP-endo Finisher, and passive ultrasonic irrigation in bacterial root canal control. *Dental Press Endod.* 2018; (2):62-9.
68. Aveiro E, Chiarelli-Neto VM, de-Jesus-Soares A, et al. Efficacy of reciprocating and ultrasonic activation of 6% sodium hypochlorite in the reduction of microbial content and virulence factors in teeth with primary endodontic infection. *Int Endod J.* 2020;53(5):604-18.

