

In vitro analysis of two irrigation activation systems for cleaning mesial canals in lower molars

Análisis in vitro de dos sistemas de activación de irrigantes para la limpieza de conductos mesiales en molares inferiores

ALLISON GÁLVEZ-SAAVEDRA^{1*}, GUADALUPE LAVALLE-VIDAL², GABRIEL NIMA³

¹ Bachiller en Estomatología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Este trabajo forma parte de los requerimientos para obtener el título de Cirujano Dentista de la autora.  0000-0003-2280-4301

² Magister en Estomatología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.  0000-0001-6264-3915

³ Doctor en Materiales Dentales, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.  0000-0002-0389-4332

ABSTRACT

Introduction: this study aimed to compare the efficacy of two different endodontic activation systems in removing debris from the mesial canals of mandibular molars across root thirds. **Methods:** the mesial canals of fifteen human mandibular first molars were prepared with files, irrigated with 2.5 % sodium hypochlorite and 17 % EDTA, and divided into three groups (n=5) based on the type of activation: Control (activation with master cone), Ultrasound Irrigation (UI), and Ultra X (Passive Ultrasonic Irrigation - PUI). The roots were sectioned into thirds (cervical, mid, and apical), exposing root canals, and prepared for scanning electron microscopy. A total of 135 microphotographs (3 microphotographs for each root level) were obtained. To determine the most effective activation system, three calibrated endodontic specialists evaluated all images. Data were analyzed using the Kruskal-Wallis test (95 %). **Results:** the PUI system demonstrated the highest efficacy, followed by UI, while the control was the least efficient ($p < 0.001$). Significant differences were found between PUI and the other systems at each root level: Control ($p = 0.039$), UI ($p = 0.327$), and PUI ($p = 0.024$). Root canal cleaning decreased from cervical to apical in all groups, with the UI group showing a more regular cleaning pattern at all levels. **Conclusion:** the PUI system was the most effective, followed by UI. The efficacy of the activation systems decreased as the working depth increased.

Keywords: smear layer, edetic acid, ultrasonics, root canal preparation, endodontic

Resumen

Introducción: este estudio buscó comparar la eficacia de dos diferentes sistemas de activación endodóntica en la eliminación de detritus de conductos mesiales de molares inferiores por tercios radiculares. **Métodos:** se prepararon los conductos mesiales de quince primeros molares inferiores humanas con limas, irrigadas con hipoclorito de sodio 2,5 % y EDTA 17 %, y divididas en 3 grupos (n=5) de acuerdo con el tipo de activación: Control: Activación con cono maestro, Ultrasonido: Irrigación ultrasónica (UI) y Ultra X: Irrigación ultrasónica pasiva (PIU). Las raíces fueron seccionadas en tercios (cervical, medio y apical), los conductos radiculares expuestos y preparados para microscopía electrónica de barrido. Se obtuvieron 135 microfotografías (3 microfotografías por cada nivel radicular). Para determinar qué sistema de activación fue más efectivo, todas las imágenes fueron evaluadas por 3 especialistas en endodoncia, previamente calibrados. Los datos fueron analizados con la prueba de Kuskall-Wallis (95 %). **Resultados:** el sistema PUI fue el más efectivo, seguido por UI y el control que fue el menos eficiente ($p < 0,001$). Se encontraron diferencias significativas entre PUI y los otros sistemas en cada nivel radicular: coronal ($p = 0,013$), medio ($p = 0,038$) y apical ($p = 0,009$). La limpieza de los conductos radiculares disminuyó de cervical a apical en todos los grupos, siendo el grupo UI el mostro un patrón de limpieza más regular en todos los niveles. **Conclusión:** el sistema PUI fue más eficaz, seguido del UI. La eficacia de los sistemas de activación utilizados disminuye conforme se incrementa la profundidad de trabajo.

Palabras clave: capa de barro dentinario, ácido edético, ultrasonido, preparación del conducto radicular, endodoncia

Enviado: noviembre 28/2023 - Aceptado: abril 4/2024



Cómo citar este artículo: Gálvez-Saavedra A, Lavalles-Vidal G, Nima-Bermejo G. In vitro analysis of two irrigation activation systems for cleaning mesial canals in lower molars. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2024; 36(1): 42-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v36n1a4>

INTRODUCCIÓN

La eliminación del detritus o barro dentinario, presente en las paredes del conducto radicular luego de la preparación químico-mecánica, garantiza el éxito del tratamiento endodóntico.¹ El detritus está compuesto por tejido orgánico, inorgánico y microorganismos que, aunque inactivos, son un peligro latente y pueden perjudicar el pronóstico del tratamiento endodóntico.²

Debido a la compleja configuración del sistema de conductos radiculares, el tratamiento de esta zona es difícil y es común que algunas áreas no sufran ninguna alteración después de la preparación biomecánica.³ La configuración de los conductos radiculares es altamente variable, normalmente cada raíz posee más de un conducto, como se propone en la clasificación de Vertucci (1974) quien identifica hasta 8 tipos de conductos radiculares.⁴ De este modo, las molares inferiores tienen habitualmente dos raíces, una mesial y otra distal, y dos conductos en la raíz mesial y un conducto en la raíz distal, aunque no es raro observar otras combinaciones.⁵

Con el fin de conseguir una correcta desinfección del conducto radicular, se utilizan diferentes sustancias irrigantes.¹ El hipoclorito de sodio (NaOCl) es considerado irrigante ideal, tiene un alto poder bactericida y es efectivo para eliminar microorganismos resistentes y material orgánico en general, sin embargo, no es capaz de eliminar los compuestos inorgánicos del detritus, para ello es necesario utilizar otras sustancias como el ácido etilendiaminotetraacético o EDTA.^{1,6}

El EDTA es utilizado para la remoción del detritus durante el tratamiento endodóntico, habitualmente se utiliza al 17 %.⁷ El EDTA logra mantener un efecto quelante en el conducto radicular de hasta 5 días, por eso es importante neutralizarlo con NaOCl. A pesar del uso de EDTA la eliminación del detritus en zonas estrechas como el tercio apical es difícil.¹ Para solucionar este problema se ha propuesto el uso de irrigación ultrasónica (UI) e irrigación pasiva ultrasónica (PUI).⁸

La UI utiliza ondas que pueden propagarse fácilmente en diferentes medios. El movimiento producido alrededor de la lima en vibración produce diminutas burbujas no cavitantes que causan micro-corrientes produciendo un efecto de corte en la pared dentinaria del conducto permitiendo eliminar el detritus.^{9,10} El uso de UI permite una mejor limpieza de los conductos radiculares que los preparados de modo convencional. Algunos estudios han mostrado que 60 segundos de UI permite una limpieza y desinfección en los conductos e istmos de dientes vitales tanto como en no vitales demostrando la efectividad de estas técnicas tanto en la desinfección y en la conformación de los conductos.^{11,12}

La PUI no produce cortes sobre el tejido dentinario por lo que debe ser utilizada con otro método de preparación biomecánica. Durante PUI, la vibración es transmitida a la lima por medio de vibraciones ultrasónicas produciendo dos fenómenos físicos: (i) la corriente acústica que es el movimiento rápido del líquido alrededor de la lima en forma circular, y (ii) la cavitación que es la formación o expansión, contracción y/o deformación de burbujas en el líquido¹³ produciendo una poderosa acción limpiadora con la capacidad de eliminar las capas de detritus de los microtúbulos dentinarios, restos de tejidos, biofilm o dentina residual, entre otros.

UltraX es un activador ultrasónico tipo PUI. De acuerdo con el fabricante este activador ultrasónico tiene una frecuencia ultrasónica de hasta 45kHz que forma burbujas de gas durante la irrigación que oscilan alrededor del conducto y que ejercen una eficaz acción limpiadora cuando explotan.

El propósito de este estudio in vitro fue comparar la eficacia de dos diferentes sistemas de UI en la eliminación de detritus de conductos mesiales de molares inferiores a nivel radicular cervical, medio y apical. La hipótesis nula planteadas fueron (i) no existen diferencias significativas entre los dos sistemas irrigantes y el control, y (ii) no existen diferencias en la remoción del detritus en los niveles cervical, medio y apical.

MÉTODOS

Este trabajo fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en la Investigación de la Universidad Científica del Sur con el protocolo número: 100-CIEI-CIENTÍFICA-2022. Se utilizaron 15 molares inferiores extraídos por problemas periodontales o lesiones de caries profundas, con dos raíces y baja curvatura ($<5^\circ$) en raíz mesial según la clasificación de Scheneider,¹⁴ con desarrollo radicular completo. Se excluyeron las piezas dentales con conductos calcificados, fracturas y con tratamiento previo de conductos, finalmente se tomó una radiografía periapical de cada pieza. Las piezas fueron almacenadas en solución salina (Suero fisiológico, Medifarma S.A., Lima, Perú) a 4°C y fueron utilizadas hasta 3 meses después. Se hicieron dos etapas de recolección, una para el piloto y la otra para el estudio final.

Se realizó la apertura cameral utilizando una pieza de alta velocidad (Apple Dental A1, JINME Medical Technology Co., Ltd., Guangdong, China) y una fresa diamantada redonda con refrigeración constante. La apertura cameral fue rectificada con fresa Endo Z (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) para la conformación final del acceso de los conductos. En todos los grupos se realizó una conductometría con lima #10 (Denstply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) con radiografías periapicales (Carestream Dental, Stuttgart, Germany) teniendo como referencia estándar 1mm del ápice radicular radiográfico.

La preparación químico-mecánica para los tres grupos consistió en: permeabilización del conducto radicular, se realizó con limas 8 y 10 (Denstply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland), e irrigación con EDTA 17 % (Biodinamica, Londrina, PR, Brazil); la preparación del conducto se continuó con limas números 15 y 20 (Denstply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) manteniendo la longitud de trabajo para cada pieza, irrigación con NaOCl 2,5 % (Hipoclorito de sodio 2,5 %, Pharma Dent, Montevideo, Uruguay) entre limas, para la conformación final de los conductos se utilizó lima reciprocante 25/07 (TF4, Shenzhen Perfect Medical Instruments Co. LTD, Guangdong, China).

Previa a la última irrigación de los conductos, todos los molares inferiores fueron divididos aleatoriamente en 3 grupos, de 5 piezas cada uno (n=5), numerándose por grupo. Grupo Control (Activación manual con conos de gutapercha), Grupo Ultramint (con UI) y Grupo Ultra X (con PUI). El protocolo utilizado para la última irrigación de los conductos se muestra en la tabla 1. Todos los protocolos de irrigación se realizaron con jeringas plásticas de 10ml con aguja 21g x 1 1/2 (Alkhofar S.A.C., Lima, Perú) que fueron cambiadas para cada pieza dental. Finalmente, todos los conductos se secaron con puntas de papel número 25.

Tabla 1. Protocolos de irrigación final de los grupos de estudio

Grupos (Frecuencia de trabajo)	Equipo (Fabricante)	Irrigación final
Control (Activación manual)	Cono de gutapercha (Gutapercha.02, VDW, Munchen, Alemania)	Irrigación solución salina (5ml) + activación con cono de gutapercha 25 (30 s) por dos veces. Irrigación con EDTA 17 % (2ml) + activación con cono de gutapercha (30 s) por dos veces. Irrigación final con NaOCl (5ml) + activación con cono de gutapercha (30 s)
Grupo Ultramint (25kHz-42kHz)	Ultramint con punta E4 (Eighteeth, Changzhou Sifary Medical Technology Co., Ltd. Jiangsu Province, China)	Irrigación solución salina (5ml) + activación Ultramint (30 s) por dos veces. Irrigación con EDTA 17 % (2ml) + activación Ultramint (30 s) por dos veces Irrigación final con NaOCl (5ml) + activación Ultramint (30 s)
Grupo UltraX (45kHz)	UltraX con punta X-Blue (Eighteeth, Changzhou Sifary Medical Technology Co., Ltd. Jiangsu Province, China)	Irrigación solución salina (5ml) + activación UltraX (30 s) por dos veces Irrigación con EDTA 17 % (2ml) + activación UltraX (30 s) por dos veces Irrigación final con NaOCl (5ml) + activación UltraX (30 s)

Fuente: por los autores

Para la división de la raíz en tercios, se removió la corona, seguidamente se hizo un corte longitudinal con disco de carburo a lo largo de toda la raíz, finalmente cada hemisección fue dividida en tres tercios: cervical, medio y apical. Las piezas recortadas se almacenaron en recipientes de plástico con tapa hasta ser llevadas al microscopio.

Para la observación del detritus remanente en conducto radicular luego de la irrigación, se utilizó un microscopio electrónico (Prisma E SEM, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, Estados Unidos). Cada uno de los cortes, previamente codificados, fueron fijados en stubs metálicos con cinta de grafito. Se realizaron en total 45 microfotografías por grupo (tres por cada nivel radicular), observando en cada tercio el grado de remoción del detritus con magnificación de 1500x.

Todas las microfotografías fueron organizadas en carpetas correspondientes a cada pieza dentaria (del 1 al 15), y dentro de estas carpetas se crearon tres subcarpetas, una para cada tercio radicular. Posteriormente, las microfotografías organizadas de esta manera fueron cargadas en un servicio de almacenamiento en la nube (Google Drive, Alphabet Inc., Mountain View, California, Estados Unidos), donde se generó un enlace de acceso que se proporcionó a los examinadores. Cada imagen fue nombrada con números consecutivos, y únicamente el examinador principal tenía conocimiento de a qué grupo pertenecía cada una de ellas.

Las microfotografías fueron evaluadas por tres examinadores independientes que no estuvieron involucrados en la preparación biomecánica de los conductos. Estos examinadores eran especialistas en endodoncia con más de siete años de experiencia clínica y fueron previamente entrenados por los investigadores en el uso de la escala propuesta por Rome y colaboradores.¹⁵ Después de la calibración, cada examinador llevó a cabo la evaluación de las microfotografías de forma individual. Cada imagen fue minuciosamente analizada para determinar la presencia de detritus, utilizando la siguiente escala:

- **Score 0:** no hay presencia de detritus sobre la superficie de los conductos, todos los túbulos dentinarios están limpios y abiertos
- **Score 1:** mínimo detritus, presenta una capa mínima de detritus y más de la mitad de los túbulos dentinarios son visibles
- **Score 2:** moderado detritus, presenta una capa moderada de detritus y hay menos de la mitad de los túbulos dentinarios abiertos
- **Score 3:** abundante detritus, este cubre la superficie de la pared de los conductos y los túbulos dentinarios.

Los examinadores recibieron además una ficha para colocar los datos de sus observaciones, cada examinador conto con un plazo de una semana para realizar la evaluación de las microfotografías. Finalmente, esta ficha fue enviada al investigador principal por correo electrónico.

Los datos recolectados de las observaciones de los tres examinadores fueron organizados en tablas, donde se consideró el grupo al que pertenecían, número de pieza y tercio radicular por la investigadora principal que conocía el origen de cada una de las microfotografías. Seguidamente los datos fueron trasladados a una segunda tabla donde se colocó la valoración promedio para cada una de las microfotografías. Se consideró la valoración más recurrente para la misma microfotografía, no se presentó el caso en que los tres examinadores tuvieran una valoración diferente.

Po último, los datos fueron organizados en una tabla final con el promedio de las valoraciones para cada una de las piezas dentales y nivel radicular. Para encontrar diferencias estadísticas en la distribución de detritus para cada uno de los niveles radiculares y los grupos de estudio, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, cuando se encontraron diferencias se utilizó el pos-hoc de Bonferroni para determinar entre qué grupos hubo diferencias a un nivel de significancia de 95 % con el programa estadístico SPSS v.25.0. (IBM Inc., Chicago, IL, USA) para macOS.

RESULTADOS

Se tomaron microfotografías representativas de cada tercio apical para cada uno de los grupos de estudio (Figura 1). Para el control se encontró abundante detritus en los tercios cervical y medio, la entrada de los conductos era poco visible, en el tercio apical el detritus cubre toda la superficie de las paredes del conducto radicular. Para el sistema Ultrasónico se encontró moderado detritus, presentando una capa moderada de detritus y menos de la mitad de los túbulos dentinarios están abiertos en los tercios cervical y medio, en el tercio apical hay abundante detritus. Para el sistema Ultra X no se observó detritus en la superficie de la pared de los conductos, todos los túbulos dentinarios están limpios y abiertos en los tercios cervical y medio, en el tercio apical se observó moderado detritus con menos de la mitad de los túbulos dentinarios abiertos (Figura 1).

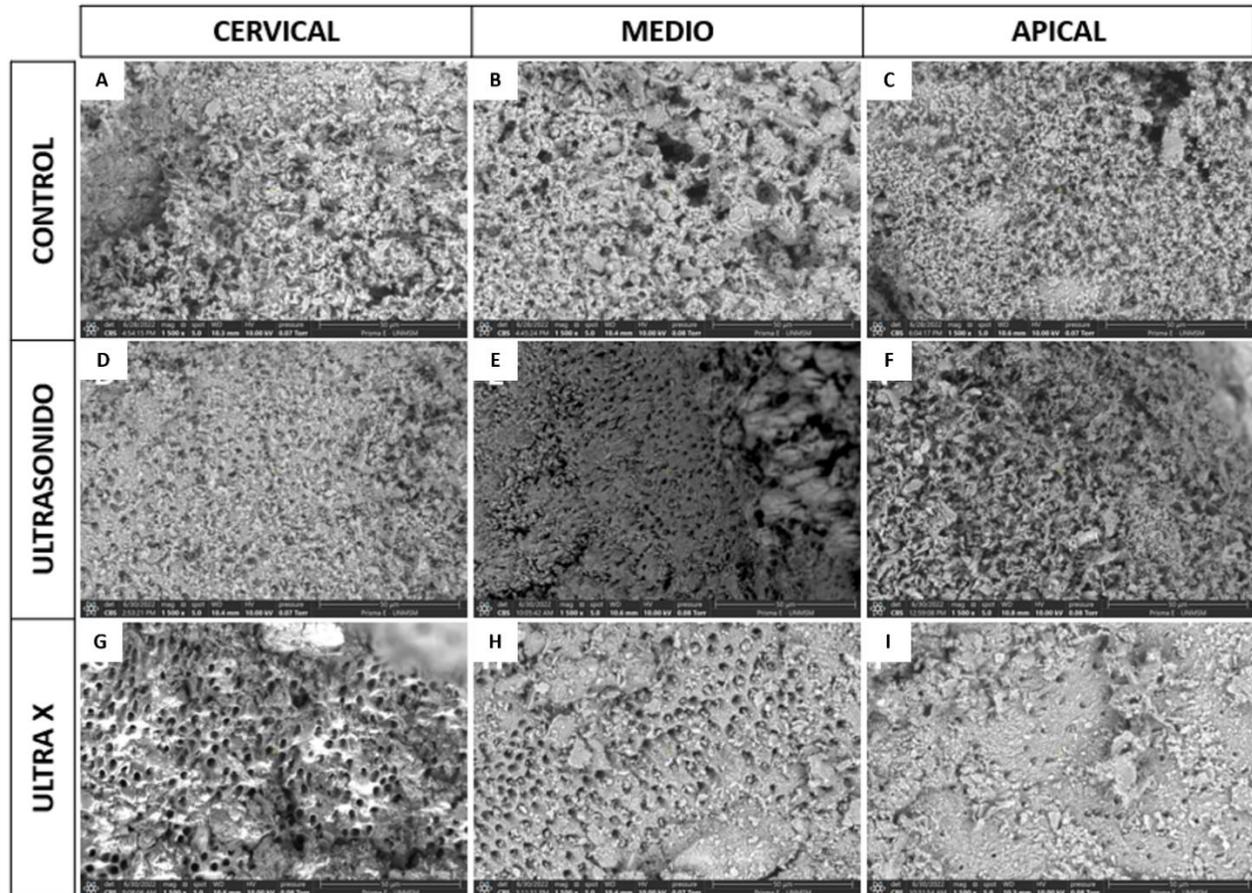


Figura 1. Imágenes de microscopía electrónica de barrido representativas de los grupos de estudio (magnificación de 1500X). (A) Tercio cervical del control se observa barrillo dentinario en casi la totalidad de la superficie, el cual se hace más denso en los tercios medio (B) y apical (C) que se aprecia completamente cubierto. El sistema de ultrasonido eliminó parte del barrillo dentinario en el tercio cervical (D) y medio (E), se observan algunos túbulos dentinarios, muchos de ellos cubiertos de barrillo. El tercio apical (F) se observa cubierto por abundante barrillo dentinario bastante similar al observado en el control. Para el sistema Ultra X se observó que fue capaz de eliminar el barrillo dentinario observándose túbulos dentinarios abiertos en los tercios cervical (G) y medio (H), en el tercio apical se observó algunos restos de barrillo dentinario (I)

Fuente: por los autores

Cuando se evaluaron los sistemas de activación sin tomar en cuenta los tercios radiculares, se encontraron diferencias estadísticas significativas en la efectividad de la remoción del detritus, el sistema PUI fue el más eficaz seguido del UI y el control ($p > 0,000$), no se encontraron diferencias estadísticas entre el control y UI (Figura 2).

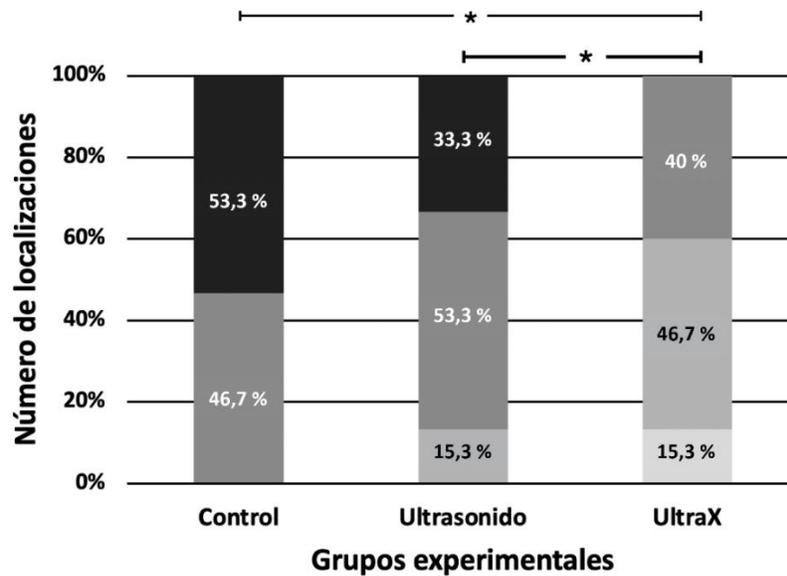


Figura 2. El gráfico de barras muestra las puntuaciones de barrillo dentinario y debrís informado por los expertos, para los grupos experimentales (%). Se observa una mayor cantidad de barro en el grupo control y menor en el grupo ultraX. Diferencias significativas entre la distribución de scores de debrís de cada grupo experimental ($p < 0,000$, Prueba de Kruskal-Wallis) son indicadas por asteriscos
Fuente: por los autores

Cuando se evaluaron los sistemas de activación teniendo en cuenta los tercios radicales se observó que la remoción de detritus en el tercio apical fue el más deficiente para todos los sistemas. Se encontraron diferencias en los tercios radicales para el grupo control ($p = 0,039$) y el grupo PUI ($p = 0,024$), mientras que para el grupo UI no se encontraron diferencias en los tres tercios ($p = 0,327$). En el caso de control predominaron los scores 2 y 3, en contraste con el sistema PUI donde predominaron los scores 0 y 1 en el tercio cervical y 1 y 2 en los otros dos tercios (Figura 3).

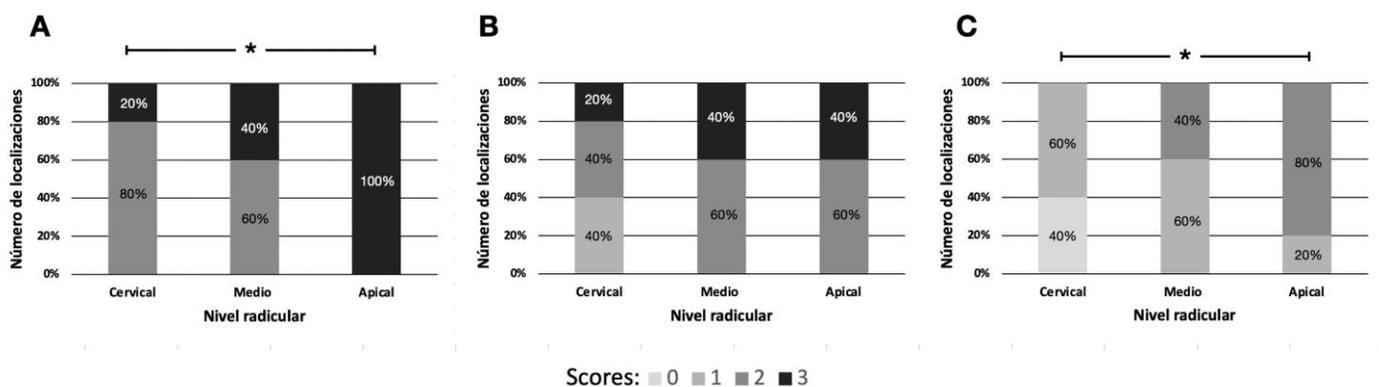


Figura 3. Gráficos de barras mostrando por separado las puntuaciones de barrillo dentinario y debrís informado por los expertos (%), registradas en los tercios coronal, medio y apical de las paredes del conducto radicular. (A) Control (B) Ultrasonido y (C) UltraX. Se observa una mayor cantidad de barro dentinario en los grupos control y ultrasonido (scores 2 y 3) que en el grupo Ultra X (scores 0-2). Diferencias significativas entre la distribución de scores de debrís de cada grupo experimental ($p < 0,05$, Prueba de Kruskal-Wallis) son indicadas por asteriscos
Fuente: por los autores

Cuando se evaluaron los tercios radicales, teniendo en cuenta los sistemas de activación se observó que el sistema PUI fue el más efectivo en todos los niveles radiculares. Se encontraron diferencias en todos los niveles radiculares, nivel cervical ($p=0,013$), medio ($0,038$) y apical ($0,009$). En los nivel cervical y apical se observaron diferencias estadísticas entre el control y el sistema PUI, mientras que el UI obtuvo valores intermedios, sin diferencias estadísticas. En el tercio medio se observaron diferencias estadísticas entre el sistema PUI y los otros dos grupos (Figura 4).

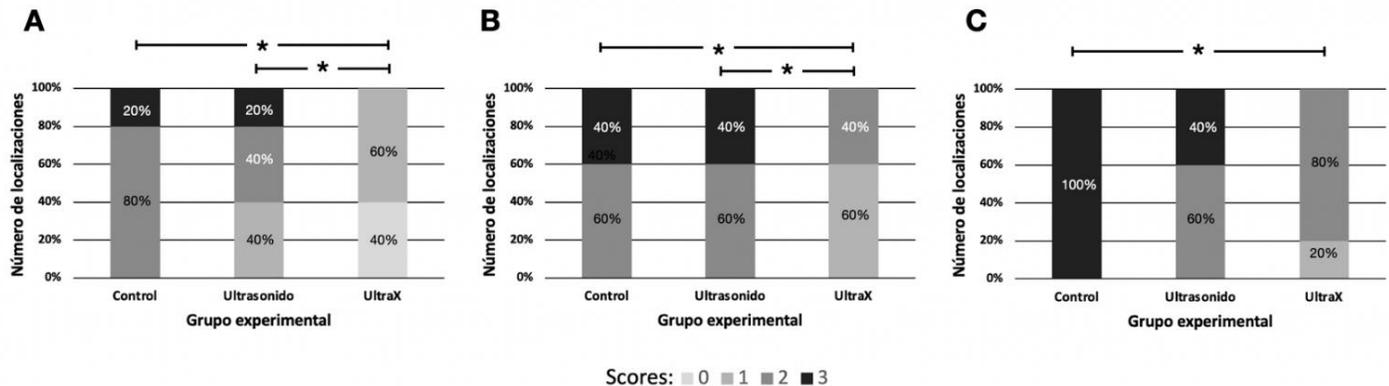


Figura 4. Gráficos de barras mostrando por separado las puntuaciones de barrido dentinario y debris informado por los expertos (%), registradas para los grupos experimentales divididas en tercios. (A) Cervical (B) Medio y (C) Radicular. Se observa una mayor cantidad de barro dentinario en el nivel radicular para todos los grupos. Diferencias significativas entre la distribución de scores de debris de cada grupo experimental ($p<0,05$, Prueba de Kruskal-Wallis) son indicadas por asteriscos

Fuente: por los autores

DISCUSIÓN

La completa remoción del detritus luego de la preparación químico-mecánica de los conductos radiculares es fundamental en el éxito del tratamiento endodóntico.³ El uso combinado de irrigantes y EDTA no es suficiente, por lo que se han desarrollado sistemas de ultrasonido que facilitarían la limpieza del conducto radicular. Este estudio comparó la efectividad en la remoción del detritus por medio de UI y de PUI mostrando que este último fue más efectivo en los tres tercios radiculares analizados.

Este estudio, utilizo microscopia electrónica de barrido para analizar el detritus en los tres tercios del conducto radicular. Esta técnica tiene algunas limitaciones como la imposibilidad de observar toda el área del conducto radicular y realizar un análisis tridimensional de la misma.¹⁶ Sin embargo, este método permite observar detalladamente la morfología de áreas específicas del conducto radicular, para reducir el riesgo de sesgos en la selección del área a analizar en este estudio, se obtuvieron varias microfotografías de cada sector.

Con la finalidad de analizar el efecto de los métodos de irrigación ultrasónica sobre la limpieza del conducto radicular, se utilizó un único protocolo de irrigación para todos los grupos, que consistió en el uso alternado de NaOCl (2,5 %) y EDTA (17 %) que ha demostrado ser un buen protocolo de irrigación.^{17,18} El uso de EDTA potencia la remoción de detritus en el canal radicular,¹⁷ de este modo también se buscaba saber si es necesaria la activación del irrigante con ultrasonido o si el método de

activación manual asociado a un quelante es suficiente para lograr la limpieza adecuada de la dentina del conducto radicular.

El grupo control obtuvo los scores con mayor cantidad de detritus comparado a los grupos en los que se empleó un sistema de limpieza ultrasónica mostrando que el uso de ultrasonido mejora significativamente la limpieza de las paredes del canal radicular, de este modo la primera hipótesis planteada donde se propone que no existen diferencias significativas entre los dos sistemas irrigantes y el control fue rechazada.

De acuerdo con los resultados de la encuesta a expertos, la activación ultrasónica de las soluciones irrigadoras son significativamente más eficaces en la eliminación de detritus sobre todo la PUI. Varios estudios han demostrado los mismos resultados, indicando que los sistemas de irrigación ultrasónica son más eficientes en la remoción de detritus del conducto radicular que el sistema convencional con jeringa.¹⁹⁻²¹ Los sistemas PUI como UltraX generan una transmisión acústica alrededor de la lima que transporta el irrigante más allá del conducto principal, además que la agitación del irrigante alrededor de la lima genera una fuerza de cisallamiento en las paredes del conducto radicular produciendo la remoción del detritus.²²⁻²³ Eso explica porque la PUI fue la más efectiva.

Los resultados mostraron que existen diferencias en la eliminación de detritus en los diversos niveles de la dentina radicular analizados, por lo tanto, la segunda hipótesis que establece que no existen diferencias en la remoción del detritus en los niveles cervical, medio y apical, fue rechazada. Estudios previos han reportado resultados similares mostrando una efectiva limpieza de los tercios cervical y medio, y una menor limpieza del tercio apical.¹⁶⁻²⁴ Uno de los requisitos indispensables para la eliminación del detritus es la completa penetración del irrigante en todo el conducto radicular²⁵, el tamaño y calibre de la aguja utilizada influye en el flujo, penetración y presión en el conducto radicular.²⁶ En este estudio se utilizó una aguja de calibre 21G que es la más utilizada por los odontólogos, el calibre puede haber dificultado el ingreso del irrigante en las partes más profundas del conducto radicular, con poca presión favoreciendo a una menor limpieza en los sectores más profundos del conducto radicular, explicando en parte los resultados obtenidos.

Otro factor que explica por qué el tercio apical fue el que retuvo la mayor cantidad de detritus en todos los grupos es la imposibilidad de distribuir adecuadamente el irrigante en el tercio apical. Los conductos radiculares están cerrados en su extremo apical por el hueso alveolar y el ligamento periodontal haciendo que se retenga aire especialmente cuando se utiliza hipoclorito de sodio como solución irrigadora en un efecto llamado Vapor lock¹⁰ haciendo que no se alcance adecuadamente el nivel más profundo del conducto radicular.²⁷ En este estudio no se selló el ápice radicular, lo que puede haber favorecido, en cierta medida, la penetración del irrigante, indicando que la eliminación del detritus en la clínica puede ser menor que la mostrada en este estudio. Todos estos factores deben ser considerados por el odontólogo durante el proceso de limpieza y desinfección de los conductos radiculares.

La influencia de otros factores que no fueron evaluados en este estudio como el volumen de irrigante utilizado²⁸, tiempo de irrigación,²⁹ forma del conducto,³⁰ acceso radicular,³¹ forma de la aguja y técnica de irrigación,³² entre otros factores que pueden alterar la eliminación efectiva del detritus en el conducto radicular. De ese modo, nuevos estudios deben ser realizados para poder resolver estos

interrogantes, buscando desarrollar un protocolo de tratamiento que pueda ser aplicado y evaluado clínicamente.

Según los hallazgos obtenidos, se sugiere la utilización de uno de los sistemas de irrigación ultrasónica, ya sea UI o PIU, similares a los empleados en esta investigación, con el objetivo de eliminar de manera más eficaz el detritus presente en el conducto radicular.

CONCLUSIONES

Los sistemas de activación ultrasónica mejoraron la limpieza intraconducto en sus diferentes tercios. El sistema PUI (Ultra X) fue más eficaz en comparación con los otros grupos. La eficacia de los sistemas de activación utilizados disminuye conforme se incrementa la profundidad de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Físico Justiniano Quispe por su ayuda para la obtención de las imágenes de microscopía. Las imágenes de MEB fueron obtenidas en el laboratorio de películas delgadas y sistema nanoestructurado de la Facultad de Física de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

AUTOR DE CORRESPONDENCIA

Gabriel Nima-Bermejo
Universidad Científica del Sur
(+01) 6166400
gabrieln_b@yahoo.com
Ctra. Panamericana Sur 19, Villa EL Salvador
Lima, Perú

REFERENCIAS

1. Nogo-Živanović D, Kanjevac T, Bjelović L, Ristić V, Tanasković I. The effect of final irrigation with MTAD, QMix, and EDTA on smear layer removal and mineral content of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2019; 82(6): 923–30. DOI: <https://doi.org/10.1002/jemt.23239>
2. Labarta AB, Sierra LG. Remoción del barro dentinario y erosión sobre el sustrato al utilizar diferentes soluciones ácidas. *Odontol Sanmarquina.* 2018; 21(2): 103-12. DOI: <https://doi.org/10.15381/os.v21i2.14775>
3. Victor C, Van der Vyver PJ, Vorster M, Vally ZI. Root canal preparation with reciprocating instruments: a literature review and clinical application. *S Afr dent j.* 2020; 75(9): 493–504. DOI: <https://doi.org/10.17159/2519-0105/2020/v75n09a4>

4. Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *J Dent Res.* 1987; 66(8): 1375-9. DOI: <https://doi.org/10.1177/00220345870660081801>
5. Ahmed HMA, Versiani MA, De-Deus G, Dummer PMH. A new system for classifying root and root canal morphology. *Int Endod J.* 2017; 50(8): 761-70. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.12685>
6. Bryce G, O'Donnell D, Ready D, Ng Y ling, Pratten J, Gulabivala K. Contemporary root canal irrigants are able to disrupt and eradicate single- and dual-species biofilms. *J Endod.* 2009; 35(9): 1243-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.05.034>
7. Christo JE, Zilm PS, Sullivan T, Cathro PR. Efficacy of low concentrations of sodium hypochlorite and low-powered Er,Cr: YSGG laser activated irrigation against an *Enterococcus faecalis* biofilm. *Int Endod J.* 2016; 49(3): 279-86. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.12447>
8. Mozo S, Llena C, Forner L. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: Increasing action of irrigating solutions. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012; 17(3): e512-6. DOI: <https://doi.org/10.4317/medoral.17621>
9. Yu Q. [Scavenging strategy for root canal infection]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2018; 53(6): 381-5. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.06.004>
10. García Delgado A, Martín-González J, Castellanos-Cosano L, Martín Jiménez M, Segura-Egea JJ. Sistemas ultrasónicos para la irrigación del sistema de conductos radiculares. *Av Odontoestomatol.* 2014; 30(2): 79-94.
11. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A. Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *J Endod.* 2016; 42(12): 1799-803. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.024>
12. Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegrine RA, Fontana CE, de Martin AS. Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: an environmental scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2016; 42(4): 659-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.016>
13. Martins Justo A, Abreu da Rosa R, Santini MF, Cardoso Ferreira MB, Pereira JR, Húngaro Duarte MA, et al. Effectiveness of final irrigant protocols for debris removal from simulated canal irregularities. *J Endod.* 2014; 40(12): 2009-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.08.006>
14. Jasrotia A, Bhagat K, Bhagat N, Bhagat R. 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(6): 630-36. DOI: https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_267_19
15. Rome WJ, Doran JE, Walker WA. The effectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. *J Endod.* 1985; 11(7): 281-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(85\)80158-8](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(85)80158-8)
16. 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. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2070-x>
17. Jena A, Sahoo SK, Govind S. Root canal irrigants: a review of their interactions, benefits, and limitations. *Compend Contin Educ Dent.* 2015; 36(4): 256-61.
18. Vouzara T, Koulaouzidou E, Ziouti F, Economides N. Combined and independent cytotoxicity of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and chlorhexidine. *Int Endod J.* 2016; 49(8): 764-73. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.12517>
19. Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator™ System, the F File™, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human Mandibular molars. *J Endod.* 2010; 36(8): 1367-71. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.022>
20. Curtis TO, Sedgley CM. Comparison of a continuous ultrasonic irrigation device and conventional needle irrigation in the removal of root canal debris. *J Endod.* 2012; 38(9): 1261-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.05.012>
21. Kumar RS, Ankola A, Peerzade M, Sankeshwari R, Hampiholi V, Khot AP, et al. Comparative efficacy of different irrigant activation techniques for irrigant delivery up to the working length of mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Eur Endod J.* 2023; 8(1): 1-19. DOI: <https://doi.org/10.14744/eej.2022.87587>
22. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions: irrigants and irrigation methods. *Int Endod J.* 2022; 55(Suppl 3): 588-612. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.13739>
23. Paixão S, Rodrigues C, Grenho L, Fernandes MH. Efficacy of sonic and ultrasonic activation during endodontic treatment: a meta-analysis of in vitro studies. *Acta Odontol Scand.* 2022; 80(8): 588-95. DOI: <https://doi.org/10.1080/00016357.2022.2061591>
24. Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod.* 2012; 38(4): 445-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.007>

25. Niu L, Luo X, Li G, Bortoluzzi EA, Mao J, Chen J, et al. Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *J Dent.* 2014; 42(8): 1001-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.05.007>
26. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, et al. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with different irrigation needles. *J Endod.* 2010; 36(5): 884-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.010>
27. Tay FR, Gu L, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010; 36(4): 745-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.022>
28. Arul B, Suresh N, Sivarajan R, Natanasabapathy V. Influence of volume of endodontic irrigants used in different irrigation techniques on root canal dentin microhardness. *Indian J Dent Res.* 2021; 32(2): 230-5. DOI: https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_709_18
29. Scelza MFZ, Pierro V, Scelza P, Pereira M. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 98(4): 499-503. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.03.027>
30. Zhou N, Huang Z, Yu M, Deng S, Fu B, Jin H. Influence of needle working length and root canal curvature on irrigation: a computational fluid dynamics analysis based on a real tooth. *BMC Oral Health.* 2022; 22(1): 179. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02205-2>
31. Gündüz H, Özlek E. The effects of laser and ultrasonic irrigation activation methods on smear and debris removal in traditional and conservative endodontic access cavities. *Lasers Med Sci.* 2023; 38(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10103-023-03816-z>
32. Hu S, Duan L, Wan Q, Wang J. Evaluation of needle movement effect on root canal irrigation using a computational fluid dynamics model. *Biomed Eng Online.* 2019; 18(1): 52.