

Investigación original

Comparación de XP-Endo® Finisher versus irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de lodillo dentinario

Erika Carina Pérez-Vázquez¹, Lilia Fernanda Barbosa-Monroy²,
Teresita Merari Becerril-Vega², Javier Antonio Garzón-Trinidad³

- ¹. Egresada de la Especialidad en Endoperiodontología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México
- ². Pasante de la Carrera de Cirujano Dentista de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México
- ³. Profesor en la Especialidad en Endoperiodontología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México

Autor de correspondencia:

Mtro. Javier Antonio Garzón Trinidad
E-mail: jagarzon@unam.mx

Recibido: 26 junio 2023

Aceptado: 11 septiembre 2024

Citar como:

Pérez-Vázquez EC, Barbosa-Monroy LF, Becerril-Vega TM, Garzón-Trinidad JA. Comparación de XP-Endo® Finisher versus irrigación ultrasónica pasiva en la eliminación de lodillo dentinario [Comparing XP-Endo® Finisher versus Passive Ultrasonic Irrigation in the Removal of Dentine Sludge]. *Rev Odont Mex.* 2024; 28(4): 36-45. DOI: 10.22201/fo.1870199xp.2024.28.4.86097

RESUMEN

Introducción: el tratamiento de conductos se centra en la eliminación del tejido pulpar y el *biofilm*. Sin embargo, la complejidad del sistema de conductos, la presencia del lodillo dentinario, así como las limitaciones en el diseño de los instrumentos, conllevan en ocasiones al fracaso del procedimiento. Actualmente la irrigación tiene un papel fundamental en la penetración de los

espacios de difícil acceso, por lo que se han desarrollado diferentes protocolos para optimizar los resultados. **Objetivo:** comparar XP-Endo® Finisher versus irrigación ultrasónica pasiva, utilizando EDTA como protocolo de irrigación final para eliminar el lodillo dentinario, derivado del tratamiento de conductos. **Material y método:** estudio *in vitro* en 32 primeros molares inferiores, las raíces mesiales se instrumentaron con el sistema Waveone Gold 0.25/07 (Dentsply®); se irrigaron con NaOCl al 5.25%. Para el protocolo final de irrigación los dientes se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos: Grupo 1; sin irrigación. Grupo 2; irrigación con EDTA sin activación. Grupo 3; irrigación con EDTA activado con ultrasonido. Grupo 4; irrigación con EDTA activado con XP-Endo® Finisher. Las raíces instrumentadas se dividieron longitudinalmente, para observarlas a través del microscopio de barrido, se tomaron fotomicrografías de los túbulos dentinarios, los cuales se cuantificaron mediante una escala de tres puntajes, y una propuesta de conteo de túbulos dentinarios. Ambos métodos se sometieron a un análisis estadístico de Chi-cuadrado (χ^2). **Resultados:** XP-Endo® Finisher mostró diferencias significativas en la eliminación del lodillo dentinario sobre la irrigación convencional, apreciándose mayor número de túbulos dentinarios abiertos ($P<0.05$). Sobre los métodos de conteo, solo uno mostró diferencias significativas para XP-Endo® Finisher en los tres tercios. **Conclusiones:** ninguno de los métodos logró eliminar por completo la capa de lodillo dentinario, sin embargo, XP-Endo® Finisher mostró mayor eficacia en el tercio apical.

Palabras clave: Lodillo dentinario, XP-Endo® Finisher, ultrasonido, túbulos dentinarios, EDTA

INTRODUCCIÓN

El sistema de conductos radiculares es de gran complejidad en cada diente, donde se incluyen irregularidades anatómicas; como los conductos accesorios, laterales, istmos y deltas apicales, que junto con los microorganismos son vectores para generar una patología pulpar. Durante la instrumentación se busca desorganizar el *biofilm*, eliminar los restos de tejido orgánico dentro de los conductos, y desalojarlos mediante la irrigación. No obstante, la acumulación de desechos y la formación de la capa de lodillo dentinario, también contribuye a la retención de tejido y bacterias, que en conjunto con las áreas no instrumentadas representan focos potenciales de reinfección, que ponen en riesgo el éxito del tratamiento¹.

La irrigación con un agente antimicrobiano efectivo produce el arrastre físico de las bacterias y los escombros producto de la preparación. Adicionalmente, desde el punto de vista químico, los irrigantes maximizan la desinfección del conducto radicular, y facilitan la dilución de tejidos orgánicos. La sustancia irrigante más destacada es el hipoclorito de sodio, excelente antibacteriano, capaz de disolver tejido pulpar vital, necrótico, además de componentes orgánicos de la dentina y biopelículas². Su velocidad y profundidad de acción dependen de la concentración y la temperatura. Sin embargo, su acción no afecta la materia inorgánica, creando un bajo impacto en el lodillo dentinario lo que hace necesaria su asociación con agentes quelantes, como el ácido etilendiaminotetracético (EDTA), que elimina los residuos finales y aumenta la permeabilidad de la dentina, mejorando el sellado de los conductos accesorios y los túbulos dentinarios durante la obturación³.

Los sistemas de activación para eliminar el *detritus* han dado mejores resultados en el tercio apical de los conductos radiculares, en comparación con la irrigación convencional de jeringa y aguja⁴, debido a que este último distribuye la solución no más allá de 0-1.1 mm, dando como

resultado una limpieza inadecuada e incompleta para la compleja anatomía del sistema de conductos radiculares⁵. Uno de los principales sistemas de activación es la irrigación ultrasónica pasiva, descrita por Weller *et al.*⁶, consistente en la transmisión de energía acústica de una lima oscilante, o un alambre liso, a un irrigante en el conducto radicular. La cavitación puede perturbar y disgregar la biopelícula endodóntica, disminuyendo las bacterias planctónicas, debido a la formación de burbujas microscópicas en el irrigante, que luego colapsan y explotan⁷.

El sistema XP-Endo® Finisher de la marca FKG Swiss endo, a base de níquel titanio con una aleación patentada MaxWire (Martensita, Austentita, Electropolido FleX), reacciona a diferentes niveles de temperatura⁸. Cuando se enfriá, se encuentra en la fase martensita presentando una forma recta; al calentarse con la temperatura corporal cambia a una fase austenita, presentando una forma de C en el último tercio, esta propiedad facilita la limpieza final en los tratamientos de conductos radiculares⁹.

La lima tiene un núcleo pequeño con un ISO de 25 de diámetro y conicidad cero⁵, por lo que fue diseñada para ser utilizada en conductos instrumentados al menos con el mismo calibre¹⁰. Se adapta a lo largo de toda la pared del conducto, sin debilitar la estructura del diente, ya que no corta dentina¹¹, permitiendo un mejor manejo en morfologías complejas¹⁰, particularmente en conductos curvos y estrechos. Durante la activación, la solución irrigante se agita mediante un movimiento corono apical dentro del conducto. El instrumento puede expandirse hasta 6 mm de diámetro, asegurando el flujo del irrigante en toda la pared del conducto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio *in vitro* utilizando 32 raíces mesiales de molares inferiores extraídos, los cuales debían contar con raíces divergentes. Al inicio los dientes fueron fotografiados; posteriormente se tomó radiografía inicial para observar la anatomía y permeabilidad de los conductos. Previo a la eliminación de la corona clínica, se realizaron los accesos con una fresa FG-6 ssw®, y se rectificaron con Endo Z de la marca Dentsply®. Al finalizar, la porción radicular se dividió con un disco de carburo de baja velocidad, conservando sólo la raíz mesial, cuya longitud estándar apico-coronal fue de 15 mm, corroborada con un radiovisiógrafo Planmeca ProSensor® HD, y una lima ISO 15 tipo K Flexofile Dentsply® Sirona a través de imágenes vestíbulo-lingual y mesio-distal. El ápice fue sellado con barniz de uñas para evitar la salida de detritus o irrigante a través de éste. Las raíces fueron montadas en una base de silicona pesada para facilitar su manipulación. La preparación del conducto se inició con una lima ISO 15 tipo K Flexofile Dentsply® Sirona, y se utilizó para asegurar la permeabilidad del conducto después de la lima rotatoria. La preparación biomecánica se realizó con un motor X-Smart® Plus, y el sistema WaveOne® Gold (Primary 25/07), ambos de Dentsply® Sirona. Durante la instrumentación se mantuvo una irrigación constante, utilizando 5 mL de hipoclorito de sodio al 5.25% con jeringa hipodérmica, y aguja 27Ga Endo-Eze™ de Ultradent® Products, Inc. Finalmente se irrigó con 5 mL de solución fisiológica. Posteriormente las raíces se dividieron aleatoriamente para recibir los distintos protocolos de irrigación.

Control positivo: Se seleccionaron 2 raíces a las que no se les aplicó protocolo de irrigación final, para observar la acumulación de iodilo dentinario en las paredes del conducto.

I. Control negativo: Constituido por 10 raíces, las cuales fueron irrigadas con 5 mL de MD-Clean-ser (EDTA Solution MetaBiomed®) al 17% durante 60 segundos, colocando la aguja 1 mm por

arriba de la longitud de trabajo, sin realizar activación adicional del irrigante. Posteriormente se realizó un lavado con 3 mL de solución salina para prevenir los efectos del EDTA, seguida de una descarga de 1 mL de hipoclorito de sodio al 5.25%, y un último lavado con 3 mL de solución salina. Finalmente se secaron los conductos con puntas de papel estéril.

II. Grupo experimental 1: Se incluyeron 10 raíces para ser irrigadas con 5 mL de MD-Cleanser (EDTA Solution MetaBiomed®), al 17% activado con el sistema XP-Endo® Finisher durante 60 segundos, a una velocidad de 800 rpm y un torque de 1 Ncm. De acuerdo con las indicaciones del fabricante, se colocó la lima XP-Endo® Finisher en contra-ángulo, se fijó la longitud de trabajo, mediante el tubo de plástico milimetrado incluido en el blister, y posteriormente se enfrió mediante spray Endo ICE (Hygienic®, Coltene), con la intención de mantener la lima recta (fase austenítica), debido a que la punta presenta una forma en C (fase martensítica). Una vez que la lima se encuentra recta se retira del tubo para introducirla en el conducto. Se colocó 0.5 mL de irrigante dentro del conducto, se insertó la lima dentro del mismo, se inició la rotación realizando movimientos longitudinales con una amplitud de 7-8 mm de manera suave, recargándose sobre las paredes. Se mantuvo la irrigación constante durante 60 segundos con 3.5 ml de EDTA al 17%. Al finalizar, se retiró la lima XP-Endo® Finisher del conducto mientras continuaba en rotación (Figura 1).

III. Grupo experimental 2: Se seleccionaron 10 raíces para ser irrigadas con 5 mL de MD-Cleanser (EDTA Solution MetaBiomed®), al 17% activado con ultrasonido DTE-D5®, punta E14, utilizando la función Endo nivel de velocidad 3 durante 60 segundos, siguiendo la secuencia propuesta por De-Deus *et al.*¹¹: Se colocaron 0.5 mL de irrigante dentro del conducto; se posicionó la punta de ultrasonido 2 mm por arriba de la longitud de trabajo, y se realizaron tres ciclos de activación de 20 segundos cada uno. Entre cada intervalo se hizo un recambio con 1.5 mL de EDTA al 17%, completando 5 mL. Finalmente se realizó un lavado con 3 mL de solución salina, seguida de una

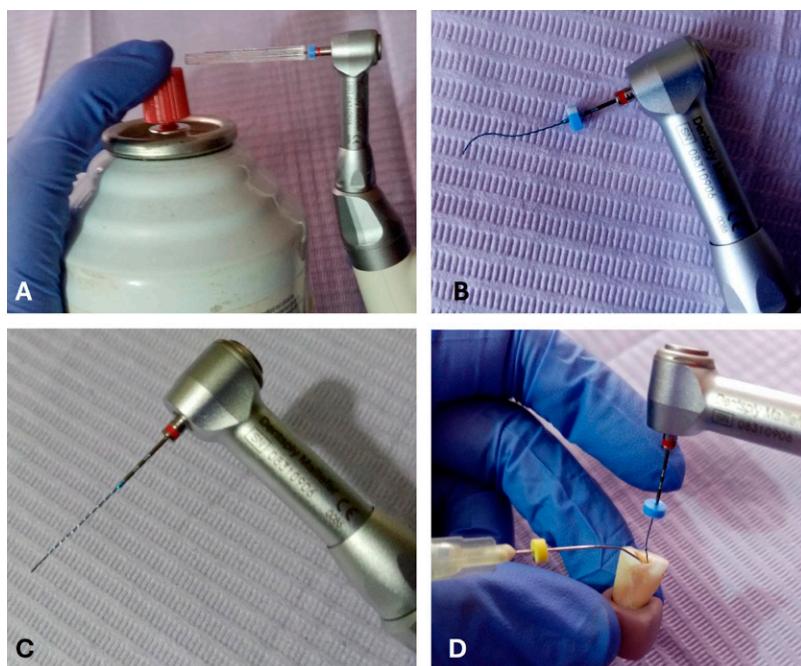


Figura 1. Preparación de la lima. A. Enfriamiento de la lima con Spray Endo ICE (Hygienic). B. Lima en fase austenítica. C. Lima en fase martensítica. D. Uso de la lima.

descarga de 1 mL de hipoclorito de sodio al 5.25% y un último lavado con 3 mL de solución salina, secando los conductos con puntas de papel estéril.

Al finalizar el protocolo de irrigación, y con la intención de observar y cuantificar los túbulos dentinarios mediante el microscopio de barrido, las muestras fueron divididas longitudinalmente con disco de diamante de baja velocidad. El corte se realizó en las caras vestibular y lingual de cada raíz antes de alcanzar el conducto radicular. Posteriormente los segmentos fueron separados con ayuda de un cincel, conservando la porción radicular con mayor estructura. A esta última se le realizaron dos marcas cada 5 mm, a lo largo del conducto instrumentado, delimitando el tercio cervical, medio y apical.

Las muestras sin protocolo de irrigación final Control positivo (C+) mostraron una capa densa de lodillo dentinario sobre la pared del conducto en los tres tercios (Figura 2. A, E, I.). En el tercio cervical, los tres grupos; irrigación convencional (C-), activación con XP- Endo® Finisher (E1), y ultrasonido (E2), mostraron diferencias significativas con respecto al grupo control positivo (C+). De igual manera se observa mayor remoción del lodillo dentinario en este tercio, comparadas con el tercio medio y apical. (Figura 2). Sobre el tercio medio se observa una mayor apertura de los túbulos dentinarios con el sistema XP-Endo® Finisher (Figura 2. G), en algunas muestras que recibieron la activación de EDTA con ultrasonido se visualiza la pared del conducto modificada. (Figura 2. H). Finalmente, en el tercio apical las diferencias se vuelven más significativas; las muestras que fueron activadas con sistema XP-Endo® Finisher presentan túbulos más abiertos (Figura 2. K), mientras que en los grupos de irrigación convencional y activación con ultrasonido se observa una mayor cantidad de lodillo dentinario y túbulos obliterados (Figura 2. J-L).

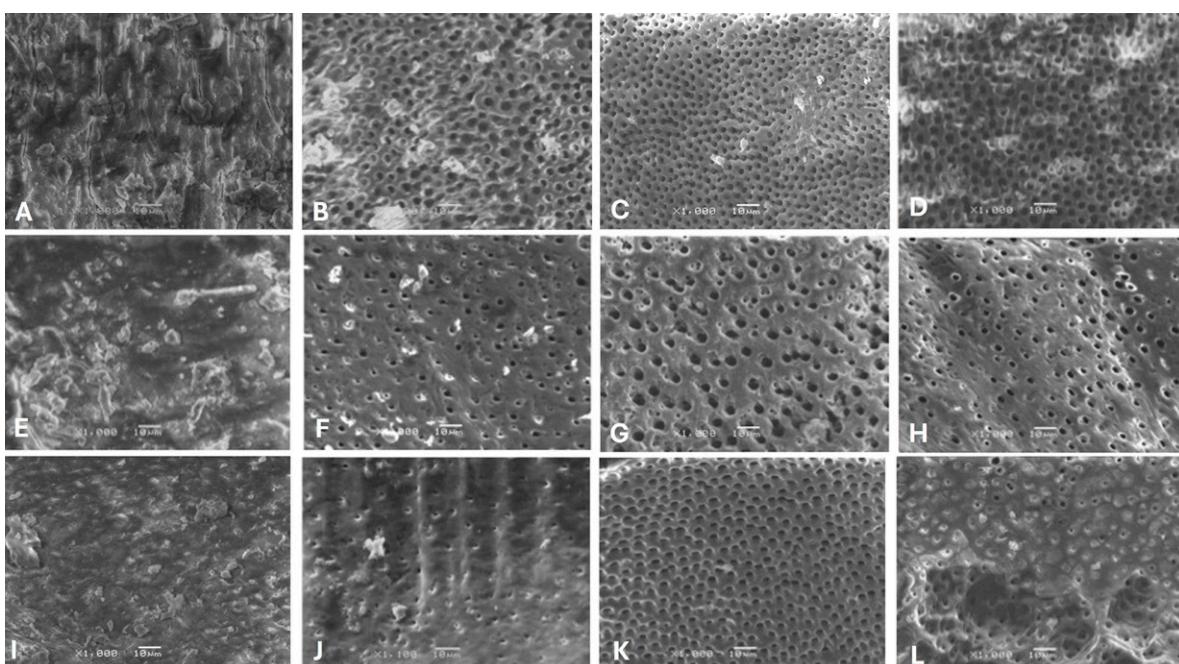


Figura 2. Fotomicrografías. Tercio cervical: A. Sin protocolo de irrigación final. B. Irrigación de EDTA 60s sin activación. C. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo® Finisher. D. Irrigación de EDTA 60s con activación de ultrasonido. **Tercio medio:** E. Sin protocolo de irrigación final. F. Irrigación de EDTA 60s sin activación. G. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo® Finisher. H. Irrigación de EDTA 60s activación ultrasonido. **Tercio apical:** I. Sin protocolo de irrigación final. J. Irrigación de EDTA 60s sin activación. K. Irrigación de EDTA 60s activación XP-Endo® Finisher. L. Irrigación de EDTA 60s con activación de ultrasonido.

Para contabilizar la presencia o ausencia de lodillo dentinario a lo largo de la superficie del conducto radicular, se utilizaron dos procedimientos que permiten evaluar mediante fotomicrografías los túbulos dentinarios; el primero propuesto por Torabinejad *et al.*¹² con los siguientes parámetros:

- Puntaje 1 (sin lodillo dentinario). No hay presencia de lodillo dentinario en la superficie de los conductos radiculares, los túbulos están limpios y abiertos.
- Puntaje 2 (lodillo dentinario moderado). Sin lodillo dentinario en la superficie del conducto, los túbulos dentinarios presentan partículas remanentes (*debris*).
- Puntaje 3 (con lodillo dentinario). El lodillo dentinario cubre totalmente los túbulos dentinarios

La segunda observación es una propuesta derivada de esta investigación en busca de un método más objetivo para evaluar la presencia de lodillo dentinario. Para ello se analizaron las fotomicrografías con el programa de procesamiento de imagen digital de dominio público ImageJ (National Institutes of Health, NIH), que permitió realizar el conteo de los túbulos dentinarios abiertos. Las imágenes se calibraron dentro del programa, tomando como referencia la escala de 10 µm. De las 96 capturas se seleccionó una imagen representativa de cada tercio, y se realizó un acercamiento para determinar el área del túbulo dentinario: La media obtenida en el acercamiento de los túbulos fue de 2.5 µm para cada tercio. Este parámetro sirvió como referencia para que el programa contabilizara únicamente los túbulos que tienen un área igual o mayor, descartando aquellos de menor tamaño suponiendo que contienen lodillo dentinario. El conteo de partículas se realizó mediante el despliegue de una imagen contrastada en rojo que muestra los túbulos que entraron dentro del parámetro establecido. Este proceso se realizó en cada una de las fotomicrografías (Figura 3).

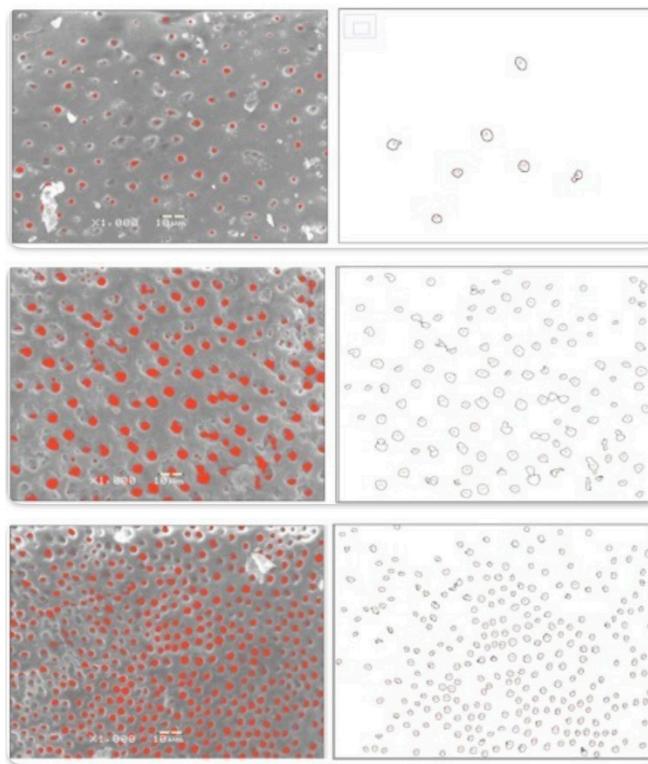


Figura 3. Ejemplos de conteo de túbulos dentinarios mediante el software ImageJ.

RESULTADOS

Las cifras obtenidas en ambos sistemas fueron tabuladas en hojas de Microsoft Excel, y se aplicó la prueba estadística de Chi-cuadrado (χ^2) para su evaluación. Los resultados muestran diferencias significativas entre el grupo control y los tres métodos evaluados, se observaron túbulos dentinarios abiertos ($P<0.05$), sin embargo, ninguno de los métodos eliminó completamente la capa de lodillo remanente (Tablas 1 y 2). El análisis estadístico aplicado; muestra en la escala de Torabinejad una discrepancia en el tercio medio con respecto al programa de ImageJ (Tablas 1 y 2). La misma aplicación mostró diferencias significativas para XP-Endo® Finisher en los tres tercios.

Tabla 1.
Escala Torabinejad

Tercio Cervical					
Código	Grupos		Total	Análisis	
	EDTA	XP-Endo® Finisher	Ultra Sonido	(χ^2) Tabla	(χ^2) Calculado
1	3	9	3	15	
2	3	1	6	10	
3	4	0	1	5	
Total	10	10	10	30	
Tercio Medio					
1	1	5	1	7	
2	3	3	4	10	
3	6	2	5	13	
Total	10	10	10	30	
Tercio Apical					
1	0	4	0	4	
2	2	3	3	8	
3	8	3	7	18	
Total	10	10	10	30	

Tabla 2.
Escala ImageJ

Tercio Cervical					
Muestra	Grupos		Total	Análisis	
	EDTA	XP-Endo® Finisher	Ultra Sonido	(χ^2) Tabla	(χ^2) Calculado
A	133	120	236	489	
B	273	150	131	554	
C	279	391	181	851	
D	248	248	178	674	
E	100	253	124	477	
F	76	238	178	492	

Tabla 2.
Continúa

Muestra	Tercio Cervical			Análisis	
	EDTA	Grupos	Total	(X²) Tabla	(X²) Calculado
	XP-Endo® Finisher	Ultra Sonido			
G	66	236	36	338	
H	256	119	44	419	
I	185	288	192	665	28.869
J	49	406	236	691	813.648
Total	1665	2449	1536	5650	
Tercio Medio					
A	23	128	60	211	
B	90	206	105	401	
C	104	319	82	505	
D	17	358	2	377	
E	139	226	129	494	
F	39	24	196	259	28.869
G	7	139	92	238	908.619
H	25	132	213	370	
I	16	302	217	535	
J	10	59	81	150	
Total	470	1893	1177	3540	
Tercio Apical					
A	1	89	3	93	
B	108	167	39	314	
C	87	311	18	416	
D	20	324	86	430	
E	13	24	1	38	
F	9	45	55	109	28.869
G	1	57	1	59	737.117
H	1	73	65	139	
I	1	124	48	173	
J	146	53	40	239	
Total	387	1267	356	2010	

DISCUSIÓN

Se ha demostrado en diversas investigaciones que, sin importar el sistema de instrumentación utilizado durante la conformación de los conductos¹, siempre se genera una capa de lodillo dentinario que se adhiere a las paredes y oblitera los túbulos dentinarios¹¹, como lo observado en las muestras del grupo control (C-). Esta investigación revisó la activación de EDTA con ultrasonido y XP-Endo® Finisher para eliminar la capa de lodillo dentinario. Ambos sistemas favorecieron la limpieza de las paredes del conducto, obteniendo resultados similares a los de Leoni *et al.*¹³ donde la disminución del lodillo dentinario se logró sin importar el método de activación del EDTA.

El sistema XP-Endo® Finisher fue el único que tuvo acción significativa sobre la capa de lodillo dentinario, debido a que se observó mayor cantidad de túbulos dentinarios abiertos, particularmente en el tercio apical. Estos hallazgos contrastan con diversas investigaciones sobre la instrumentación en dicho segmento, y señalan que, a pesar de ello, se pueden alojar bacterias en los túbulos dentinarios, o en el mismo lodillo con alto potencial patógeno, favoreciendo una irritación persistente del tejido periradicular, retardando la cicatrización¹⁴, por lo que cualquier método que mejore las condiciones de esta zona favorece ampliamente el pronóstico del tratamiento. Los resultados se analizaron con los dos métodos de puntuación referidos en esta investigación, tanto la escala de Torabinejad, como la propuesta de ImageJ, ambos permitieron contrastar los diferentes protocolos de activación del EDTA y determinar la eficacia de cada uno en la eliminación de la capa de lodillo dentinario. Aunque de manera general los resultados fueron similares para ambos sistemas, la escala de Torabinejad mostró discrepancia en el tercio medio, lo cual podría ser causado por la apreciación subjetiva del operador al observar las fotomicrografías. Por ello, se propone el uso de ImageJ (National Institutes of Health NIH), un programa de procesamiento de imagen digital de dominio público, con el fin de establecer un método más objetivo y accesible para cualquier investigador, basado en un análisis cuantitativo.

CONCLUSIÓN

Dentro de las limitaciones del presente estudio, se puede concluir que la activación de EDTA con la lima XP-Endo® Finisher mostró ser más efectiva en la eliminación de la capa de lodillo dentinario, en comparación con el uso de ultrasonido, particularmente en el tercio apical, donde mostró ser el único sistema capaz de tener incidencia significativa, a pesar de la poca instrumentación y las irregularidades de esta área. Estos resultados se podrían extrapolar a la práctica clínica, considerando las ventajas y desventajas que ofrece el sistema. Sin embargo, es pertinente cuestionar la necesidad de emplearlo de manera generalizada, o utilizarse de manera selectiva solamente en pacientes que presenten periodontitis apical, o retratamientos con lesiones persistentes que requieren mayor atención del tercio apical. Debido a que ninguno de los métodos evaluados eliminó por completo la capa de lodillo dentinario, las investigaciones en esta área deben continuar en busca de un protocolo de irrigación final que garantice por completo la desinfección del sistema de conductos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. *Endod Topics*. 2012; 27(1): 35-53. DOI: 10.1111/etp.12030
2. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*. 2008; 58(6): 329-341. DOI: 10.1111/j.1875-595x.2008.tb00354.x
3. Guerisoli DMZ, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J*. 2002; 35(5): 418-421. DOI: 10.1046/j.1365-2591.2002.00488.x
4. Jain N, Garg S, Dhindsa A, Joshi S, Khatria H. Impact of 6% citric acid and endoactivator as irrigation adjuncts on obturation quality and pulpectomy outcome in primary teeth. *Pediatr Dent J*. 2019; 29(2): 59-65. DOI: 10.1016/j.pdj.2019.05.002

5. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*. 2017; 105(2): 178-183. DOI: 10.1007/s10266-016-0251-8
6. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980; 6(9): 740-743. DOI: 10.1016/S0099-2399(80)80185-3
7. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: a quest for predictability. *Aust Endod J.* 2011; 37(3): 92-98. DOI: 10.1111/j.1747-4477.2011.00334.x
8. Amaral P, Forner L, Llena C. Smear layer removal in canals shaped with reciprocating rotary systems. *J Clin Exp Dent.* 2013; 5(5): e227-e230. DOI: 10.4317/jced.51170
9. Uygun AD, Gündogdu EC, Arslan H, Ersoy İ. Efficacy of XP-endo finisher and trushape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Aust Endod J.* 2016; 43(2): 89-93. DOI: 10.1111/aej.12176
10. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J.* 2016; 50(7): 700-705. DOI: 10.1111/iej.12668
11. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, Perez R, Carvalho MS, Souza EM, 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.* 2018; 23(7): 3087-3093. DOI: 10.1007/s00784-018-2729-y
12. Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003; 29(3): 170-175. DOI: 10.1097/00004770-200303000-00002
13. 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.* 2016; 50(4): 398-406. DOI: 10.1111/iej.12630
14. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Alves FR, Silva MG. Bacteria in the apical root canal of teeth with primary apical periodontitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107(5): 721-726. DOI: 10.1016/j.tripleo.2009.01.042