

Efecto del EDTAC y del ácido cítrico sobre la pared dentinaria. Variación del tiempo de exposición y la edad dentaria

*Effect of EDTAC and citric acid on dentinal walls.
Variation of exposure time and dental age*

Sylvia Martinelli¹ ORCID: 0000-003-3525-998X

Gimena Albuquerque¹ ORCID: 0000-0003-0162-3560

Lorena Silva² ORCID: 0000-0002-0672-059X

DOI: 10.22592/ode2019n34a2

Resumen

El objetivo de este estudio fue lograr una fórmula y un tiempo de aplicación de los quelantes efectivos que logren la limpieza de las paredes del conducto sin causar erosiones, teniendo en cuenta la edad dentaria. La muestra constó de 120 dientes, 60 de pacientes jóvenes y 60 de pacientes adultos, se instrumentaron e irrigaron con hipoclorito de sodio (NaOCl) 2,5%. Cada subgrupo fue dividido al azar en 6 grupos: 4 grupos de 12 dientes y 2 grupos control con 6 dientes cada uno. En la irrigación final se aplicó ácido etilendiaminotetraacético más Cetavión (EDTAC) 17% o ácido cítrico 10% durante 1 o 3 minutos según el grupo. Los resultados presentaron buen nivel de limpieza con algunas muestras con erosión de los túbulos dentinarios. Con EDTAC o ácido cítrico combinado con NaOCl se lograron resultados satisfactorios en la remoción del barro dentinario. La erosión estuvo presente en sus diferentes grados independientemente de la edad dentaria, pero no del tiempo de exposición del irrigante.

Palabras clave: quelantes, barro dentinario, permeabilidad de la dentina, erosión.

1 Cátedra de Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay.

2 Ex docente de la Cátedra de Endodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de la República, Uruguay.

Fecha de recibido: 02.12.2018 - Fecha de aceptado: 15.07.2019

Abstract

The aim of this study was to find a formula and application time for chelators effective in cleaning the root canal without causing erosion and considering dental age. The sample included 120 teeth: 60 taken from young patients and 60 from adult patients. They were instrumented and irrigated with 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl). Each subgroup was divided randomly into six groups: 4 groups of 12 teeth and 2 control groups of 6 teeth. In the final irrigation, 17% ethylenediaminetetraacetic acid plus Cetavión (EDTAC) or 10% citric acid was applied for 1 or 3 minutes according to each group. The results showed a high level of cleanliness, and a few showed erosion of the dentinal tubules. Satisfactory results were obtained in the removal of the smear layer when applying EDTAC or citric acid combined with NaOCl. Erosion was present in different degrees regardless of dental age, but it was indeed affected by the irrigant exposure time.

Keywords: chelators, smear layer, dentin permeability, erosion.

Resumo

O objetivo deste estudo foi obter uma fórmula e um tempo de aplicação dos quelantes efetivos que permitam a limpeza das paredes do canal sem causar erosões, levando em consideração a idade dental. A amostra foi composta por 120 dentes, 60 de pacientes jovens e 60 de pacientes adultos, foram instrumentados e irrigados com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%. Cada subgrupo foi dividido aleatoriamente em 6 grupos: 4 grupos de 12 dentes e 2 grupos de controle com 6 dentes cada um. Na irrigação final, ácido etilendiaminotetracético com Cetavión (EDTAC) 17% ou ácido cítrico 10% foi aplicado por 1 ou 3 minutos, dependendo do grupo. Os resultados mostraram um bom nível de limpeza com algumas amostras com erosão dos túbulos dentinários. Com EDTAC ou ácido cítrico combinado com NaOCl, resultados satisfatórios foram obtidos na remoção da camada de esfregaço. A erosão esteve presente em seus diferentes graus independentemente da idade dentária, mas não do tempo de exposição do irrigante.

Palavras-chave: quelantes, camada de esfregaço, permeabilidade da dentina, erosão.

Introducción

Durante la instrumentación del conducto radicular, se genera una capa de residuos irregular y granular, producto del limado de las paredes dentinarias y restos orgánicos presentes en el conducto ⁽¹⁾ que no se observa en superficies sin instrumentar ⁽²⁾. Esta capa obstruye los túbulos dentinarios en una profundidad de 30 a 40 μm ⁽³⁾ disminuyendo la permeabilidad dentinaria, lo que provoca un retraso de la acción de la medicación tópica y de los irrigantes ^(4, 5) y evita el estrecho contacto del material de obtu-

ración con las paredes dentinarias ^(1, 3, 4). Como consecuencia, existe mayor riesgo de infección bacteriana y microfiltración ^(3, 6).

En el protocolo de irrigación convencional se utiliza hipoclorito de sodio (NaOCl) en concentraciones de 2,5% a 5,25% y un quelante, que actúan sobre la parte orgánica e inorgánica del barro dentinario, pero también sobre la pared del conducto provocando su desmineralización ^(2,5,7).

Los quelantes más utilizados son el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) y el ácido cítrico.

Ostby en 1957⁽⁸⁾ introdujo la sal disódica del EDTA para su uso como irrigante auxiliar en conductos estrechos y/o calcificados. Su fórmula original consistió en EDTA 17 g, hidróxido de sodio (NaOH) 05N y agua destilada 100 cc. Posteriormente, le agregó un compuesto de amonio cuaternario: bromuro de cetiltrimetilamonio (Cetavión), para reducir la tensión superficial logrando mayor penetración del producto en la dentina, mayor humectación y mejor acción antibacteriana del quelante. Este producto pasó a llamarse EDTAC^(9,10).

El ácido cítrico es un ácido débil, efectivo en la eliminación del barro dentinario, que presenta buena estabilidad química y bajo costo⁽¹¹⁾. Se utiliza en concentraciones al 10%, 25% o 50%, con excelentes resultados^(12,13).

La desmineralización del tejido duro puede explicarse basándose en el principio de la constante del producto de solubilidad. Al irrigar con EDTA, éste capta los iones calcio (Ca^{+2}) disueltos en la solución, a su vez, otros iones de la dentina se disuelven para mantener siempre constante el producto de solubilidad⁽⁸⁾. Cada molécula de EDTA puede unirse a un solo ion calcio, cuando se ha logrado el equilibrio, no hay más disolución.

El uso de quelantes puede causar erosión de las paredes dentinarias y según los diferentes autores podría estar relacionado con la concentración de la solución, el pH, el tiempo de permanencia del producto dentro del conducto y/o la edad dentaria^(6, 14, 15).

La desmineralización que produce el EDTA en la dentina depende del tiempo de permanencia de la solución dentro del conducto, lográndose el mayor efecto en los primeros 5 minutos, luego su acción disminuye⁽⁹⁾.

Durante la reacción química, se produce un intercambio de hidrogeniones (H^+) del EDTA por iones Ca^{+2} de la dentina reduciendo el pH de la solución, lo que provoca una disminución de la acción quelante⁽¹⁶⁾.

Kennedy, Walker & Gough 1986⁽⁶⁾ sugirieron que el aumento del diámetro de los túbulos

provocado por la desmineralización utilizando quelantes, depende del grado de maduración dentaria, lográndose mayor apertura en dientes jóvenes menos mineralizados que los dientes adultos y propusieron mayor quelación en estos últimos para lograr buenos resultados.

Los objetivos de este estudio consistieron en: a) evaluar la efectividad de la fórmula preparada de EDTAC 17% y ácido cítrico al 10% para la eliminación del barro dentinario luego de la preparación biomecánica; b) seleccionar el tiempo de exposición al quelante más adecuado (1 o 3 minutos) que garantice una mejor limpieza de las paredes dentinarias sin erosionarlas teniendo en cuenta la edad dentaria; c) evaluar la formación de cristales al utilizar ácido cítrico.

Materiales y métodos

El trabajo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Odontología Universidad de la República. Se utilizaron 120 dientes humanos previamente desinfectados en glutaraldehído 2%, de los cuales 60 correspondieron a pacientes jóvenes (entre 15 y 25 años) y 60 a pacientes adultos (40 años en adelante). Se seleccionaron piezas anteriores y premolares unirradiculares con ápices completamente formados, que fueron extraídos por caries (clase I y II), problemas paradenciales (periodontitis crónica grave) u ortodoncia previo consentimiento informado del paciente.

Se tomaron radiografías en sentido mesio-distal y vestibulo-palatino confirmando que las piezas tuvieran un solo conducto, con curvatura de 5° o menos de acuerdo a la clasificación de Schneider⁽¹⁷⁾, con un radio > 80 mm según la fórmula propuesta por Schäfer⁽¹⁸⁾. Se descartaron piezas con mayores curvaturas, aquellas con más de un conducto, con reabsorciones, o previamente tratadas. También se evaluó que la edad cronológica coincidiera con la edad dentaria. Se realizó un corte transversal a la altura del cuello dentario para retirar la corona utilizando un disco diamantado (930 D Jota Switzerland)

refrigerado, manteniendo una longitud radicular de 15 mm. Luego se realizó una ranura longitudinal en las caras proximales de la raíz, para facilitar la sección del diente en dos mitades terminada la preparación del conducto.

Cada subgrupo de 60 raíces de jóvenes (A) y de adultos (B) fue dividido al azar en 6 grupos: 4 grupos de 12 dientes y 2 grupos control de 6 dientes cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Definición de grupos

Soluciones	Grupo A (Joven)	Grupo B (Adultos)
EDTAC 17% - 1 min	A1	B1
EDTAC 17% - 3 min	A2	B2
Ac Cítrico 10% - 1 min	A3	B3
Ac Cítrico 10% - 3 min	A4	B4
NaOCl 2,5% - 1 min (Control)	A5	B5
NaOCl 2,5% - 3 min (Control)	A6	B6

Se determinó la longitud de trabajo traspasando el foramen apical con una lima K N°15 (Dentsply Maillefer Sirona Switzerland) y luego se restó 1 mm. Se ampliaron los tercios cervical y medio con fresas Gates Glidden 3, 2 y 1 (Dentsply Maillefer, Ballagues Switzerland) y el resto del conducto con limas K (Dentsply Maillefer Sirona Switzerland) aplicando la técnica step back. El tercio apical se preparó hasta una lima 35 o 40. Los dientes jóvenes requirieron una preparación apical de mayor calibre (N°50 a 70) por la amplitud del conducto. Para la irrigación se utilizó una jeringa hipodérmica de 5 ml con aguja 25G, irrigando con 2 ml de NaOCl al 2,5% en cada cambio de instrumento y recapitulando en forma constante. Como irrigación final (toilette del conducto), se lavó con 2 ml de NaOCl 2,5%, se aspiró con jeringa y se secó con conos de papel (Antaeos, VDW Germany). Luego se irrigó con 1 ml del quelante a testear usando una jeringa de insulina (aguja 27G). Estas soluciones (preparadas en el laboratorio

de Bioquímica de la Facultad de Odontología, Universidad de la República), se mantuvieron dentro del conducto por 1 o 3 minutos según el grupo, agitándolas durante 30 segundos con una lima K15 (Dentsply Maillefer Sirona Switzerland) para lograr mayor efectividad de la solución. Se retiró el quelante lavando con 4 ml de NaOCl al 2,5% y se secó con conos de papel. En todos los casos, el foramen apical fue sellado con cera resinosa (Dentorium USA) para evitar la salida del irrigante.

Las raíces se seccionaron longitudinalmente, calzando un instrumento en las ranuras previamente realizadas en las caras proximales. Las muestras se observaron en los tercios cervical, medio y apical utilizando el microscopio electrónico de barrido (Jeol JSM 5900 LV Japón) en aumentos x1000 y x4000 obteniendo 360 imágenes en cada aumento.

Se creó una escala con 4 niveles para evaluar la presencia de barro dentinario:

1. Ausencia de barro dentinario: túbulos abiertos y limpios.
2. Poco barro dentinario en la superficie: algunos túbulos (menos de 50%) con barro dentinario cubriendo las entradas.
3. Presencia de barro dentinario en la superficie y la mayoría de los túbulos cerrados (más de un 50%).
4. Pesada capa de barro dentinario, no se distinguen los túbulos.

Para valorar el grado de erosión en las paredes de los túbulos dentinarios, se confeccionó una escala con 4 niveles:

0. Sin erosión: todos los túbulos presentan una apariencia normal.
1. Erosión incipiente de la dentina peritubular insinuándose en los bordes de los túbulos.
2. Erosión moderada de la dentina peritubular.
3. Erosión severa: la dentina intertubular se encuentra destruida y los túbulos pueden estar conectados unos con otros.

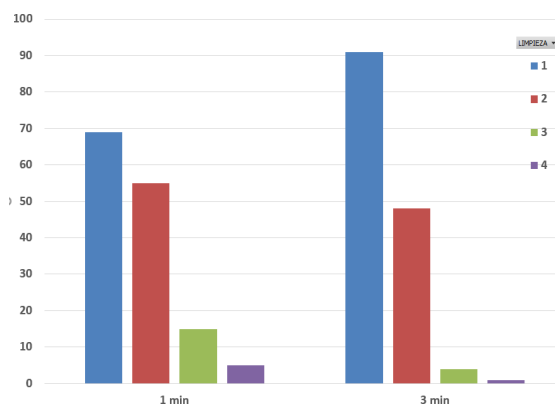
La calibración se realizó entre 3 observadores (Test Kappa: 0,76 para limpieza y 0,78 para erosión).

Los resultados se evaluaron en forma cuantitativa, de forma bivariada con el test de chi cuadrado y posteriormente, mediante modelos multivariados de regresión logística binaria.

Resultados

En los grupos de control donde se utilizó NaOCl como único irrigante, se observó una densa capa de barro dentinario cubriendo toda la superficie del conducto. Por el contrario, los grupos donde se aplicó EDTAC o ácido cítrico y NaOCl, ambos complementos mostraron ser efectivos en la eliminación del barro dentinario. Comparando el grado de limpieza entre ambos quelantes se observó que no existe una diferencia significativa ($p=0,267$). El nivel de limpieza alcanzado por los quelantes (EDTAC y ácido cítrico) según la edad dentaria, fue mayor en los grupos de dientes jóvenes ($p=0,038$ y $p=0,00025$) respectivamente.

El tiempo demostró ser una variable dependiente con respecto a la limpieza ($p=0,00576$) (Gráfico 1). Se ensayó un modelo multivariado de regresión logística binaria con la variable limpieza como variable dependiente y la edad, el tiempo, el tercio y el irrigante como independientes. El modelo ajustó (Hosmer and Lemeshow Test, $p=0,601$) y mostró que la edad, el tiempo y el tercio del conducto, son significativamente dependientes. A mayor tiempo mayor limpieza, a mayor edad mayor presencia de barro dentinario y cuanto más apical menor limpieza. El irrigante no apareció como significativamente dependiente.



Graf. 1: Grado de limpieza de los quelantes en función del tiempo.

Asimismo, se evaluó la presencia de erosión en función del quelante, el tiempo de acción y la edad dentaria. En aquellas muestras donde se aplicó EDTAC (grupos A1, A2, B1 y B2 en sus 3 tercios) independientemente del tiempo y la edad, se observó 54,9% de las muestras con erosión. 15,3% correspondió al nivel 2 (erosión moderada) y 4,9% al nivel 3 (erosión severa). Con el ácido cítrico, se evidenciaron 47,2% de las muestras con erosión, siendo moderada en el 15,3% de los casos, y severa en el 9% (Fig. 1). En todos los grupos se observó mayor cantidad de muestras con erosión incipiente (nivel 1). Teniendo en cuenta el factor tiempo de exposición, el EDTAC erosionó más a los 3 minutos ($p=0,037$), mientras que, en los grupos de ácido cítrico, la erosión fue similar en ambos tiempos ($p=0,727$) (Gráfico 2). La erosión se mostró independiente de la edad para ambos quelantes (Ácido cítrico: $p=0,984$; EDTAC: $p=0,222$).

Se ensayó un modelo multivariado de regresión logística binaria tomando la variable erosión como dependiente, codificando: sin erosión (valor 0) y con erosión (valores 1, 2, 3). Se tomaron tiempo, tercio, limpieza e irrigante como variables independientes (Hosmer and Lemeshow Test, $p=0,997$). La limpieza estuvo significativamente relacionada con la erosión de

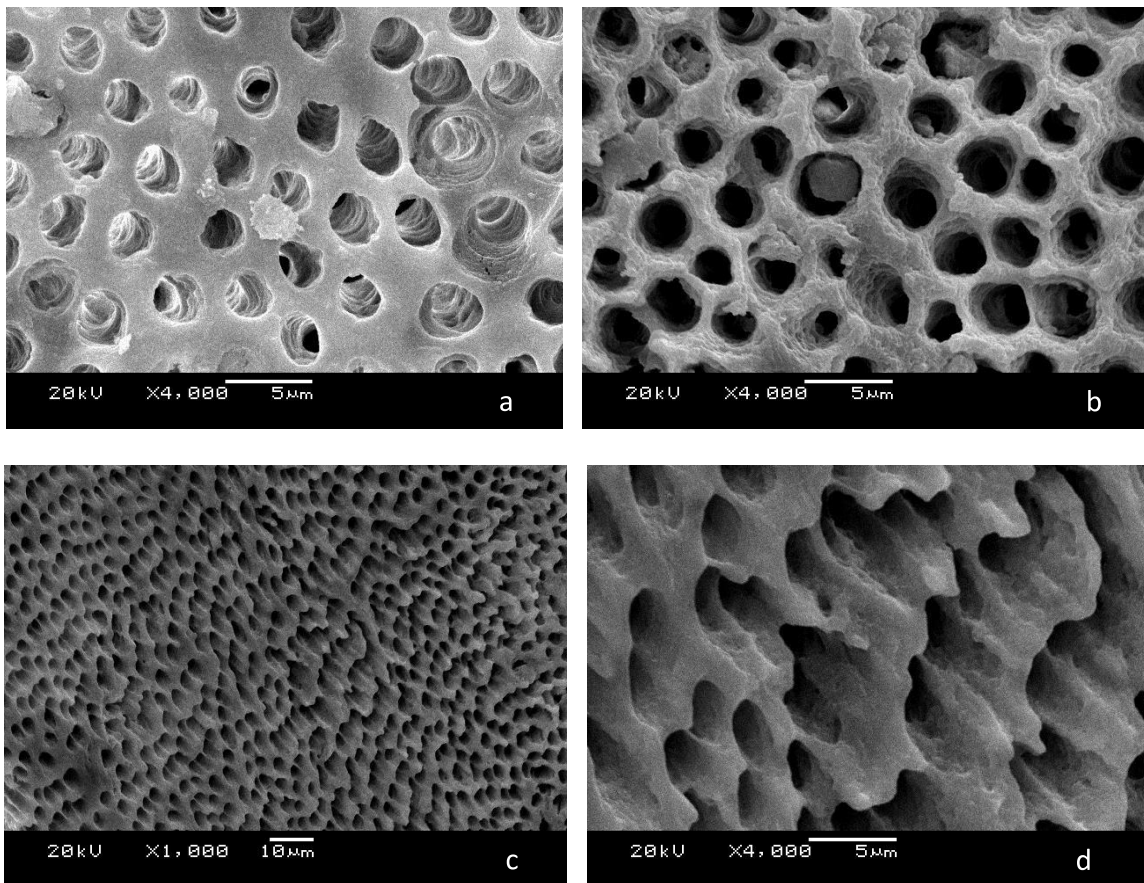
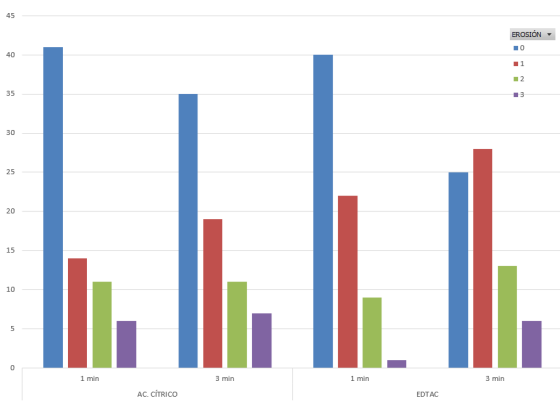


Fig. 1: A) Erosión moderada. B) Erosión severa. C) y D) Vista oblicua de la erosión de los túbulos dentinarios

forma que a mayor limpieza mayor erosión ($p=0,001$), y si bien el irrigante no fue significativo ($p=0,09$), el ácido cítrico tendió a erosionar más.



Graf. 2: Grados de erosión en función del quelante y el tiempo

Cuando se utilizó ácido cítrico, se observaron cristales en 8,3% de las muestras (Fig. 2).

Discusión

La irrigación final del conducto con un quelante y NaOCl es un paso imprescindible para obtener una adecuada limpieza y desinfección. Ambos irrigantes se complementan eliminando los restos orgánicos e inorgánicos generados durante la instrumentación de las paredes, logrando la limpieza de áreas inaccesibles a los instrumentos y permeabilizando conductos laterales y accesorios ⁽¹⁹⁾.

Tanto el EDTAC como el ácido cítrico logran paredes lisas y limpias con túbulos dentinarios abiertos, a diferencia de los grupos

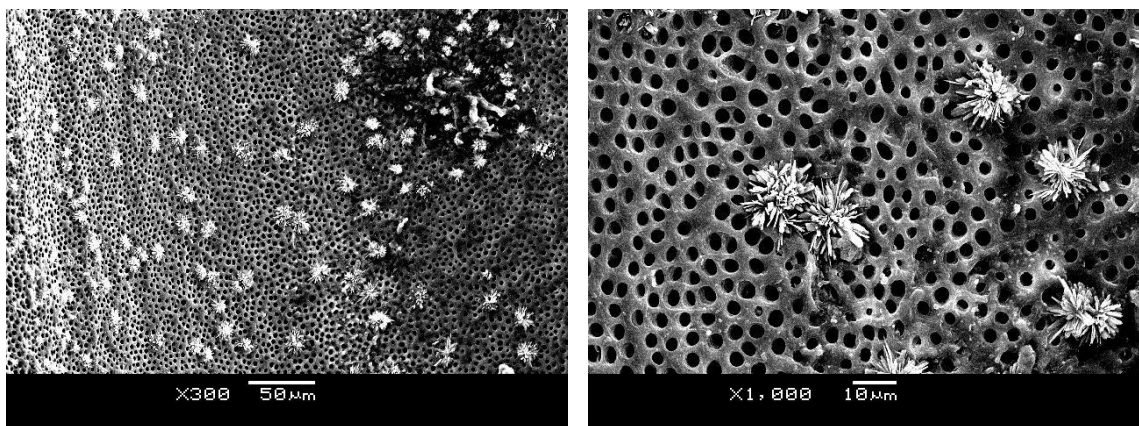


Fig. 2: Presencia de cristales con el uso de ácido cítrico

control, donde solo se utilizó NaOCl. Estos hallazgos coinciden con resultados de otros autores ^(7, 11, 20).

Machado, Garcia, da Silva Neto y col. (2018) ⁽²¹⁾ obtuvieron con los mismos quelantes, mayor limpieza en los tercios cervical y medio respecto al apical, al igual que este estudio.

Con el agregado de un tensoactivo (Cetavión) a la fórmula del EDTA, se logró una solución irrigante (EDTAC), más efectiva como lo muestra la literatura ^(22, 23).

La limpieza lograda en dientes jóvenes fue superior a la de dientes adultos con ambos quelantes. Esto puede deberse a que el diámetro de los túbulos en dientes jóvenes es mayor, mejorando la penetración del irrigante. Por otro lado, el conducto más amplio permite un mayor volumen de solución, por lo que habrá mayor disociación y captación de iones metálicos aumentando la quelación ⁽⁴⁾. Otro punto a tener en cuenta es el acceso de la aguja de irrigación al tercio apical que se ve favorecido en conductos amplios permitiendo una mejor irrigación.

El tiempo de permanencia del quelante dentro del conducto es discutido. En esta investigación se observó mayor eficacia a los 3 minutos, pero se notaron cambios estructurales en las paredes dentinarias coincidiendo con otros hallazgos ^(14,24).

La irrigación con EDTAC produjo un deterioro a mayor tiempo, mientras que, con el ácido

cítrico, los resultados fueron semejantes en 1 y 3 minutos.

Existen otros estudios que revelan paredes limpias con túbulos abiertos, sin alteración de la dentina peri e intertubular, al usar EDTA por 1 minuto. Cuando el quelante se mantiene por más tiempo, produce un importante cambio de la superficie interna del conducto ^(14, 25, 26).

Turk, Kaval, & Sen (2015), a pesar de utilizar EDTA y ácido cítrico por 1 minuto, en concentraciones más bajas que las de esta investigación, 5% y 2,5% respectivamente, igualmente encontraron erosiones ⁽²⁷⁾.

La erosión pudo observarse en los grupos A y B indicando que la edad no es un factor determinante en la desmineralización. Estos resultados no coinciden con la idea de Kennedy, Walker & Gough (1986) ⁽⁶⁾ que sugirieron, sin haber realizado la investigación, que frente a un quelante se produce mayor desmineralización en dientes jóvenes por ser menos mineralizados.

En la irrigación final el uso de quelantes elimina la materia inorgánica generada durante la instrumentación, pero también actúa sobre la pared dentinaria disolviendo los cristales de hidroxiapatita y dejando expuesta la trama colágena. Al irrigar posteriormente con NaOCl, éste actuaría en forma directa sobre el colágeno, produciendo un desgaste desmedido de la superficie, con la consecuente apertura excesiva de la luz de los túbulos y la conjunción de ellos al

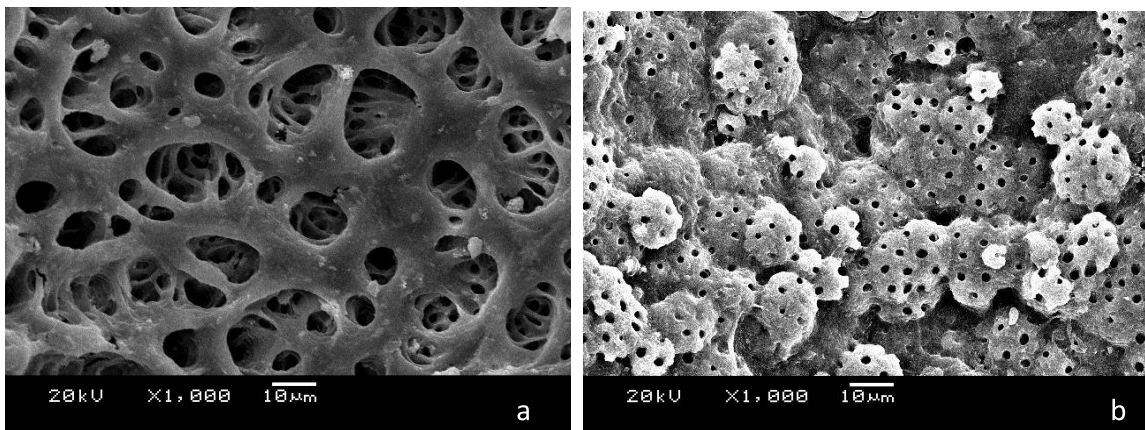


Fig. 3: A) Predentina en la pared del conducto sin instrumentar; B) Calcosferitos con túbulos expuestos.

desaparecer la dentina intertubular ^(2, 28). Las fibrillas de colágeno están protegidas por los cristales de hidroxiapatita, por lo que, en un primer momento, el NaOCl produce su desnaturalización en forma lenta. Sin embargo, cuando se utilizan quelantes, el colágeno queda expuesto, sin la protección de los cristales, siendo rápidamente atacado por éste ^(29, 30, 31).

Niu, Yoshioka, Kobayashi & Suda (2002) ⁽²¹⁾ y Qian, Shen & Haapasalo (2006) ⁽³²⁾ muestran ausencia de erosión cuando en la irrigación final se usa solo quelante. En cambio, cuando se utiliza NaOCl posterior al quelante, la erosión está presente.

En algunas microfotografías se observaron zonas del conducto vírgenes, sin instrumentar. La presencia de la predentina no eliminada muestra una imagen semejante a la de los túbulos dentinarios con gran erosión, de luz amplia, con conductillos interconectados (Fig. 3 a). Estos hallazgos coinciden con otras investigaciones ^(33, 34).

En las áreas sin instrumentar, el NaOCl, eliminó la predentina dejando expuesta una superficie globular correspondiente a los calcosferitos (frentes de mineralización de la dentina) y la acción del quelante sobre éstos, dejó descubrir

los túbulos dentinarios (Fig. 3 b). Estas observaciones son descritas en otros trabajos ^(2,33). Con el uso de ácido cítrico, se observaron cristales en algunas muestras como lo describen otros autores ^(3, 7, 11). Su formación podría deberse al aumento brusco del pH de la solución, que inicialmente es muy bajo ^(1, 8). Al entrar en contacto con algún remanente de NaOCl presente en el conducto, se elevaría su pH provocando en algún momento su precipitación. Previo a la irrigación con el quelante, se secó el conducto con conos de papel para evitar que ambas soluciones entraran en contacto, pero no se tuvo en cuenta secarlo nuevamente antes de la irrigación final con NaOCl.

El cristal en su formación va creciendo a expensas del depósito de una capa sobre otra hasta obtener una forma semejante a un “repollo” ⁽³⁵⁾. Esta investigación muestra cristales con una estructura simple, con pocas capas y algunos en una etapa de formación incipiente. Para evitar su presencia, será necesario secar el conducto entre cada irrigante y/o realizar una irrigación final con agua destilada para su eliminación en caso de estar presentes.

Conclusiones

El uso de EDTAC o ácido cítrico junto con NaOCl resultó efectivo en la eliminación del barro dentinario y la acción fue similar con ambos quelantes bajo las condiciones de este estudio. A mayor tiempo de exposición se logró mayor limpieza, pero se observó más erosión.

La erosión estuvo presente en dientes jóvenes y adultos, por lo que la desmineralización no es dependiente de la edad.

Se observaron cristales en algunas muestras de los grupos de ácido cítrico.

Recomendaciones

Usar EDTAC o ácido cítrico por 1 minuto, tanto en dientes jóvenes como adultos, para lograr eliminar el barro sin alterar las paredes dentinarias.

Al utilizar ácido cítrico, evitar en todo momento el contacto con el NaOCl o realizar una irrigación final con agua destilada que permita eliminar posibles cristales formados.

Agradecimientos

Al Dr. Enrique Zynemanas que preparó con esmero las soluciones quelantes en el laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Odontología Universidad de la República.

Al Lic. Ramón Álvarez que realizó el test de Kappa en este estudio.

Al Lic. Eduardo Cuitiño por haber elaborado todo el análisis estadístico.

A los Prof. Dres. Ma. Elia Alonso, Irene Lorenzo, Nelly Añaña y Ronell Bologna que con gran dedicación efectuaron la lectura y corrección del escrito.

A la MSc. Ana Laura Reyes de la Facultad de Ciencias que gracias a su profesionalismo y paciencia permitió lograr la captura y observación

de las muestras con el microscopio electrónico de barrido.

Contribución de autoría

1. Concepción y diseño del estudio
2. Adquisición de datos
3. Análisis de datos
4. Discusión de los resultados
5. Redacción del manuscrito
6. Aprobación de la versión final del manuscrito

GA ha contribuido en: 2, 3 y 4.

LS ha contribuido en: 2, 3 y 4.

SM ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Referencias

1. Mc Comb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975; 1 (7): 238-242.
2. Baumgartner JC, Mader CL. A Scanning Electron Microscopic Evaluation of Four Root Canal Irrigation Regimens. *J Endod.* 1987; 13 (4): 147-157.
3. Mader Cl, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning Electron Microscopic Investigation of the Smeared Layer on Root Canal Walls. *J Endod.* 1984; 10 (10): 477- 483.
4. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003; 36 (12): 810-830.
5. Orstavik D, Haapasalo M. Desinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol.* 1990; 6 (4): 142-149.
6. Kennedy WA, Walker WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986; 12 (1): 21-27.
7. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A Scanning Electron Microscopic Comparison of a High Volume Final Flush with Several

- Irrigating Solutions: Part 3. *J Endod* 1983; 9 (4): 137-142.
8. Ostby NB. Chelation in root canal therapy. *OdontolTidskr.* 1957; 65: 1-11.
 9. Von der Fehr FR, Ostby NB. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentin. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol.* 1963; 16 (2): 199–205.
 10. Giardino L, Estrela C, Generali L, Mohammadi Z, Asgary S. The in vitro Effect of Irrigants with Low Surface Tension on *Enterococcus faecalis*. *Iranian Endod J.* 2015; 10 (3): 174-178.
 11. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol L-1 citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J* 2000; 33 (1): 46-52.
 12. Haznedaroglu F. Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 96 (3): 340-344.
 13. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GL, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod.* 1979; 5(9): 258-265.
 14. Torabinejad M, Khademi AA, 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.
 15. Serper A, Calt S. The Demineralizing Effects of EDTA at Different Concentrations and pH. *J Endod* 2002; 28 (7): 501-502.
 16. Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37 (4): 609-620.
 17. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol .* 1971; 32 (2): 271-275.
 18. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *J Endod.* 2002; 28(3): 211-216.
 19. Ricucci D, Siqueira JF. Fate of the Tissue in Lateral Canals and Apical Ramifications in Response to Pathologic Conditions and Treatment Procedures. *J Endod.* 2010; 36 (1): 1-15.
 20. Khedmat S, Shokouhinejad N. Comparison of the Efficacy of Three Chelating Agents in Smear Layer Removal. *J Endod.* 2008; 34 (5):599-602.
 21. Machado R, Garcia LDFR, da Silva Neto UX, Cruz Filho AMD, Silva RG, Vansan LP. Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. *Microsc Res Tech.* 2018; 81 (3): 275-282
 22. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morro M. Surface Tension Comparison of Four Common Root Canal Irrigants and Two New Irrigants Containing Antibiotic. *J Endod.* 2006; 32(11): 1091-1093.
 23. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod.* 1977; 3 (3): 101-105.
 24. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J.* 2002; 35 (11): 934-939.
 25. Calt S, Serper A. Time- Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. *J Endod* 2002; 28 (1): 17-19.
 26. Baldasso FER, Roletto L, Silva VDD, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Braz Oral Res.* 2017; 15: 31-40.
 27. Turk T, Kaval, ME, Sen BH. Evaluation of the smear layer removal and erosive capacity of EDTA, boric acid, citric acid and desy clean solutions: an in vitro study. *BMC Oral Health.* 2015; 15: 104.
 28. Marending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of Irrigant Sequence on Mechanical Properties of Human Root Dentin. *J Endod.* 2007; 33 (11): 1325-1328.
 29. Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, Bryan TE, Sidow SJ, Loushine RJ, Ling JQ, Pashley DH, Tay FR. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *J Endod.* 2010; 36 (1): 105-109
 30. Zhang K, Tay FR, Kim YK, Mitchell JK, Kim JR, Carrilho M, Pashley DH, Ling JQ. The

- effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin. *Dent Mater.* 2010; 26 (6): 514-523
31. Tartari T, Bachmann L, Zancan RF, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J.* 2018; 51 Suppl 1: 42- 54.
 32. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *J Endod.* 2011; 37 (10): 1437-1441.
 33. Haapasalo M, Qian W, Shen Y. Irrigation: beyond the smear layer. *Endodontic Topics* 2012; 27(1): 35-53.
 34. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: A scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981; 52 (2): 197-204.
 35. Martinelli S, Strehl A, Mesa M. Estudio de la eficacia de diferentes soluciones de EDTA y ácido cítrico en la remoción del barro dentinario. *Odontostomatología.* 2012; 14 (19): 52-63.

Sylvia Martinelli: sylmarbaum@gmail.com