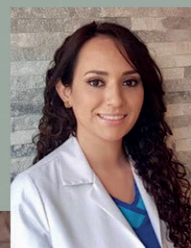


Nancy Patricia Guamán Gualán
Odontóloga General
Especialista en Endodoncia



V O L U M E N S I E T E N Ú M E R O U N O
P A G : 4 3 - 5 0

Martha Elena Gallegos Intriago
Odontóloga General
Especialista en Endodoncia
Docente Universidad San Francisco de Quito
Docente Universidad Central del Ecuador



José Eduardo Maldonado Paredes
Odontólogo General
Especialista de Endodoncia
Docente Posgrado Universidad San Francisco de Quito
Director del posgrado Universidad San Francisco de Quito



ESTUDIO COMPARATIVO IN VITRO DE LA REMOCIÓN DE BARRILLO DENTINARIO EN TERCIO APICAL DE CONDUCTOS RADICULARES ENTRE IRRIGACIÓN ULTRASÓNICA PASIVA Y LIMAS XP ENDO FINISHER

IN VITRO COMPARATIVE STUDY
OF SMEAR LAYER REMOVAL IN ROOT CANALS
APICAL THIRD USING PASIVE ULTRASONIC IRRIGATION
AND XP ENDO FINISHER AT DIFFERENT
ACTIVATION TIMES

Resumen

Objetivo: Comparar in vitro la remoción de barrillo dentinario en tercio apical de conductos radiculares entre irrigación ultrasónica pasiva y limas XP Endo Finisher en diferentes tiempos de activación del irrigante mediante microscopía electrónica de barrido. **Métodos:** Se instrumentaron 30 premolares unirradiculares con Wave One Gold primary 025.07 y large 045.05 (Dentsply Maillefer, Switzerland) e irrigados con 3 ml de hipoclorito de sodio (NaOCl) 5,25% a 3 mm de longitud de trabajo (LT). Los dientes fueron divididos en cuatro grupos experimentales de acuerdo con el sistema y el tiempo de activación final del irrigante y un grupo control: Grupo 1: NaOCl 5,25% / ácido etilendiaminotetraacético 17% (EDTA) / XPF 2 min. (n=7); Grupo 2: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / XPF 3 min. (n=7); Grupo 3: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / PUI 2 min. (n=7); Grupo 3: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / PUI 3 min. (n=7); Grupo 5: Irrigación convencional, NaOCl 5,25% / EDTA 17% (n=2). Posteriormente fueron cortados longitudinalmente y observados en microscopio electrónico de barrido. Se evaluó los túbulos dentinarios abiertos y los datos se analizaron usando el test de Anderson Darling y un modelo ANOVA unifactorial. **Resultados:** La irrigación ultrasónica pasiva y las limas XP Endo Finisher durante 3 minutos proporcionó mejor remoción de barrillo dentinario que durante 2 minutos de activación. **Conclusiones:** Según el test de comparación de Fisher se observó mejor limpieza con la irrigación ultrasónica pasiva (45,9) durante 3 minutos de activación, aunque estadísticamente la diferencia no fue significativa entre los grupos de irrigación ultrasónica pasiva y lima XP Endo Finisher (40,14) con un tiempo de 3 minutos de activación.

Palabras clave: Irrigación, barrillo dentinario, microscopio electrónico de barrido

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 DE AGOSTO DE 2020
FECHA DE ACEPTACIÓN: 1 DE OCTUBRE DE 2020

Autor de correspondencia:
Dra. Nancy Guamán
nancypatricia0691@gmail.com

Abstract

Aim: To compare in vitro the removal of the smear layer in the apical third of root canals between passive ultrasonic irrigation (PUI) and XP Endo Finisher files (XPF) at different activation times of the irrigant by means of scanning electron microscopy. **Methods:** 30 uniradicular premolars were instrumented with Wave One Gold primary 025.07 and large 045.05 (Dentsply Maillefer, Switzerland) and irrigated with 3 ml 5,25% NaOCl at 3 mm WL. The samples were divided into four experimental groups according to the system and the final activation time of the irrigant and a control group: Group 1: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / XPF 2 min. (n = 7); Group 2: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / XPF 3 min. (n = 7); Group 3: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / PUI 2 min. (n = 7); Group 3: NaOCl 5,25% / EDTA 17% / PUI 3 min. (n = 7); Group 5: Conventional irrigation, NaOCl 5,25% / EDTA 17% (n = 2). Subsequently, they were cut longitudinally and observed in a scanning electron microscope. Open dentin tubules were evaluated and data was analyzed using the Anderson Darling test and a one-way ANOVA model. **Results:** Passive ultrasonic irrigation and XP Endo Finisher files for 3 minutes provided better smear removal than 2 minutes of activation. **Conclusions:** According to the Fisher comparison test, better cleaning was observed with passive ultrasonic irrigation (45,9) during 3 minutes of activation, although statistically the difference was not significant between the passive ultrasonic irrigation and XP Endo Finisher file groups (40,14) with a 3-minute activation time.

Keywords: Irrigation, smear layer, scanning electron microscopy.

Introducción

El barrillo dentinario es una capa de residuos que se adhiere a las paredes del conducto y se forma durante la preparación biomecánica, está constituida por material orgánico e inorgánico que incluye remanentes de dentina, tejido pulpar

y bacterias (1,2).

La remoción de barrillo dentinario del interior de los conductos radiculares se consigue gracias a soluciones irrigantes que contribuyen en la desinfección de los mismos, estos agentes irrigantes no solo actúan a nivel del conducto principal sino también permiten la limpieza de conductos laterales y accesorios y zonas en donde los instrumentos no tienen acceso. Sin embargo, la remoción de estos residuos representa un reto especialmente en el tercio apical debido a la complejidad de la anatomía interna del conducto (3,4); por lo tanto, para favorecer una mejor limpieza en tercio apical se requiere de un sistema para activar el irrigante que permite mayor desplazamiento de la solución, estos pueden ser sistemas de activación sónico, ultrasónico y limas rotatorias como las XP Endo Finisher (5).

La irrigación ultrasónica consiste en hacer vibrar con ultrasonido una lima de acero inoxidable y agitar la solución irrigante, éstas limas están diseñadas para oscilar a frecuencias extremadamente altas de 25-30 kHz y presentan un trayecto oscilatorio transversal de 60 a 90 grados con respecto al eje de inserción. Presentan un modelo de nodos y antinodos en toda la longitud del instrumento, los nodos son zonas en donde hay mínima o nula oscilación y antinodos es la parte del instrumento donde se produce mayor oscilación o desplazamiento (6,7).

La acción de limpieza del ultrasonido se fundamenta a través de 2 principios: cavitación y microcorriente acústica. La cavitación es la formación de burbujas que se crean por la vibración del irrigante las mismas que se rompen al colisionar con la pared del conducto, resultado de esto se eleva la temperatura y con ello aumenta la eficacia de la solución irrigante. La microcorriente acústica es el flujo del irrigante impulsado por el efecto vibratorio a lo largo del instrumento ultrasónico durante el cual se forman patrones de oscilación en toda la longitud de la lima, este modelo de vibración

forman corrientes en remolino de manera que cualquier material biológico que ingrese en el área de la corriente va a ser sometido a tensiones vibratorias y posteriormente se destruya; estas tensiones vibratorias se generan en las zonas de mayor desplazamiento que son el extremo de la lima y los antinodos (8).

Las limas XP Endo Finisher, son limas rotatorias de níquel titanio de forma semicircular, son altamente flexibles y se atribuye al menor diámetro ISO # 25 y a la ausencia de conicidad de manera que pueden ajustarse a la morfología del conducto; además poseen la capacidad de expandirse hasta 6 mm durante la rotación y así acceder a superficies irregulares. Se usan posterior a la instrumentación para agitar la solución irrigante y eliminar todo residuo presente en el interior del conducto pero siempre conservando la dentina y por la capacidad de expansión y flexibilidad puede actuar en conductos radiculares complejos sean estrechos o con extrema curvatura (9, 10).

Considerando la importancia de la limpieza del sistema de conductos radiculares para el éxito de la terapia endodóntica, el presente trabajo investigativo tiene como objetivo comparar de manera in vitro la remoción de barrillo dentinario en tercio apical de conductos radiculares entre irrigación ultrasónica pasiva y limas XP Endo Finisher en diferentes tiempos de activación del irrigante mediante microscopía electrónica de barrido, planteando como hipótesis nula que dicha remoción es igual usando irrigación ultrasónica pasiva y limas XP Endo Finisher en 2 y 3 minutos de activación y como hipótesis alternativa se plantea que existe al menos en algún grupo un resultado de remoción de barrillo dentinario distinto.

Materiales y métodos

El estudio fue de tipo experimental, in vitro, comparativo y descriptivo, para lo cual seleccionaron 30 premolares unirradiculares con conducto único, recto o con una curvatura

menor de 5 grados según la clasificación de Schneider. Se estandarizó la longitud radicular a 14 mm y se cortó la corona con un disco de diamante y micromotor de baja velocidad (NSK).

Con una lima K # 10 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) se permeabilizó el conducto hasta observar el instrumento a través del foramen y la longitud de trabajo se determinó restando 1 mm. Para la preparación del conducto se utilizó el motor de endodoncia X Smart Plus (Dentsply Maillefer) y se realizó con limas Wave One Goldprimary 025.07 y large 045.05 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), los conductos fueron irrigados con 3 ml de hipoclorito de sodio al 5,25 % a 3 mm de la longitud de trabajo con aguja de irrigación NaviTip (Ultradent) de salida lateral, la patencia apical se realizó luego de cada instrumento con lima K # 10.

División de los grupos

La muestra se dividió de manera aleatoria en cuatro grupos experimentales y un grupo control de acuerdo con el sistema y el tiempo de activación del irrigante.

El protocolo de irrigación fue el siguiente:

- **Grupo 1:** 2 ml NaOCl 5,25% / 2 ml EDTA 17% / XPF 2 min a 1 mm LT. Se neutralizó con 2 ml de suero fisiológico.
- **Grupo 2:** 2 ml NaOCl 5,25% / 2 ml EDTA 17% / XPF 3 min a 1 mm LT. Se neutralizó con 2 ml de suero fisiológico.
- **Grupo 3:** 2 ml NaOCl 5,25% / 2 ml EDTA 17% / PUI 2 min a 1 mm LT. Se neutralizó con 2 ml de suero fisiológico.
- **Grupo 4:** 2 ml NaOCl 5,25% / 2 ml EDTA 17% / PUI 3 min a 1 mm LT. Se neutralizó con 2 ml de suero fisiológico.
- **Grupo 5:** Irrigación convencional, NaOCl 5,25% / EDTA 17%.

Manejo experimental de las muestras

Una vez realizado el protocolo de irrigación

final los conductos se secaron con puntas capillary(Ultradent). Se colocó cera rosada tanto en la zona apical y coronal de la raíz, el corte de la raíz consistió en realizar una ranura sobre la superficie vestibular y lingual o palatina con disco de diamante y micromotor de baja velocidad y luego con una hoja de bisturí se fraccionó la raíz.

Se eligió el fragmento radicular que no presente alteración alguna en el tercio apical y con una sonda periodontal (Carolina del Norte) se midió los 5 mm apicales. Para realizar el análisis microscópico primero se secó cada una de las muestras en una estufa MEMMERT durante 48 horas a 50°C. Posteriormente se recubrió con una lámina de oro, para este fin se usó un evaporizador de oro Sputter Coating Quorum Q105R por 90 segundos, produciendo una capa de un espesor aproximado de 20 nm. A continuación se observó en el microscopio electrónico de barrido marca TESCAN modelo MIRA 3, dicho procedimiento se

realizó a una magnificación de 3000 X y se obtuvo fotografías de cada una de las muestras.

Análisis estadístico

En las imágenes tomadas a 3000 X se cuantificaron los túbulos dentinarios abiertos y los datos fueron analizados usando el software Minitab 19. El test de Anderson Darling se usó para analizar la normalidad de los datos y se demostró que tienen un comportamiento normal. La cantidad de túbulos dentinarios abiertos de acuerdo al protocolo de irrigación final variando el tiempo de activación se analizaron mediante el análisis de varianza unifactorial (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%, se usó este modelo estadístico dado que el estudio tuvo cuatro grupos experimentales y se examinó un factor que es el barrillo dentinario.

Tabla 1
Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Grupos	3	4666	1555,4	3,9	0,019
Error	24	9349	389,5		
Total	27	14015			

* El nivel de significancia es 0.05

Grupo	N	Media	Agrupación	
4	7	45,9	A	
2	7	40,14	A	
1	7	17,57		B
3	7	17,43		B

* Test de comparación de Fisher

Tabla 2
Análisis comparativo de los protocolos de irrigación final

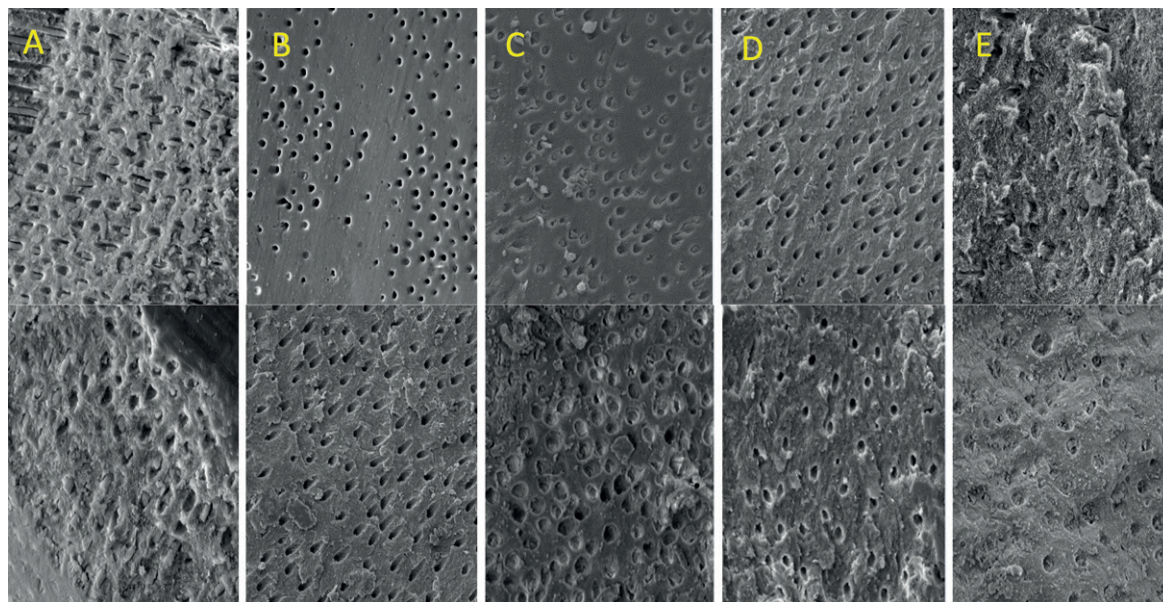


Figura 1: Imágenes obtenidas bajo microscopio electrónico de barrido a 3000X que muestran la remoción de barrillo dentinario a nivel del tercio apical de acuerdo al protocolo de irrigación final variando el tiempo de activación. A) muestras de grupo 1, activación del irrigante con lima XP Endo Finisher durante 2 minutos. B) muestras de grupo 2, activación del irrigante con lima XP Endo Finisher durante 3 minutos. C) muestras de grupo 3, irrigación ultrasónica pasiva durante 2 minutos. D) muestras de grupo 4, irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos. E) grupo control: irrigación con presión positiva, se observa toda la dentina cubierta de barrillo dentinario.

Resultados

El valor-p obtenido (tabla 1) indica que en al menos uno de los protocolos de irrigación final la remoción de barrillo dentinario es diferente. La tabla 2 muestra que el grupo 4 que corresponde a la irrigación ultrasónica pasiva con un tiempo de activación de 3 minutos proporciona mejor remoción de barrillo dentinario, seguido por el grupo 2 concerniente a las limas XP Endo Finisher con el mismo tiempo de activación; además se evidencia que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos 1-3 y 2-4, esto significa que el tiempo de activación si marca una diferencia en el número de túbulos dentinarios abiertos mas no el sistema de activación.

La figura 1 muestra imágenes representativas de remoción de barrillo dentinario de los grupos de estudio.

Discusión

La irrigación es uno de los procedimientos más importantes durante la instrumentación para asegurar la remoción de barrillo dentinario (11,12) y así lo confirma De Deus et al. (13) quienes demostraron que la irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25% más EDTA al 17% reduce a 11% el volumen de barrillo acumulado en tercio apical frente al 34% en los casos en donde no incluyeron la irrigación (13). Linhares de Castro et al. (14) y Sanabria et al. (15) explican la importancia de irrigar el conducto con hipoclorito de sodio y EDTA, en donde indican que los grupos de estudios irrigados únicamente con hipoclorito de sodio muestran los valores más altos de presencia de barrillo dentinario a pesar de que en uno de los grupos se activó con ultrasonido y lima XP Endo Finisher (14,15).

Igualmente, Schmidt et al. (16) evaluaron el efecto de la activación ultrasónica del irrigante y aclaran que activar únicamente el hipoclorito de sodio o solamente el EDTA no mostró mayor eficacia en la remoción de barrillo dentinario en comparación con la irrigación convencional, de modo que activar las dos soluciones favorecen una limpieza más eficiente al igual que Zand et al. (17) coinciden con este último enunciado.

En cuanto al tiempo de activación del irrigante Linhares de Castro et al. (14) señalan que activar el hipoclorito de sodio y el EDTA por un tiempo de 20 o 60 segundos la remoción de barrillo dentinario es semejante en ambos tiempos, datos que no concuerdan con el estudio de Passarinho et al. (18) quienes comparan 3 tiempos de activación ultrasónica 1, 3 y 5 minutos y mostraron menor cantidad de barrillo en tercio apical con 5 minutos de activación; igualmente en el presente estudio se pudo evidenciar que el tiempo de activación del irrigante influye de manera positiva en la remoción de barrillo dentinario obteniendo mejor limpieza durante 3 minutos de activación sea con ultrasonido o lima XP endo Finisher en comparación a los 2 minutos de activación.

Al referirse a los sistemas de activación Andrabi et al. (19) resaltan la efectividad de la irrigación ultrasónica pasiva durante 1 minuto en la limpieza de conductos especialmente en el tercio apical, al comparar con la irrigación dinámica manual y la irrigación convencional, del mismo modo que en el presente estudio la irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos de activación demostró la superioridad sobre el mismo sistema durante 2 minutos y sobre la lima XP endo Finisher durante 3 y 2 minutos; esto puede atribuirse a la transmisión acústica y al efecto de cavitación que genera la lima activada ultrasónicamente, definiendo como transmisión acústica al movimiento circular del fluido alrededor de la lima en vibración, mientras que la cavitación es la formación de burbujas y colapso de las mismas en un medio líquido.

Por otro lado Karade et al. (20) manifiestan que la irrigación ultrasónica pasiva, irrigación

sónica y el sistema de irrigación de presión negativa EndoVac no proporcionan una remoción eficiente del tercio apical, aunque el sistema EndoVac mostró mejor eliminación de residuos en comparación a los otros dos sistemas; la superioridad de este sistema se presume a su enfoque de presión negativa apical que expulsa el irrigante por las paredes del conducto hacia el ápice creando turbulencia en el extremo de la microcánula. Silva et al. (21) manifiestan que todos los sistemas de activación de la solución irrigante promueven el mismo nivel de limpieza a nivel de istmos de conductos mesiales de molares inferiores al comparar con la irrigación ultrasónica pasiva, EndoVac y lima autoajustable (self-adjusting file); por el contrario, en nuestro estudio la irrigación ultrasónica demostró mayor efectividad de remoción de barrillo dentinario, aunque la limpieza en el tercio apical no sea completa.

Bao et al. (22) compararon la efectividad de las limas XP endo Finisher y la irrigación ultrasónica pasiva en la remoción de biofilm de la zona apical del conducto con activación continua de 90 segundos y por ciclos de activación, 3 ciclos de 30 segundos cada uno y demostraron que la lima XP endo Finisher por ciclos de activación elimina mejor el biofilm seguido por la irrigación ultrasónica pasiva por ciclos; mientras que en el estudio actual la activación con éstas limas no superaron a la irrigación ultrasónica pasiva, esto puede atribuirse a que la activación del irrigante se realizó de manera continua.

Sanabria et al. (15) realizaron un estudio similar al nuestro y manifiestan que el uso de éstas limas produjo mayor remoción de barrillo dentinario en relación a la irrigación ultrasónica pasiva; en contraposición al estudio la lima XP endo Finisher no mostró mayor eficacia sobre la irrigación ultrasónica pasiva y la diferencia puede asignarse a la profundidad de inserción de la lima, dado que en el estudio de Sanabria lo realiza a longitud de trabajo mientras que en el nuestro se realizó a 1 mm de longitud de trabajo. Sin embargo, sí proporcionaron una adecuada

remoción en el tercio apical y esto se debe a la excelente flexibilidad y a la capacidad de expansión durante la rotación.

Por el contrario Leoni et al. (23) encontraron que no hay diferencia estadística entre la irrigación ultrasónica y lima XP endo Finisher en la eliminación de barrillo dentinario a nivel de istmos de raíces mesiales de molares inferiores.

De la misma manera De-Deus et al. (24) reportaron que ambos sistemas proporcionan un nivel de limpieza semejante durante un tiempo de activación de 1 minuto si bien ninguno de los dos sistemas remueve completamente el barrillo dentinario.

Por esta razón es fundamental realizar otros estudios para valorar la reducción de barrillo dentinario que incluyan anatomía compleja, volumen, sistema de administración del irrigante y profundidad de inserción de la aguja de irrigación, punta ultrasónica o lima rotatoria.

Con todos estos hallazgos podemos concluir que no existe un método y solución irrigante que elimine por completo el barrillo dentinario del interior del conducto, en especial a nivel del tercio apical, de manera que es importante el uso combinado de soluciones irrigantes y sistemas de activación para así asegurar una mejor limpieza del conducto y por ende un tratamiento endodóntico exitoso.

Conclusiones

Ninguno de los sistemas remueve completamente el barrillo dentinario del tercio apical, aunque se observó mejor limpieza con la irrigación ultrasónica pasiva durante 3 minutos de activación. Sin embargo, no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de irrigación ultrasónica pasiva y lima XP endo Finisher con un tiempo de 3 minutos de activación.

Referencias bibliográficas

1. Andrabi S, Kumar A, Mishra S, Tewari R, Alam Sh, Siddiqui Sh. Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: An in vitro scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2013; 39: 131 - 36.
2. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British Dental Journal.* 2014; 216 (6): 299 - 302.
3. Cohen S, Kennedy M. Vías de la pulpa. 10ma edición. Barcelona: Elsevier España, S.L.; 2011. p. 334 - 39.
4. Canalda C, Brau E. Endodoncia. Técnicas Clínicas y Bases Científicas. 3ra edición. Barcelona - España: Elsevier MASSON,S.A.; 2014. p. 186 - 90.
5. Saber Sh, Rahman A. Efficacy of Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal. *JOE.* 2011; 37(9): 1272 - 75.
6. Van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literatura. *Int Endod J.* 2007; 40: 415-426.
7. Gu L, Kim J, Ling J, Choi K, Pashley D, Tay F. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *JOE.* 2009; 35 (6): 791 - 804.
8. Souza C, Bueno B, Kato A, Limoeiro A, Fontana C, Pelegrine R. Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. *J Conserv Dent.* 2019; 22 (2): 155-159.
9. Alves F, Marceliano-Alves M, Sousa J, Silveira S, Provenzano J, Siqueira J. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *JOE.* 2016; 42 (7): 1114-9.
10. Azimian Sh, Bakhtiar H, Esnaashari E. In vitro effect of XP-Endo finisher on the amount of residual debris and smear layer on the root canal walls. *Dent Res J.* 2019; 16 (3): 179 - 184.
11. Boutsioukis Ch, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink P, W.M. van der Sluis L. Evaluation of Irrigant Flow in the Root Canal Using Different Needle Types by an Unsteady Computational Fluid Dynamics Model. *JOE.* 2010; 36, (5): 875 - 79.
12. Chen J, Nurbakhsh B, Layton G, Bussmann M, Kishen A. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis. *Aust Endod J.* 2014; 40: 54 - 60.
13. De Deus G, Marins J, De Almeida Neves A, Reis C, Fidel S, Versiani M, Alves H, et al. Assessing Accumulated Hard-tissue Debris Using Micro-computed Tomography and Free Software for

Image Processing and Analysis. JOE. 2014; 40 (2): 271 – 76.

14. Linhares de Castro F, Pinheiro L, Hungaro MA, Alves J, Lucas S, Bruniera R, et al. Effect of time and ultrasonic activation on ethylenediaminetetraacetic acid on smear layer removal of the root canal. Microsc. Res. Tech. 2016; 1-7.

15. Sanabria D, Ivan B, García F, Campos A, Casaretto M, Torres J, et al. Comparison of the XP-Endo Finisher File System and Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) on Smear Layer Removal after Root Canal Instrumentation Effectiveness of Two Irrigation Methods on Smear Layer Removal. J Dent Oral Health. 2017; 4: 1-7.

16. Schmidt T, Teixeira C, Felipe M, Felipe W, Pashley D, Bortoluzzi E. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. JOE. 2015; 41 (8): 1359 – 62.

17. Zand V, Mokhtari H, Reyhani M, Nahavandizadeh N, Azimi Sh. Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP-endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. J Clin Exp Dent. 2017; 9 (11): 1310 – 4.

18. Passarinho J, Marchesan M, Ferreira R, Silva R, Silva-Sousa Y, Sousa-Neto M. In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. Aust Endod J. 2006; 32: 123 – 28.

19. Andrabi S, Kumar A, Zia A, Iftekhar H, Alam Sh, Siddiqui Sh. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. J Investig Clin Dent. 2014; 5: 188-193.

20. Karade P, Chopade R, Patil S, Hoshing U, Rao M, Rane N. Efficiency of Different Endodontic Irrigation and Activation Systems in Removal of the Smear Layer: A Scanning Electron Microscopy Study. IEJ. 2017; 12 (4): 414 – 18.

21. Silva E, Carvalho C, Gonçalves F, Carvalho M, Tadeu R, De-Deus G, et al. Micro-CT evaluation of different final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root of mandibular molars. Clin Oral Investig. 2018; 23 (2): 681 – 87.

22. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. JOE. 2017; 43 (2): 321-325.

23. Leoni G, Versiani M, Silva-Sousa Y, Bruniera J, Pécora J, Sousa-Neto M. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. Int Endod J. 2017; 50 (4): 398-406.

24. De-Deus G, Gonçalves F, De Siqueira A, Pérez R, Simões M, Miranda E, 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 – 93.