

Análisis de eficacia de la remoción de barrillo dentinario utilizando métodos de activación: irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y EDDY con distintos quelantes mediante una evaluación en microscopio electrónico de barrido

Effectiveness analysis of the removal of smear layer using activation methods: passive ultrasonic irrigation (PUI) and EDDY with different chelating agents through an evaluation in a scanning electron microscope

Javier López Espinoza ¹
Nicolás Castrillón Sarria ²

¹Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias de la Salud, Escuela de Odontología, Clínica Odontológica, Campus Cumbayá, oficina CO 106, casilla postal 17-1200-841. Quito-Ecuador. Correo electrónico: javyandres147@hotmail.com

²Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias de la Salud, Escuela de Odontología, Clínica Odontológica, Campus Cumbayá, oficina CO 106, casilla postal 17-1200-841. Quito-Ecuador. Correo electrónico: nicasa24@gmail.com

Editado por / Edited by: Johanna Monar

Recibido / Received: 04-02-2022

Aceptado / Accepted: 31-03-2022

Publicado en línea / Published online: 15-04-2022

DOI: <https://doi.org/10.18272/oi.v8i1.2589>

Resumen

El éxito del tratamiento endodóntico va a depender de la limpieza y la conformación del sistema de conductos radiculares. En la práctica clínica el uso de irrigantes provee una desinfección química de los conductos radiculares y remoción del barrillo atrapado en el interior del conducto gracias a la acción eficiente de las soluciones quelantes. El propósito de este estudio fue calcular la eficacia de la eliminación del barrillo dentinario en el tercio apical, con la utilización de EDTA al 17% y ácido cítrico al 10% activando con diferentes dispositivos y técnicas como son la irrigación ultrasónica pasiva (PUI) y las puntas EDDY (ED). Se utilizaron 45 dientes premolares divididos aleatoriamente en cinco grupos: cuatro grupos experimentales (n=10) y un grupo control (n=5). De cada raíz se separaron dos segmentos por fragmentación limpia con fuerza de palanca sobre dos surcos longitudinales labrados con discos de carburo en las superficies vestibular y lingual; y seleccionando los fragmentos para el estudio se los llevó a recubrimiento con oro para su observación bajo el microscopio electrónico de barrido, para de este modo cuantificar los túbulos dentinarios abiertos. Para el análisis estadístico se usó la prueba de Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis y una comparación múltiple con U Mann-Whitney las cuales demostraron que la activación con EDDY presentó la mayor remoción de barrillo dentinario y en lo que respecta a los quelantes usados no existió diferencia significativa entre ambos. No obstante, ninguno de los grupos experimentales fue capaz de remover todo el barrillo dentinario en el tercio apical, pero sí presentaron diferencias significativas con respecto al grupo control, por lo que se recomienda el uso de soluciones quelantes y sistema de activación para poder obtener mejor índice de limpieza del conducto radicular y asegurar el éxito del tratamiento endodóntico.

Palabras clave: soluciones irrigadoras, barrillo dentinario, quelante, irrigación ultrasónica pasiva, puntas EDDY.

Abstract

The success of endodontic treatment will depend on the cleanliness and conformation of the root canal system. In clinical practice, the use of irrigants provides chemical disinfection of root canals and removal of the barrel trapped inside the canal thanks to the efficient action of chelating solutions. The purpose of this study was to calculate the effectiveness of removing the smear layer in the apical third, with the use of 17% EDTA and 10% citric acid, activating with different devices and techniques such as passive ultrasonic irrigation (PUI) and EDDY tips (ED). Forty-five premolar teeth were randomly divided into five groups: four experimental groups (n=10) and one control group (n=5). Two segments were separated from each root by clean fragmentation with leverage over two longitudinal grooves carved with carbide discs on the buccal and lingual surfaces; and selecting the fragments for the study, they were covered with gold for observation under the scanning electron microscope, in order to quantify the open dentinal tubules. For the statistical analysis, the Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis test and a multiple comparison with U Mann-Whitney were used, which showed that activation with EDDY presented the highest evaluation of dentin smear removal and with respect to chelators used there was no significant difference between the two. However, none of the experimental groups was able to remove the entire dentin smear layer in the apical third, but there were significant differences with respect to the control group, so the use of chelating solutions and an activation system is recommended in order to better obtain rate of root canal cleaning and ensure the success of endodontic treatment.

Keywords: irrigating solutions, dentin smear, chelating agent, passive ultrasonic irrigation, EDDY tips.

Introducción

El tratamiento endodóntico exitoso se basa en la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. La desinfección incluye la eliminación microbiana y la capa de barrillo dentinario generada durante la conformación mecánica en la instrumentación.¹ Por tanto, la preparación química del conducto con el uso de irrigantes es de gran importancia logrando desinfección y eliminación de tejido especialmente en zonas de anatomías complejas donde no llega el instrumento.²

Al remover el barrillo dentinario aumenta la permeabilidad tubular mejorando la penetración de soluciones irrigantes por difusión al interior de las paredes dentinales para alcanzar un eficiente mecanismo de acción. El Hipoclorito de sodio (NaOCl) es el irrigante más utilizado en el protocolo de irrigación por ser un desproteinizante que elimina el tejido orgánico.³ Para eliminar el tejido inorgánico o barrillo dentinario se usan quelantes que retiran el ion de calcio del tejido, debido a su propiedad de lograr una fuerte unión molecular de los radicales libres a los iones metálicos como el calcio que está presente en los cristales de hidroxiapatita de la dentina, provocando una descalcificación del tejido. En endodoncia se han usado diferentes quelantes entre ellos, el ácido tilendiaminotetraacético (EDTA) en concentraciones del 15 a 17%, el ácido cítrico (AC) de 5% a 50%, entre otros. En estudios previos se ha demostrado que al menos un minuto de irrigación con estas sustancias ayuda a disminuir eficazmente la capa de barrillo dentinario, pero si permanecen por mucho tiempo en el tejido o en concentraciones muy altas pueden causar erosión por descalcificación.⁴

Con el objetivo de activar el irrigante o potencializar su mecanismo de acción, mejorar su fluidez y distribución dentro del sistema de conductos principalmente en el tercio apical; se han propuesto algunas técnicas y aditamentos tecnológicos, entre los que destacan; los dispositivos sónicos y ultrasónicos, que por fenómenos de cavitación y transmisión acústica, ayudan al desbridamiento del tejido pulpar y del barrillo de zonas anatómicas inaccesibles.^{1,3}

La técnica de activación ultrasónica pasiva (PUI) usa el dispositivo tipo pieza de mano, ultrasonido, para potenciar la solución desinfectante por transmisión energética acústica. Se introducen puntas desmontables delgadas ajustadas al ultrasonido en el interior radicular y se libera por el instrumento una energía de 25-30 kHz complementando notablemente la desinfección del protocolo de irrigación, siendo más efectivo que la irrigación dinámica manual.⁵ Otro sistema de activación sónica del irrigante es el EDDY (ED) el cual consiste en usar puntas flexibles de poliamida en el interior del conducto, que evitan cambios en la morfología del conducto al no cortar la dentina; las puntas EDDY tienen un tamaño de 25.04 y se activan con un instrumento scaler estéril de un solo uso a 5000 - 6000 Hz.⁶

Materiales y métodos

Se utilizaron 45 premolares donados por consultorios odontológicos privados, seleccionados con criterios de inclusión como: ser unirradiculares, dientes permanentes, sin restauraciones extensas (Fig. 1). La muestra de dientes fue colocada en NaOCl al 5,25% para desinfectarla, luego con una cureta periodontal se removió cálculos dentales y restos de tejido de su superficie. Las coronas dentales se cortaron con un disco de diamante hasta que la longitud de cada raíz fue de 15 mm (Fig. 2) midiéndola con regla desde el ápice hacia la corona. La longitud de trabajo (LT) se estableció en 14 mm al restar 1mm a la medida total de la raíz, obtenida cuando era visible en el agujero apical la punta de una lima K #10 introducida en el conducto. Para estandarizar la conformación apical, los conductos fueron instrumentados a LT manualmente con limas K manuales #15 y #20, y luego con limas mecanizadas Wave One Gold Primary, utilizando motor X-Smart Plus (Fig. 3). Durante la instrumentación todos los conductos radiculares entre cada lima se irrigaron con 2,5 ml de hipoclorito de sodio al 5,25% con una aguja de irrigación capillary 27 g con salida lateral a 2mm de LT.



Figura 1. Muestra de los grupos de estudio.



Figura 2. Seccionamiento de la corona clínica.

La muestra se dividió aleatoriamente en 4 grupos experimentales denominados A, B, C y D de 10 dientes cada uno y un grupo control denominado E de 5 dientes, para irrigarlos con los diferentes protocolos de irrigación, de la siguiente manera:

Grupo A: Irrigación a 2 mm de la LT con 2,5ml NaOCl al 5,25%, 2,5 ml de solución salina, 2,5ml de EDTA al 17% el cual se dejó al interior del conducto (Fig. 4) durante un minuto y activado con ultrasonido con punta Irri S size 25 (Fig. 5) por tres ciclos de 20 segundos cada uno⁶ y, posteriormente, 2,5 ml de solución salina y 2,5 ml de NaOCl 5,25% que se activó nuevamente con el mismo método ultrasónico, luego se secaron los conductos con conos de papel.

Grupo B: Irrigación a 2 mm de la LT con 2,5ml de NaOCl 5,25%, 2,5 ml de solución salina, 2,5 ml de EDTA al 17% dejándolo actuar en el conducto por un minuto y activado con sistema sónico con puntas EDDY conducido por un scaler (Fig. 6) durante tres ciclos de 20 segundos cada uno,⁶ luego se usó 2,5 ml de solución salina y 2,5 ml de NaOCl 5,25% que fue también activado con el mismo sistema EDDY y después se secaron los conductos con conos de papel.

Grupo C: Irrigación a 2 mm de la LT con 2,5 ml NaOCl al 5,25%, 2,5 ml de solución salina, 2,5 ml de Ácido Cítrico al 10% que se dejó actuar al interior del conducto por un minuto y activado con ultrasonido con punta Irri S size 25 por tres ciclos de 20 segundos cada uno,⁶ después 2,5ml de solución salina, y, finalmente, 2,5 ml de NaOCl 5,25% que se activó con el mismo sistema ultrasónico y se secaron conducto los conductos con conos de papel.

Grupo D: Irrigación a 2 mm de la LT con 2,5 ml de NaOCl al 5,25%, 2,5 ml de solución salina, 2,5 ml de Ácido Cítrico que se dejó actuar en el conducto por un minuto y activado con puntas Eddy conducido por un scaler durante tres ciclos de 20 segundos cada uno⁶ y, finalmente, 2,5 ml de solución salina y 2,5 ml de NaOCl 5,25% que se activó nuevamente con el mismo sistema EDDY y luego se secaron los conductos con conos de papel.

Grupo E: Es el grupo control irrigado solamente con 2,5 ml de solución salina y el posterior secado de los conductos con conos de papel.



Figura 3. Instrumentación mecanizada lima Wave One Gold Primary.

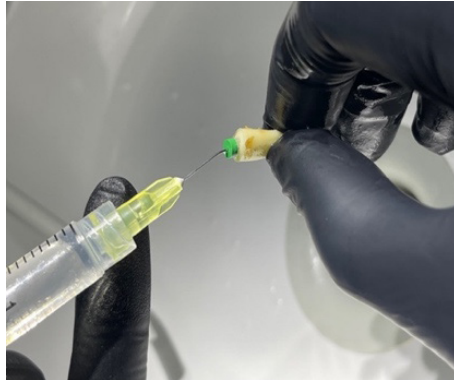


Figura 4. Irrigación endodóntica con quelantes.

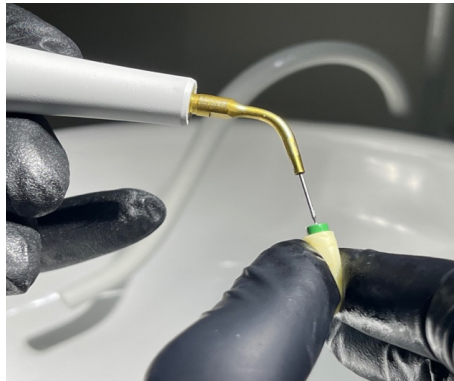


Figura 5. Activación ultrasónica Punta Irri S (PUI).



Figura 6. Activación con Punta EDDY.

Para evaluar qué técnica de irrigación fue más efectiva en la eliminación de la capa de barrillo dentinario de los túbulos dentinarios, se sometió la muestra preparada a un análisis de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo; para lo cual los dientes instrumentados fueron seccionados, deshidratados y llevados a un baño de oro al vacío que permita la observación de las paredes internas de los conductos radiculares.

Para facilitar la fractura radicular en mitades, pero sin alterar los canales endodoncidos, se colocó cera rosada en los extremos coronal y apical para evitar el ingreso de residuos en el interior del conducto y, con un disco de diamante, se hicieron dos surcos longitudinales de poca profundidad en las superficies vestibular y lingual de cada diente; de tal manera que en ellos se introdujera una espátula de lecrón y ejerciendo una fuerza de palanca sobre las ranuras se logró la división dental en fragmentos que exponen las paredes del canal radicular de manera limpia. De cada raíz se obtuvo 2 secciones de las cuales se seleccionó una mitad, con la mejor estructura, con una zona apical conservada y buena visibilidad de la pared endodóntica. Las mitades escogidas fueron almacenadas en recipientes estériles y rotuladas con identificación del grupo al que pertenecen para someterlas al análisis microscópico.

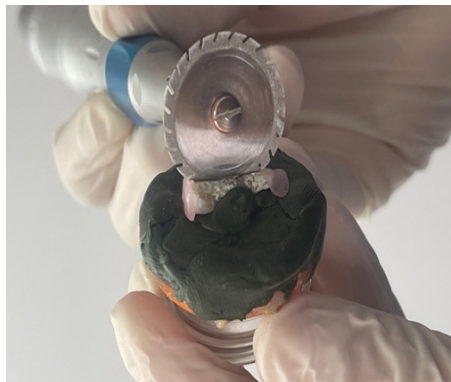


Figura 7. Corte longitudinal de la raíz.



Figura 8. Raíces seccionadas.

Con la observación microscópica es necesario que la muestra no tenga humedad, por lo que se la deshidrata en concentraciones ascendentes de alcohol etílico del 30% al 90% durante 10 minutos y del 100% por 30 minutos. Luego se lleva la muestra por 24 horas a un desecador por congelación marca JEOL modelo JFD 300 (Fig. 9), facilitado por el Laboratorio de ingeniería de la USFQ, colocándola con adhesivos doble cara de carbono sobre soportes metálicos del equipo para permanecer sin movimiento hasta que se seque completamente. Posteriormente la muestra fue recubierta de oro que es un material conductor electrónico que permite la observación de imagen en SEM, usando un equipo evaporizador marca JEOL modelo JF-12000 (Fig. 10), facilitado por el Laboratorio de ingeniería de la USFQ, que libera o baña la muestra por 90 segundos con una capa de oro aproximada de 20 nanómetros.



Figura 9. Desecador por congelación.

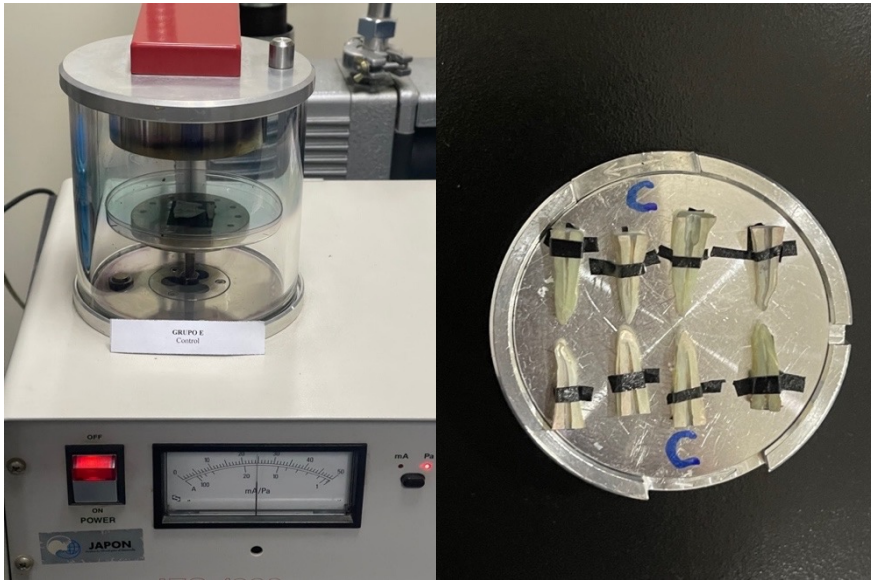


Figura 10. Evaporizador: recubrimiento con oro.

Luego las muestras bañadas de oro fueron montadas en grupos de ocho en el microscopio electrónico de barrido, con un voltaje de 20kV marca JEOL-JSM- IT 300 facilitado por el Laboratorio de ingeniería de la USFQ (Fig. 11). Se procesó mediante el software del microscopio 45 microfotografías del tercio apical de las secciones radiculares a 2000X de magnificación evidenciando la presencia o ausencia de barrillo en los túbulos dentinarios. (Figs. 12-16). Dichas imágenes fueron analizadas por tres observadores especialistas en endodoncia docentes de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, capacitados con ejemplos de imágenes para su futura evaluación, quienes de acuerdo con su experticia, criterio técnico e imparcialidad por desconocer el grupo experimental al que pertenecían las imágenes; las calificaron con el índice codificado de Hülsmann de acuerdo con el grado de barrillo dentinario que consideraban presente en cada foto. La puntuación Hülsmann por cinco criterios, que se detalla a continuación:

- **Puntuación 1:** Sin capa de frotis, orificio de túbulos dentinarios abiertos.
- **Puntuación 2:** Pequeña cantidad de capa de frotis, algo de los túbulos dentinarios abiertos.
- **Puntuación 3:** Homogénea capa de frotis que cubre la pared del conducto radicular, solo unos pocos túbulos dentinarios abiertos.
- **Puntuación 4:** Toda la pared del conducto radicular cubierta con una capa homogénea capa de frotis, sin túbulos dentinarios abiertos.

- **Puntuación 5:** Una capa gruesa y homogénea que cubre toda la pared del conducto radicular.⁷

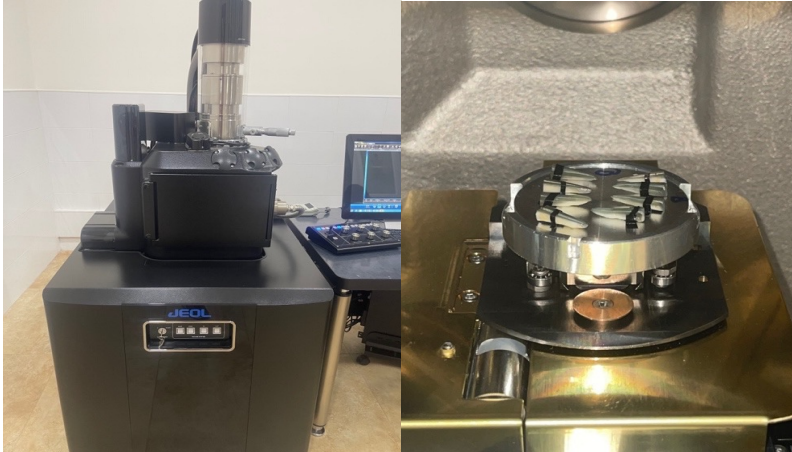


Figura 11. Montaje de muestra experimental en microscopio electrónico de barrido.

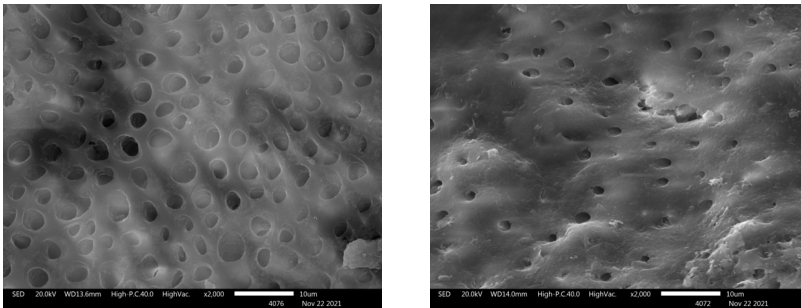


Figura 12. Microfotografías 2000X tercio apical del grupo A (EDTA 17% + PUI).

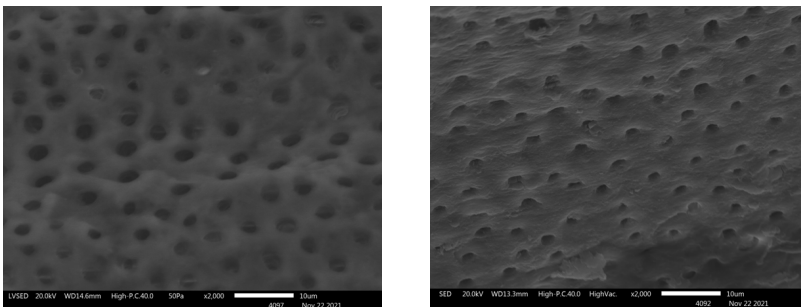


Figura 13. Microfotografías 2000X tercio apical del grupo B (EDTA 17% + EDDY).

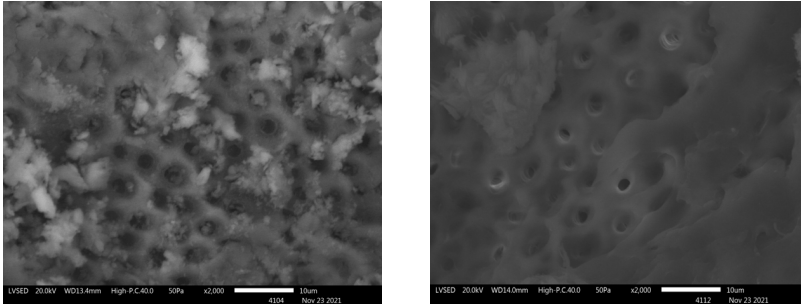


Figura 14. Microfotografías 2000X tercio apical del grupo C (Ac. Cítrico + PUI).

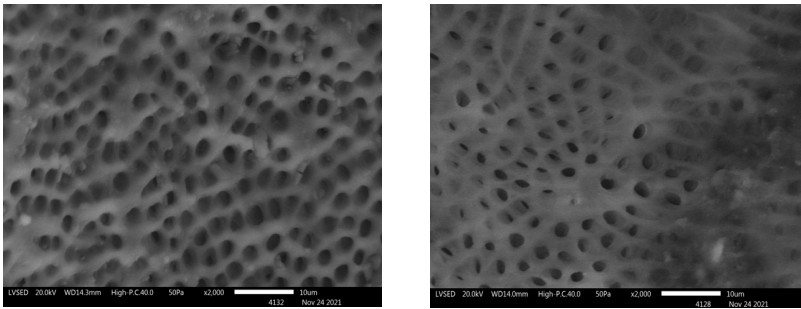


Figura 15. Microfotografías 2000X tercio apical del grupo D (Ac. Cítrico + EDDY).

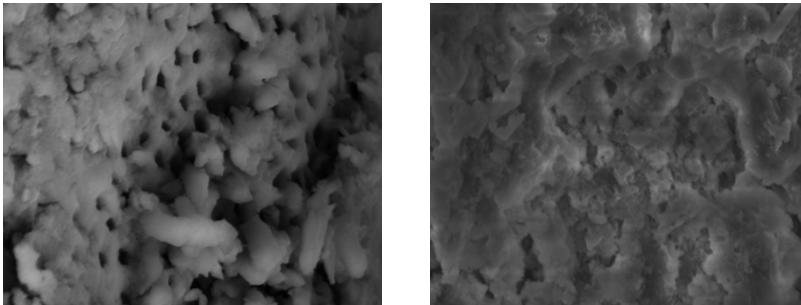


Figura 16. Microfotografías 2000X tercio apical del grupo E (Grupo Control).

Las puntuaciones proporcionadas por los observadores se registraron en una tabla de recolección de datos que se llevaron a análisis estadísticos que determinaron resultados y conclusiones.

Resultados

La tabla 1, muestra los resultados de cada grupo. El grupo A mostró un total de 26 puntos, el grupo B 18 puntos, el grupo C exhibió el mayor puntaje de toda la investigación con un total de 30 puntos, el grupo D recibió el menor puntaje del estudio con 17 puntos y el grupo control donde solo se evaluaron 5 piezas dentales obtuvo un puntaje total de 22.

Tabla 1. Resumen descriptivo de los puntajes obtenidos en cada grupo.

Quelante	Grupo	N	Total	Media	DE	Mínimo	Máximo
EDTA 17%	A (PUI)	10	26	2,6	1,26	1	5
	B (EDDY)	10	18	1,8	0,79	1	3
AC CÍTRICO 10%	C (PUI)	10	30	3	0,82	2	5
	D (EDDY)	10	17	1,7	0,95	1	3
Control	E	5	22	4,4	0,89	3	5

DE: Desviación estándar

El resultado de la prueba estadística Shapiro-Wilk (muestra menor a 50), de la tabla 2, ha sido significativo para los grupos B, C, D y Control ya que todos los p-valor son menores que 5%. El grupo A obtuvo un p-valor mayor que 0,05; no obstante, se decide hacer el contraste de la hipótesis de investigación con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, ya que la mayoría de las observaciones no siguen una distribución normal.

Tabla 2. Prueba de normalidad para los grupos con Shapiro-Wilk.

Quelante	Grupo (Sistema de Activación)	Estadístico	Gl	p-valor
EDTA 17%	Grupo A (PUI)	0,930	10	0,445
	Grupo B (EDDY)	0,820	10	0,025
AC CÍTRICO 10%	Grupo C (PUI)	0,700	10	0,001
	Grupo D (EDDY)	0,686	10	0,001
CONTROL	Grupo control	0,771	5	0,046

Nota: nivel de significancia 5%, gl: grados de libertad

En la tabla 3, se afirma que existen diferencias significativas entre los puntajes obtenidos. Por tal motivo se realizan pruebas entre los cinco grupos para observar si existen diferencias y entre cuales grupos se encuentran tales diferencias.

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis entre los quelantes y el grupo control.

Quelante	Grupos	N	Rango promedio	H de Kruskal-Wallis	P-valor
EDTA 17%	A (PUI)	10	23,95	18,843	0,001
	B (EDDY)	10	15,70		
AC CÍTRICO 10%	C (PUI)	10	29,15		
	D (EDDY)	10	14,80		
Control	E	5	39,80		
Total		45			

Nota: nivel de significancia 5%

En la tabla 4, se muestran los resultados de las comparaciones múltiples por pares entre los cinco grupos, utilizando el estadístico no paramétrico U de Mann-Whitney para muestras independientes. Los resultados obtenidos de los grupos experimentales presentaron diferencias significativas con respecto del grupo control. Además, a pesar de que los puntajes totales entre el grupo A y B tuvieron una diferencia de ocho puntos, no hubo diferencias significativas entre ellos, es decir para el EDTA 17% con PUI y EDDY han mostrado una limpieza similar, sin embargo, se recomienda utilizar como primera opción el sistema EDDY que obtuvo un menor puntaje. Para el AC CÍTRICO 10% el grupo C y D si han mostrado diferencias significativas en la limpieza y de ambos se recomienda utilizar el sistema EDDY de menor puntaje.

Tabla 4. Comparaciones múltiples con U de Mann-Whitney.

Grupo	U de Mann-Whitney	p-valor
A - B	31,00	0,1336
A - C	38,00	0,3278
A - D	29,00	0,0948
A - E	6,50*	0,0203
B - C	15,00*	0,0047
B - D	45,00	0,6811
B - E	1,00*	0,0026
C - D	17,50*	0,0076
C - E	7,00*	0,0156
D - E	1,50*	0,0026

Nota: *significativo al 5%. A: EDTA 17% y PUI, B: EDTA 17% y EDDY, C: AC CÍTRICO 10% y PUI, D: AC CÍTRICO 10% y EDDY, E: Grupo control

Discusión

Kuah et al. (2009) expresan la importancia de la irrigación y eliminación de barrillo dentinario principalmente en el tercio apical para garantizar una mayor tasa de éxito del tratamiento endodóntico. Este barrillo formado por restos pulpares, procesos odontoblásticos y microorganismos aloja bacterias residuales principalmente en casos de necrosis pulpar y se ubican en zonas de complejo acceso como el interior de los túbulos dentinarios, en conductos laterales y accesorios. Por este motivo se busca eliminarlo con un protocolo de irrigación minuciosa que prevenga reagudizaciones o fracasos endodónticos. Aunque con la preparación mecánica del sistema de conductos se elimina la mayor cantidad de desechos tisulares, la irrigación tiene el rol de eliminarlos en zonas donde el instrumento no puede llegar. El hipoclorito de sodio, en conjunto con un agente quelante, van a ser indispensables para la remoción del barrillo dentinario. Kuah et al. (2009) evaluó la irrigación final, indicando que ni EDTA ni NaOCl son capaces de lograr desinfección total del conducto por separado, debe usárselos combinados y con activación ultrasónica con mejores resultados que con irrigación pasiva convencional.⁸ Por lo que en el presente estudio se decidió aplicar la activación ultrasónica para comparar la efectividad de los quelantes.

Se ha analizado en el 2011 la efectividad de diferentes sustancias quelantes, en lograr la limpieza del tercio apical que es la zona de más complejo acceso para las soluciones, entre las que están ácido fosfórico al 37%, ácido cítrico y EDTA; y el ácido fosfórico al 37% mostró la más alta tasa de remoción del barrillo, pero con erosión dentinal lo que está directamente relacionado con el tiempo de exposición y el porcentaje de concentración del irrigante.⁴ En otro estudio elaborado en el 2017, evaluaron los quelantes EDTA 17% y ácido cítrico al 10% revelando niveles de remoción de barrillo similares en el tercio cervical, medio y apical, por lo que se concluyó que el comportamiento de ambos quelantes es similar por su mismo principio de acción. Sin embargo, se recalcó que en el tercio apical no hubo gran desinfección corroborando que es la zona donde el irrigante por la constricción acentuada no fluye fácilmente.⁹ Razón por la cual en la presente investigación se seleccionaron como soluciones de estudio el EDTA al 17% y el ácido cítrico al 10% dejándolas actuar por un minuto en el conducto para evitar la erosión del tejido y se evaluaron a nivel del tercio apical que es el de más difícil acceso. En cuanto a los resultados, la presente investigación coincide con estos estudios previos, en los que no se encontraron diferencias significativas entre el EDTA al 17% y el ácido cítrico al 10% con valores similares en la remoción del barrillo en el tercio apical.

Para que el irrigante pueda fluir mejor a nivel apical muchos autores recomiendan su activación, por ejemplo, con movimientos manuales de bombeo de conos de gutapercha en el conducto lleno de la solución desinfectante, o mucho mejor con el uso de movimientos mecanizados con equipos sónicos o ultrasónicos. En un estudio realizado por Haupt et al. en el 2020, se compararon técnicas de activación y el equipo EndoActivator reveló un 87% de superficie dentinal limpia, seguido por sistema EDDY con el 80%, irrigación ultrasónica pasiva con 72.5% y con irrigación convencional con jeringa un 55% concluyendo que la activación sónica mejora notablemente la efectividad del quelante en conductos curvos.¹⁰

En otro estudio similar realizado por Urban et al. en 2017, el sistema de activación sónica EDDY obtuvo iguales resultados que la irrigación ultrasónica pasiva (PUI), mostrando ambos puntajes de eliminación de barrillo mucho más altos con respecto a la irrigación manual convencional.² Pero en estas investigaciones persistía, aunque sea en menor cantidad la capa de barrillo dentinario en apical si se lo comparaba con los tercios cervical y medio independientemente del método de activación usado; y estos hallazgos coinciden con el presente estudio. También, en 2021 Rius et al. realizó una evaluación de la cantidad de barrillo generado durante el uso de diferentes sistemas de activación, como resultado la ultrasónica generó menor cantidad de barrillo dentinario que sistemas EDDY y EndoUltra; sin embargo, en el tercio apical no hubo diferencia significativa en la presencia de barrillo generado por Endoactivator y Ultrasonido.¹¹ Hechos que motivaron a comparar los métodos ultrasónicos y sónicos como con las puntas EDDY, para determinar cuál de ellos es más eficaz en la remoción del barrillo dentinario.

Los resultados de la actual investigación revelaron que la mayoría de las muestras presentaban paredes limpias con túbulos abiertos pues fueron calificadas con puntajes Hülsmann de 1 y 2 por los observadores. Al tener menos puntos el grupo de estudio, se indica una mejor apertura tubular por mejor limpieza dental.

El grupo D (AC+EDDY) tuvo 17 puntos, los más bajos del experimento con una diferencia significativa de 13 puntos con respecto al grupo C (AC+PUI) que exhibió el mayor puntaje de toda la investigación con 30 puntos, indicando que el sistema de activación EDDY es la técnica más eficaz en la remoción de barrillo dentinario.

El grupo A (EDTA+PUI) con 26 puntos y el grupo B (EDTA+EDDY) con 18 puntos, también muestran mejor remoción del barrillo con sistema EDDY. Por otro lado, al comparar los quelantes, el EDTA al 17% logró relativamente mejor quelación del barrillo dentinario en comparación con el ácido cítrico al 10% en el tercio apical.

En el artículo de Haupt evaluaron que la activación sónica presentaba mejores resultados en la remoción del barrillo en conductos curvos lo cual coincide hasta cierto punto con los resultados de la presente investigación, ya que se evaluó conductos rectos. Aunque los sistemas sónicos presentan una menor frecuencia comparado al ultrasonido se le atribuye a la alta amplitud en sentido longitudinal que presenta estos dispositivos logrando un poderoso efecto hidrodinámico de agitación en comparación con el ultrasonido que tiene una baja amplitud de onda.¹⁰

Conclusión

Es importante usar un protocolo de irrigación final que garantice una mejor desinfección del conducto, ya que al no usarlo podría ocasionar reagudizaciones o fracasos a largo plazo.

Se recomienda el uso de las puntas EDDY ya que presentó mejores resultados de remoción de barrillo dentinario en apical en comparación a la activación ultrasónica



pasiva siempre con el uso de un quelante.

Bibliografía

1. Andrabi SM, Kumar A, Zia A, Iftekhhar H, Alam S, Siddiqui S. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model (2014) *J Investig Clin Dent.*; 5(3):188-93. <http://doi.org/10.1111/jicd.12033>
2. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. (2017) Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig.*; 21(9):2681-2687. <http://doi.org/10.1007/s00784-017-2070-x>
3. Olivieri, J. G., García Font, M., Stöber, E., de Ribot, J., Mercadé, M., & Duran-Sindreu, F. (2016). Effect of manual dynamic activation with citric acid solutions in smear layer removal: A scanning electron microscopic evaluation. *Journal of dental sciences*, 11(4), 360-364. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2016.01.006>
4. Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA. (2011) Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod.*; 37(2):255-258. <http://doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.011>
5. Kato AS, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Pelegrine RA, Fontana CE, de Martin AS. (2016) Investigation of the Efficacy of Passive Ultrasonic Irrigation Versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.*; 42(4):659-663. <http://doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.016>
6. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, Niu L, Ma J. (2018) Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *J Dent.*; 75:105-112. <http://doi.org/10.1016/j.jdent.2018.06.003>
7. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. (1997) Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.*; 23(5):301-6. [http://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80410-4](http://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80410-4)
8. Kuah HG, Lui JN, Tseng PS, Chen NN. (2009) The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. *J Endod.*; 35(3):393-396. <http://doi.org/10.1016/j.joen.2008.12.007>
9. Machado R, Garcia LDFR, da Silva Neto UX, Cruz Filho AMD, Silva RG, Vansan LP. (2018) Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. *Microsc Res Tech.*; 81(3):275-282. <http://doi.org/10.1002/jemt.22976>
10. Haupt F, Meinel M, Gunawardana A, Hülsmann M. (2020) Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Aust Endod J.*; 46(1):40-46. <http://doi.org/10.1111/aej.12342>
11. Rius L, Arias A, Aranguren JM, Romero M, de Gregorio C. (2021) Analysis of the smear layer generated by different activation systems: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* Jan; 25(1):211-218. <http://doi.org/10.1007/s00784-020-03355-9>