

COMPARACIÓN *In Vitro* DE LA CAPACIDAD DEL HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25% MÁS IRRADIACIÓN DEL LÁSER DE DIODO EN LA REMOCIÓN DEL BARRO DENTINARIO Vs HIPOCLORITO DE SODIO AL 5.25% MÁS EDTA AL 17%

***In Vitro* COMPARISON OF THE CAPABILITY OF 5.25% SODIUM HYPOCHLORITE PLUS DIODE LASER IRRADIATION IN THE SMEAR LAYER REMOVAL Vs 5.25% SODIUM HYPOCHLORITE PLUS 17% EDTA**

Arango E. Bolívar V. Grijalba C. Suarez M*
Duran CA**
Malaver P***
López de Mesa C****

RESUMEN

Objetivo: Comparar la capacidad *In vitro* del hipoclorito de sodio al 5.25% más irradiación del láser de Diodo en la remoción del barro dentinario de dientes uniradiculares Vs hipoclorito de sodio al 5.25% mas EDTA al 17%. **Métodos:** Estudio experimental *in vitro*. La muestra fueron 50 dientes uniradiculares extraídos por enfermedad periodontal. Se dividieron en 2 grupos de 25 dientes cada uno y se aplicaron dos tipos de tratamiento: NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% e NaOCl al 5.25% más laser de diodo. Posteriormente la muestra fue examinada al MEB para medir la remoción del barro dentinario en los tercios apical y medio. Se usó la prueba estadística U de Mann-Whitney y Chi-cuadrado. **Resultados:** No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los dos tipos de tratamiento ($p=0,343$). Los resultados indican que el NaOCl al 5.25% más laser de diodo removió menor cantidad de barro dentinario en el tercio apical comparado con la irrigación de NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% ($p=0,049$). **Conclusión:** Dentro de las limitaciones de este estudio, se demostró una remoción similar del barro dentinario en los dos grupos de tratamiento.

Palabras Clave: Barro dentinario, Hipoclorito de sodio, EDTA, Láser de diodo.

ABSTRACT

Aim: To compare the *In vitro* capability of 5.25% Sodium Hypochlorite plus Diode laser irradiation in the removal of the smear layer in uniradicular teeth Vs 5.25% Sodium Hypochlorite plus 17% EDTA. **Methods:** *In vitro* experimental study. The sample were 50 uniradicular teeth extracted for periodontal disease. The sample was divided into two groups of 25 teeth each and two types of treatment were applied: 5.25% NaOCl plus 17% EDTA and 5.25% NaOCl plus Diode Laser irradiation. The samples were examined with the SEM in order to measure the smear layer removal from the medium and apical third. The U statistic test of Mann – Whitney and Chi Square. **Results:** No statistically significant difference was found among the two types of treatment ($p=0,343$). The results indicate that 5.25% NaOCl plus Diode Laser removed less amount of smear layer at the apical third compare to 5.25% NaOCl plus 17% EDTA ($p=0.049$). **Conclusions:** Within the limitations of this study, it was demonstrated a very similar removal of the smear layer in the two groups of treatment.

Key Words: Smear layer, Sodium hypochlorite, EDTA, Diode laser.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los objetivos fundamentales de la terapia endodóntica se encuentran la completa desinfección y obturación del sistema de conductos radiculares. Esta desinfección se lleva a cabo mediante una combinación física (instrumentación) y química (irrigación) (1-3).

Estudios previos han demostrado, que métodos de instrumentación especialmente técnicas rotatorias, producen una capa denominada barro dentinario que obstruye las paredes del conducto radicular y la entrada de los túbulos dentinales. Esta capa está compuesta por sustancias orgánicas e inorgánicas, incluyendo fragmentos de procesos odontoblásticos, microorganismos y en algunos casos material necrótico (4-6).

El barro dentinario es perjudicial ya que evita la penetración de medicamentos en las irregularidades del sistema de conductos radiculares y túbulos dentinales, a su vez la completa adaptación de los materiales de obturación generando una falla en la interfase de los mismos y la pared del conducto radicular (4, 7, 8).

Para lograr la desinfección y la remoción del barro dentinario se han utilizado sustancias irrigantes como el hipoclorito de sodio (NaOCl), clorhexidina, EDTA (Ácido Etilen diaminotetraacético), ácido cítrico, MTAD mezcla del isómero de tetraciclina (doxiciclina), ácido cítrico y detergente (tween 80) entre otros; siendo el NaOCl el de mayor

elección por sus excelentes propiedades (9-12).

Para la irrigación de los conductos radiculares, se recomienda utilizar entre cada instrumento el NaOCl al 5.25% y una solución de EDTA al 17% por un minuto al finalizar la instrumentación para eliminar de manera eficiente el barro dentinario (10,13).

Estos irrigantes han demostrado ser potentes agentes antimicrobianos y efectivos para disolver los componentes orgánicos e inorgánicos presentes en los conductos (1, 10,14).

El hipoclorito de sodio, es capaz de disolver sustancias orgánicas y es un agente efectivo contra bacterias, hongos, protozoos, virus y esporas; sin embargo no ha demostrado ser eficaz para la remoción del barro dentinario (1, 11, 15).

Las sustancias quelantes como el EDTA juegan un papel importante en la remoción del barro dentinario, despejando la entrada a los túbulos dentinales, lo cual permite una mayor penetración de los medicamentos, irrigantes y cementos (5-8,11).

Previamente se han investigado los efectos de la irradiación láser, encontrando que pueden ser usados para vaporizar los tejidos en el sistema de conductos radiculares, remover el barro dentinario y eliminar el tejido residual hasta el tercio apical (16-19).

El láser de diodo ha ganado importancia en endodoncia por su bajo costo, la longitud de onda está dentro de la gama de infrarrojos,

tiene fibras delgadas y flexibles que se pueden utilizar intraconducto. Es importante controlar adecuadamente el tiempo de irradiación y la potencia de trabajo para evitar el sobrecalentamiento de los tejidos adyacentes, produciendo un trauma y hasta necrosis. Siempre que se utilice el láser de diodo se debe efectuar la protección ocular recomendada tanto para el profesional, el personal auxiliar y el paciente (4, 9, 20, 21).

Moon *et al*, en 2010 (22) demostraron que el barro dentinario impide la penetración de los irrigantes y de los cementos en los túbulos comprometiendo potencialmente el selle del sistema de conductos radiculares y a su vez siendo un reservorio de microorganismos.

En la presente investigación se utilizó un láser de Diodo para determinar su capacidad en la remoción del barro dentinario, el cual es un instrumento innovador en la desinfección del conducto para el beneficio del tratamiento (9).

El objetivo del presente estudio fue comparar la capacidad *In vitro* del NaOCl al 5.25% más irradiación del láser de Diodo en la remoción del barro dentinario de dientes uniradiculares Vs NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%.

MÉTODOS

Recolección de la muestra

Según la resolución 8430 de 1993 del ministerio de salud, este estudio se clasifica sin riesgo y fue aprobado por el comité de investigación de la Institución Universitaria

Colegios de Colombia UNICOC. Los investigadores declaran no tener conflicto de intereses.

Se utilizaron 50 dientes uniradiculares extraídos por enfermedad periodontal. La selección de la muestra se realizó de acuerdo con los siguientes criterios:

Inclusión: Dientes con formación radicular completa.

Exclusión: Dientes con calcificaciones pulpares, marcadas dilaceraciones, perforaciones y fracturas radiculares.

Las variables evaluadas en esta investigación fueron:

1. Remoción del barro dentinario.
2. Tratamientos (NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% e NaOCl al 5.25% más Láser de Diodo).

La muestra se dividió en 2 grupos constituidos por 25 dientes cada uno.

Grupo control: Los especímenes fueron preparados por un solo investigador, el cual llevó a cabo la decoronación a nivel de la unión amelo-cemental con una pieza de baja velocidad (NSK) y un disco transmetálico (Figura 1 a y b).

La longitud de trabajo se determinó visualmente 1 mm corto del ápice anatómico por medio de una lima K #10. (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

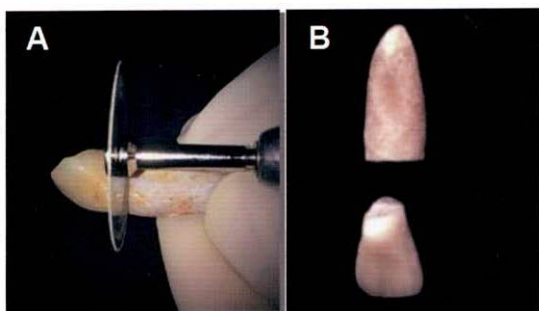


Figura 1. A y B Decoronación con disco transmetálico.

Se realizó instrumentación manual con limas k #10, #15 y #20 (Dentsply, maillefer) hasta la longitud de trabajo (Figura 2) e irrigación con NaOCl al 5.25% (Eufar) por medio de jeringas hipodérmicas y agujas monojet calibre 27 entre cada instrumento.

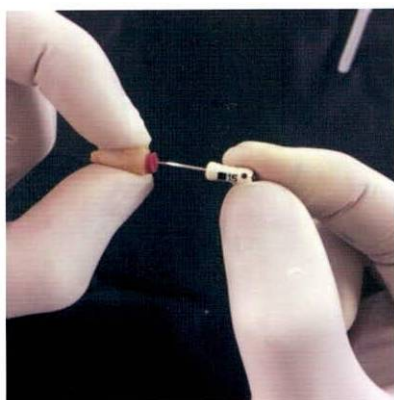


Figura 2. Instrumentación manual.

A continuación, los conductos fueron preparados con el sistema rotatorio Protaper Universal (Dentsply, Maillefer) en un motor VDW Silver a 350 rpm, y torque de 300 g/cm (Figura 3), siguiendo la secuencia según las recomendaciones del fabricante:

1. Instrumento S1 18/02 con movimiento de cepillado hasta el tercio medio y luego hasta alcanzar la longitud de trabajo.

2. Instrumento S2 20/04 con movimiento de cepillado hasta alcanzar la longitud de trabajo.

3. Instrumento F1 20/07 y F2 25/08 con movimiento de picoteo hasta alcanzar la longitud de trabajo.

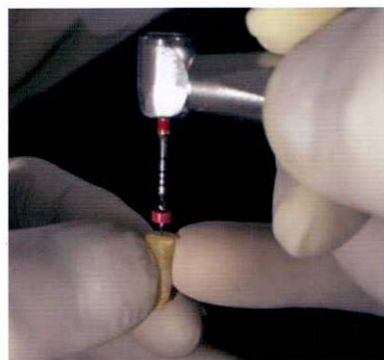


Figura 3. Instrumentación con el sistema rotatorio Protaper Universal.

El protocolo de irrigación se realizó de la siguiente forma:

1. Irrigación entre cada instrumento rotatorio con NaOCl al 5.25%; y para finalizar se activó con ultrasonido (NSK Varios 560 LUX) por un minuto.

2. Enjuague con solución salina estéril y secado con puntas de papel.

3. Irrigación con EDTA al 17% y activación con ultrasonido por un minuto.

4. Enjuague con solución salina estéril y secado con puntas de papel.

La activación de los irrigantes se realizó con limas ultrasónicas N°25 a una frecuencia de 25–30 kHz (Figura 4).

Grupo experimental: Los especímenes se prepararon siguiendo el procedimiento del grupo control. En reemplazo de la irrigación con EDTA al 17%, se utilizó el láser de diodo (Biolase) activando la fibra óptica a una longitud de onda de 940nm con una potencia de 2w. La punta de 9mm se introdujo lentamente en el conducto con una salida de 200 micrones realizando un movimiento circular según las recomendaciones del fabricante.



Figura 4. Irrigación ultrasónica.

El tiempo de irradiación fue de 40 segundos; después de transcurrido este tiempo, la punta del láser se retiró del conducto radicular (Figura 5).

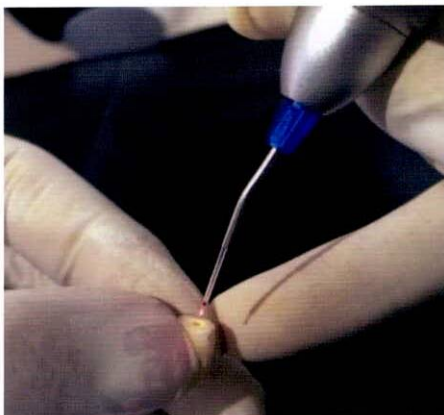


Figura 5. Irradiación con láser de diodo.

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

Las muestras se estabilizaron en alto vacío. En este proceso se utilizó el nitrógeno líquido puro como fijador físico a -200°C para la criofractura (Figura 6).



Figura 6. Congelación de las muestras con nitrógeno líquido.

En una superficie plana se realizó la criofractura con una placa metálica a lo largo del eje longitudinal del diente. Las muestras fueron montadas sobre plastilina en monedas previamente desinfectadas con alcohol antiséptico al 96% (JgB) y ubicadas en un portamuestras (Figura 7).



Figura 7. Portamuestras.

Se realizó la técnica de recubrimiento en oro, ésta consiste en el depósito de una película

fin de material conductor sobre un sustrato (muestra) en condiciones de baja presión (10⁻⁴ Torr); se emplea para la obtención de imágenes de electrones secundarios, ya que el oro es uno de los materiales que origina mayor emisión, conduciendo a mejores resultados (Figura 8).

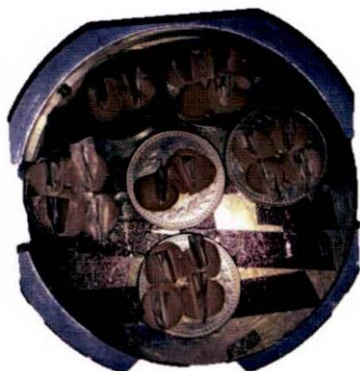


Figura 8. Recubrimiento con oro.

Evaluación al Microscopio Electrónico de Barrido

Se realizó la lectura de las muestras en un MEB (JEOL, modelo JSM 6490-LV) a una magnificación de 5000x donde se observaron los tercios apical y medio del conducto radicular, tomando como punto de referencia 50 μ m desde la pared externa del canal hacia la pared externa del diente en la imagen.

Para evaluar el grado de remoción del barro dentinario se utilizaron los criterios descritos por Torabinajad *et al*, 2003 (7)

1= No hay evidencia de barro dentinario en la superficie del conducto radicular; todos los túbulos dentinales se encuentran limpios y abiertos.

2= Barro dentinario moderado. No se evidencia barro dentinario en la superficie del conducto radicular, pero los túbulos dentinales contenían restos.

3= Barro dentinario amplio que recubre la superficie del conducto radicular y los túbulos dentinales.

La lectura de las microfotografías fue realizada por un experto calibrado.

Métodos estadísticos

Se elaboró una base de datos en Excel y fue procesada en paquete IBM SPSS Statistics V22. Para comparar los tratamientos en general, se aplicó la prueba estadística U de Mann-Whitney y para comparar las proporciones entre los diferentes tercios se aplicó la prueba Chi-cuadrado y se consideró significativo $p < 0,05$.

RESULTADOS

Se trataron 50 dientes distribuidos en dos grupos; grupo control: NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%; grupo experimental: NaOCl al 5.25% más láser de diodo durante 40 segundos; en cada grupo se observó el tercio apical y el tercio medio.

Al comparar los grados de remoción del barro dentinario en los dos grupos de tratamiento en el tercio apical y tercio medio, no se encontró diferencia estadísticamente significativa a nivel global ($p=0,343$) (Figura 9 y 11).

Sin embargo en el tercio apical se observó que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% presentó en grado 1 (12%), grado 2 (68%) y grado 3 (20%); NaOCl al 5.25% más láser de diodo presentó en grado 1 (12%), grado 2 (36%) y grado 3 (52%), en donde se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,049$) (Tabla 1 y Figura 10).

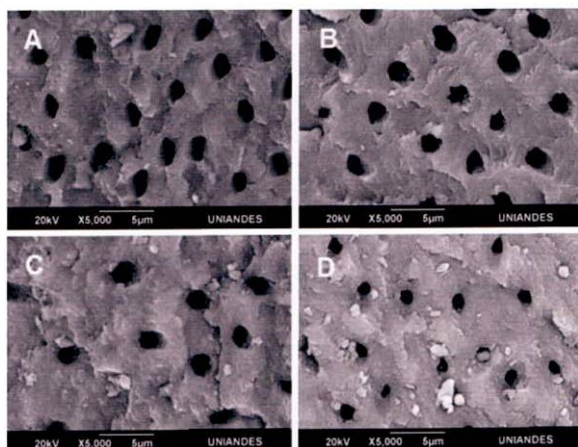


Figura 9. A NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% en tercio medio B NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio medio C NaOCl al 5.25% mas EDTA al 17% en tercio apical D NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio apical.

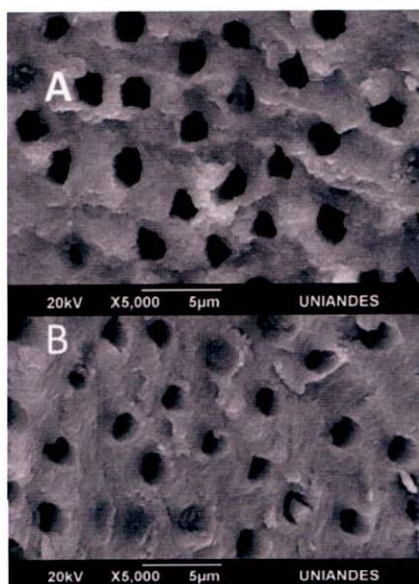


Figura 10. A NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% en tercio apical B NaOCl al 5.25% más láser de diodo en tercio apical.

Tabla 1. Distribución porcentual de dientes según tratamientos para la remoción del barro dentinario en tercio apical y medio.

Tercio	Remoción del barro dentinario	Tratamiento para remoción del barro dentinario				p
		NaOCl 5.25% + EDTA		NaOCl 5.25% + Láser de Diodo		
		n	%	N	%	
Apical	Grado 1	3	12,0	3	12,0	0,049
	Grado 2	17	68,0	9	36,0	
	Grado 3	5	20,0	13	52,0	
Medio	Grado 1	2	8,0	5	20,0	0,45
	Grado 2	16	64,0	13	52,0	
	Grado 3	7	28,0	7	28,0	
Total	Grado 1	5	10,0	8	16,0	0,343
	Grado 2	33	66,0	22	44,0	
	Grado 3	12	24,0	20	40,0	

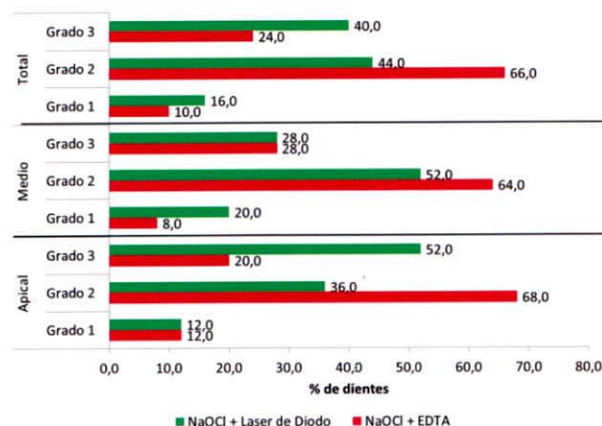


Figura 11. Distribución porcentual de dientes según tratamientos para la remoción del barro dentinario en tercio apical y medio.

DISCUSIÓN

El barro dentinario que se produce durante la instrumentación de los conductos radiculares debe ser removido. Según Violich D, Chandler N, 2010 (5) el barro dentinario invade la entrada de los túbulos y canales accesorios, alterando los efectos antibacterianos de los medicamentos

intraconductos e impide la capacidad de selle entre la interfase del material de obturación y la pared dentinaria (23, 24).

El hipoclorito de sodio es el irrigante más importante y el único capaz de disolver los tejidos orgánicos, incluyendo el biofilm y la parte orgánica del barro dentinario (10,14, 25). El NaOCl interrumpe varias funciones vitales del microorganismo, lo cual resulta en la muerte celular. Este se utiliza comúnmente en concentraciones entre 0,5% y 6%; acompañado de agentes quelantes como el EDTA o ácido cítrico, ya que su uso por sí solo no elimina completamente el barro dentinario. (11, 26-28).

El EDTA juega un papel importante en la remoción del barro dentinario despejando la entrada de los túbulos dentinales, esto permite una mayor penetración de los medicamentos, irrigantes y cementos. Se utiliza normalmente en concentraciones entre 10% y 17%. En la irrigación del conducto radicular se recomienda una solución de EDTA al 17% y se utiliza preferiblemente al finalizar la instrumentación durante 1 minuto para eliminar el barro dentinario y evitar la erosión. (11, 14, 25, 29, 30)

Hasheminia *et al*, 2012 (31); realizaron un estudio comparativo de EDTA al 17% y ácido maleico al 5% versus el láser Nd:YAG en la remoción del barro dentinario, demostrando que el láser Nd:YAG tuvo menor capacidad en comparación con EDTA y ácido maleico. A su vez, Ashraf *et al*, 2014 (32) evaluaron la capacidad del EDTA al 17%, etidronato al 18% y el láser Er: YAG en la remoción del

barro dentinario utilizando 50 dientes uniradiculares. Ellos demostraron que el EDTA al 17% tuvo mayor capacidad comparado con el láser Er:YAG. Estos resultados son similares con los hallazgos obtenidos en este estudio, donde se observó que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% tuvo mayor capacidad en la remoción del barro dentinario en el tercio apical en comparación con el NaOCl al 5.25% más el láser de diodo.

Se podría asumir que los resultados de este estudio se deben a los siguientes factores:

- Mayor control de las sustancias irrigadores a la longitud de trabajo.
- La activación ultrasónica permite a las soluciones irrigadoras una mayor penetración a los túbulos dentinales y conductos laterales.
- Tiempo de permanencia del EDTA dentro de los conductos radiculares.

Gurbuz *et al*, 2008 (33), evaluaron el grado de remoción del barro dentinario y restos en los conductos radiculares después del uso con 5 sustancias irrigantes e irradiación con el láser Nd:YAG. Se obtuvieron grados similares en la remoción con el EDTA al 15% y el láser Nd:YAG, demostrando que no se encontró diferencia estadísticamente significativa; lo cual coincide con los resultados del presente estudio a nivel global entre los dos tratamientos.

La terapia con láser ha mostrado grandes avances en endodoncia: La esterilización de los conductos radiculares debido a su

capacidad bactericida informando en estudios *in vitro* disminuciones significativas en su número (34-39). Dederich *et al*, 1984 (40) utilizaron el láser Nd: YAG para irradiar las paredes del conducto radicular dejando superficies cristalizadas. Goodis *et al*, 1992 (41) demostraron que el láser Nd: YAG fue capaz de limpiar los conductos radiculares en combinación con la obturación manual mostrando una ausencia general de la capa de barrillo dentinario. El láser CO2 ha ganado amplia aceptación en el campo de la cirugía debido a su capacidad de realizar una incisión sobre el tejido sin generar un sangrado, vaporizar, coagular, disminuir el malestar postoperatorio, y acelerar el proceso de cicatrización (42). Onal *et al*, 1993 (43) utilizaron el láser CO2 para eliminar el tejido orgánico del conducto radicular y para abrir los túbulos dentinales. Takahashi *et al*, 1996 (44) y Takeda *et al*, 1998 y 1999 (45,46) observaron que después de la irradiación con el láser Er: YAG la mayor parte de la capa de barrillo dentinario fue removida, logrando así túbulos dentinales permeables. Moritz *et al*, 1997 (47) realizaron un estudio *in vitro* en conductos radiculares con un láser de diodo, de una longitud de onda de 810nm y trabajando a 2, 3 y 4w de potencia durante 50 segundos; obteniendo una completa eliminación bacteriana cuando empleaban las potencias de 2 y 3w. Kreisler *et al*, 2003 (48) compararon la acción del hipoclorito sódico al 0,9% frente al hipoclorito de sodio combinado con un láser de diodo, con el fin de conseguir la desinfección de los conductos radiculares. Emplearon una longitud de onda de 809nm y potencias de 1,

3 y 4.5w durante 60 segundos con una reducción bacteriana del 99,86% cuando se utilizó conjuntamente el hipoclorito sódico y el láser a 3w de potencia.

En el presente estudio se utilizó NaOCl al 5.25% más láser de Diodo y se observaron las paredes del conducto radicular más limpias en el tercio medio que en el tercio apical. A diferencia de los hallazgos reportados por Wang *et al*, 2005 (4), quienes demostraron que el láser de diodo removió más barro dentinario en el tercio apical que en el tercio medio; ellos atribuyen sus resultados a:

- Modo de irradiación
- Potencia
- Tiempo de exposición
- Y/o diámetro de la fibra

Según los resultados de este estudio, el NaOCl al 5.25% más el láser de diodo tuvo mayor capacidad en la remoción del barro dentinario en el tercio medio que el NaOCl al 5.25% más EDTA al 17%; suponiendo que la razón es una de las siguientes:

- La longitud de la punta y el diámetro no son adecuadas para acceder al tercio apical del conducto radicular.
- La potencia del láser fue muy baja.
- La falta de preparación apical debido a la conicidad del instrumento final utilizado, no permitió la introducción de la punta a su máxima longitud.

CONCLUSIÓN

Basado en los resultados y con las limitaciones de este estudio, se concluye que la irrigación con NaOCl al 5.25% más EDTA al 17% removió mayor cantidad de barro dentinario en el tercio apical que cuando se utilizó NaOCl al 5.25% más láser de diodo.

Se sugieren estudios adicionales que cuenten con modificaciones en la potencia, longitud y diámetro de la punta del láser de diodo, al igual que una preparación tal vez más amplia para la remoción del barro dentinario, sobre todo a nivel apical donde nuestros resultados difieren.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Biolase Latino América por facilitar el láser de diodo y al Dr. Albeiro Erira Tupaz por su colaboración en la interpretación de las imágenes al MEB.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *JOE*. 2006; 32: 417-420.
2. Cantatore G, Berutti Elio, Castellucci A. Missed anatomy: frequency and clinical impact. *Endodontic Topics*. 2009; 15:3-31.
3. Vertucci F. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*. 2005; 10:3-29.
4. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki N, Matsumoto K. Effects of Diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomedicine and laser surgery*. 2005; 23 (6) 575-581
5. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontic: a review. *International Endodontic Journal*. 2010; 43: 2-15.
6. Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland L. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002; 94:658-66.
7. Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson W, Bozhilov K, et al. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. *Journal of endodontics*. 2003; 29(3):170-175
8. Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study. *JOE*. 2009; 35: 891-895.
9. Pineda, E, González A, Villa P. In Vitro comparison of the disinfection of the root Canals with NaOCl at 5.25% and Diode Laser. *Revista CES Odontología*. 2008; 21 (1): 33-38
10. Zehnder M. Root Canal Irrigants. *JOE*. 2006; 32: 389-398.
11. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin N Am*. 2010; 54: 291-312.
12. Heling I, & Chandler N. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal*. 1998; 31: 8-14.
13. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *JOE*. 2011; 37: 1437-1441.
14. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*. 2005; 10: 77-102.
15. O'Connell M, Morgan L, Beeler W, Baumgartner C. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*. 2000; 26 (12) 739-743.

16. Kimura Y, Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*. 2000; 33: 173-185.
17. George R, Meyers A, Walsh L. Laser Activation of Endodontic Irrigants with Improved Conical Laser Fiber Tips for Removing Smear Layer in the Apical Third of the Root Canal. *JOE*. 2008; 34:1524-1527.
18. Fransson H, Larsson M, Wolf E. Efficacy of lasers as an adjunct to chemo-mechanical disinfection of infected root canals: a systematic review. *International Endodontic Journal*. 2013; 46: 296-307.
19. Meire M, Prijck K, Coenye T, Nelis H, Moor R. Effectiveness of different laser systems to kill *Enterococcus faecalis* in aqueous suspension and in an infected tooth model. *International Endodontic Journal*. 2009; 42: 351-359.
20. Larrea-Oyarbide N, España-Tost A, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Applications of diode laser in dentistry. *RCOE*. 2004; 9 (5) 529-534.
21. Arslan H, Ayrancı L, Karatas E, Topcuoglu H, Yavuz M, Kesim Bertan, Effect of Agitation of EDTA with 808-Nanometer Diode Laser on Removal of Smear Layer. *JOE*. 2013; 39:1589-1592.
22. Moon Y, Shon W, Baek S, Bae K, Kum K, Lee W. Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *JOE*. 2010; 36: 732-736.
23. Kennedy W, Walker W, Gough R. Smear layer removal effects on apical leakage. *JOE*. 1986; 12: 21-27.
24. White R, Goldman M, Peck S. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *JOE*. 1984; 10: 558-562.
25. Clegg M, Vertucci F, Walker C, Belanger M, Britto L. The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. *JOE*. 2006; 32:434-437.
26. Chandra S, Miglani R, Srinivasan M, Indira R. Antifungal Efficacy of 5.25% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine Gluconate, and 17% EDTA With and Without an Antifungal Agent. *JOE*. 2010; 36:675-678.
27. Sen B, Wesselink R, Turkun M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*. 1995; 28: 141-148.
28. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994; 78: 359-367.
29. Fedele G, Guastalli A, Steier L, Poli J. Antagonistic Interactions between Sodium Hypochlorite, Chlorhexidine, EDTA, and Citric Acid. *JOE*. 2012; 38:426-431.
30. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative Analysis of the Effect of Irrigant Solution Sequences on Dentin Erosion. *JOE*. 2011; 37: 1437-1441.
31. Hasheminia S, Birang R, Feizianfard M, Nasouri M. A Comparative Study of the Removal of Smear Layer by Two Endodontic Irrigants and Nd:YAG Laser: A Scanning Electron Microscopic Study. *ISRN Dentistry*. 2012; 1-7.
32. Ashraf H, Asnaashari M, Darmiani S, Birang R. Smear Layer Removal in the Apical Third of Root Canals by Two Chelating Agents and Laser: A Comparative in vitro Study. *IEJ Iranian Endodontic Journal*. 2014; 9: 210-214.
33. Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Zehir C, Kurudirek M. Evaluation of root canal dentine after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *Journal of Endodontics*, 2008; 34: 318-321.
34. Moogi P, Rao R. Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Conserv Dent*. 2010; 13(2):84-88.
35. Moshonov J, Orstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M. Nd:YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Endod Dent Traumatol*. 1995; 11: 220-24.

36. Fegan S, Steiman H. Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *JOE*.1995;21:415-7.
37. Stabholz A, Kettering J, Neev J, Torabinejad M. Effects of the XeCl excimer laser on *Streptococcus mutans*. *JOE*. 1993;19:232-5.
38. Rooney J, Midda M, Leeming J. A laboratory investigation of the bactericidal effect of a Nd:YAG laser. *Br Dent J*. 1994; 176:61-4.
39. Roy B, Trainar A, Severin C, Chippaux C. Effect bactericide in vitro of a laser Nd-YAG pulse. *Endo*. 1994; 13:25-32.
40. Dederich D, Zakariasen K, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of root canal wall dentine following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *Journal of Endodontics*. 1984; 10: 428-31.
41. Goodis H, White J, Moskowitz E, Marshall S. Root canal system preparation: conventional versus laser method in vitro. *Journal of Dental Research*. 1992; 71: 162.
42. Goff A, Dautel A, Guigand M, Vulcain J, Bonnaure M. An Evaluation of the CO₂ Laser for Endodontic Disinfection. *Journal of Endodontics*. 1999; 25: 105-108.
43. Onal B, Ertl T, Siebert G, Muller G. Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibres: a scanning and transmission electron microscopic study. *Journal of Endodontics*. 1993; 19:272-6.
44. Takahashi K, Machida T, Kimura Y, Matsumoto K. The morphological study of root canal walls with Er:YAG laser. *Journal of Japan Endodontic Association*. 1996: 17:197-203.
45. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1998; 24(8) 548-551.
46. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*. 1999; 32, 32-39.
47. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: Results of microbiologic infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int*. 1997; 28:205-9.
48. Kreisler M, Kohnen W, Beck M, et al. Efficacy of NaOCl/H₂O₂ irrigation and GaAlAs laser in decontamination of root canals in vitro. *Lasers Surg Med* 2003; 32:189-96.