

USO DE LÁSER DE DIODO 940 NM COMO COMPLEMENTO DEL TRATAMIENTO ENDODÓNTICO

Use of 940 nm diode laser as a complement to endodontic treatment.

Fernández Alemán Jesús Eduardo¹, Chaintiou Piorno Romina¹,
Casadoumecq Ana Clara^{*2}, Rodríguez Pablo Alejandro¹

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Odontología. Cátedra de Endodoncia. Hospital Odontológico Universitario

² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Odontología. Cátedra de Fisiología. Cátedra de Odontología Legal, Forense e Historia de la Odontología. Hospital Odontológico Universitario

* anaclaracasa@yahoo.com.ar

RESUMEN

La contaminación bacteriana del sistema de conductos radiculares en las piezas dentarias es el factor principal de lesiones pulpares y perirradiculares. El éxito del tratamiento endodóntico está basado en una serie de factores entre los que se incluyen un correcto diagnóstico, la planificación del tratamiento, el conocimiento de la anatomía, la preparación químico-mecánica, la medicación intraconducto si el caso lo requiere, la obturación y el correcto sellado coronario; para lograr que el mismo se mantenga a corto y largo plazo.

Con los avances tecnológicos y la evidencia científica se implementó el uso de láser en la terapia endodóntica. Uno de los láseres más utilizados y estudiado es el de diodo 940 nm, con la finalidad de descontaminar el sistema de conductos.

El objetivo del presente artículo es dar a conocer cómo trabaja la energía del láser de diodo de 940 nm, como interacciona con los tejidos, y la desinfección del sistema de conductos radiculares.

Palabras clave: Tratamiento endodóntico; Desinfección del sistema de conductos; Láser; Láser de diodo.

ABSTRACT

Bacterial contamination of the root canal system in the teeth is the main factor of pulpar and periradicular lesions. The success of endodontic treatment is based on a series of factors including a right diagnosis, treatment planning, knowledge of anatomy and morphology, mechanical chemical preparation of the canal, intracanal dressing if the case requires it, obturation, and correct coronary restoration; to ensure that it remains in short and long term.

With technological advances and scientific evidence, the use of lasers in endodontic therapy is implemented. The most commonly used lasers are diode 940 in order to decontaminate the root canal system.

The objective of this article is to show how the energy of the 940 nm diode laser works, how it interacts with the tissues, and the disinfection of the root canal system.

Key words: Endodontic treatment; Disinfection of the root canal system; Laser; Diode laser.

INTRODUCCIÓN

Uno de los pilares que sustentan el éxito del tratamiento endodóntico es la adecuada limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares. Estos procedimientos permiten reducir considerablemente la carga bacteriana intraconducto y facilitar la obturación completa del conducto radicular.¹ El tratamiento endodóntico tiene por objetivo curar o prevenir la periodontitis perirradicular.²

Peters³ comprobó que la instrumentación mecánica deja aproximadamente un 35-40% de las paredes del conducto radicular sin tocar. Similar resultado obtuvieron Pérez y cols.⁴, quienes evaluaron mediante microtomografía computarizada (μ CT) y análisis histobacteriológico, la capacidad de limpieza y conformación de dos sistemas de instrumentación.

Durante el tratamiento endodóntico, la preparación mecánica siempre va acompañada de la preparación química. El hipoclorito de sodio (NaOCl) es utilizado en todo el mundo como el irrigante de primera elección; ningún estudio ha demostrado hasta ahora que haya otra sustancia más efectiva.⁵ Una óptima irrigación, se basa en la combinación de dos o más soluciones, en una secuencia específica, activadas según diferentes métodos, para de esa forma obtener mejores resultados.⁶ Como último paso del tratamiento endodóntico, es necesario una correcta obturación para prevenir la reinfección bacteriana.^{7,8}

Para lograr una óptima desinfección de los conductos, se han utilizado láseres como una terapia complementaria al tratamiento endodóntico convencional.⁹ El desarrollo del láser odontológico ocurrió en la década de 1960. La utilización de diferentes láseres en estructuras duras de la pieza dentaria ha sido investigada durante varias décadas; las primeras descripciones de la aplicación de láser en odontología fueron publicadas en 1964 por Stern & Sognaes¹⁰, los cuales reportaron que el esmalte dental, podía ser vaporizado por el láser de rubí. En 1971, el primer láser de CO₂ fue utilizado en endodoncia para sellar el foramen apical.¹¹

La evidencia científica demuestra que la aplicación de energía emitida por un láser al actuar sobre los tejidos da lugar a reacciones que pueden emplearse durante la terapia endodóntica. La acción antibacteriana de los láseres (Nd:YAG, diodos, Er:YAG, Er,Cr:YSGG) y de la desinfección fotoactivada (PAD-photoactivated disinfection) ha sido estudiada por numerosos investigadores.^{12,13}

Generalidades

La palabra LASER es el acrónimo de la expresión en inglés *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*,

que en idioma español se traduce como “amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación”. El término describe su principio operativo; actúa como un amplificador de luz y promueve la multiplicación exponencial de los fotones debido a la emisión estimulada.

Un láser puede ser considerado como un equipo que proporciona un haz estrecho de una radiación especial de luz monocromática y coherente en el rango visible, infrarrojo o ultravioleta del espectro de las radiaciones electromagnéticas.¹⁴

De acuerdo al espectro electromagnético¹⁵ los láseres se pueden clasificar en:

- *Infrarrojo cercano (IR-C, near-infrared NIR)*: Oscila entre 700 y 1400 nm. Dentro de este espectro se encuentran los láseres de diodo y de neodimio.
- *Infrarrojo de longitud de onda corta (IRC)*: Se extiende desde 1400 a 3000 nm. Entre los que se incluyen los láseres de Erblio.
- *Infrarrojo de longitud de onda media (IR-M, mid-infrared MIR)*: Varía de 3000 a 8000 nm. Son láseres que no tienen aplicaciones clínicas.
- *Infrarrojo de longitud de onda larga o lejano (IR-L, far infrared FIR)*: Varía de 8000 nm a 1 mm. Un ejemplo de este espectro es el láser de CO₂.

Cabe destacar que todos los láseres deben ser usados con la protección ocular apropiada, usando las gafas apropiadas y con densidad óptica (DO) indicados para cada longitud respectivamente. Los láseres infrarrojo cercanos, son particularmente peligrosos, ya que la luz se transmite y se enfoca a la retina. Tiene una sensibilidad similar a la luz visible, pero sin disparar el reflejo protector del parpadeo. En los infrarrojos de onda corta, la luz se absorbe en la córnea antes de que pueda alcanzar la retina, generando daños inmediatos que pueden ser irreversibles en estos tejidos y la salud visual.

También podemos diferenciar a los láseres de acuerdo a la potencia¹⁶, con la que van a ser empleados:

- Láseres de baja potencia, o terapéuticos (LLLT -Low Level Laser Therapy): Son aquellos que van a ser utilizados, principalmente, por su acción bioestimulante, analgésica y antiinflamatoria.
- Láseres de alta potencia, o quirúrgicos: Son aquellos que producen efectos físicos visibles, y que se pueden emplear como sustitutos del bisturí frío o del instrumental rotatorio convencional.

En odontología, los láseres van a tener distintas acciones dependiendo de su longitud de onda y sobre los tejidos en los que se aplique (Tabla 1).¹³

Tabla 1. Láseres utilizados en odontología

| Dispositivo láser | Usos en odontología | Longitud de onda |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Neodymium: YAG láser (Nd:YAG láser) | Cirugía, Endodoncia y Periodoncia | 1064 nm |
| Erbium : YAG láser (Er: YAG láser), erbium and chromium: YSGG láser (Er,Cr:YSGG láser) | Cirugía, preparaciones y Periodoncia | Endodoncia, 2940 nm, 2780 nm y |
| Láser de diodo | Cirugía, Endodoncia y Periodoncia | 660nm, 810 nm, 940 nm, 980 nm |
| Láser de CO ₂ | Cirugía | 10600 nm |

En 1916, Albert Einstein (1879-1955) estudió el comportamiento que tenían los electrones en el interior de los átomos previendo la posibilidad de estimularlos, para que éstos emitiesen luz, en una longitud de onda determinada.

Durante este estado, el átomo es inestable y para volver a la normalidad emite espontáneamente un fotón que excitará a otro átomo, y así sucesivamente, originándose una reacción en cadena.

El láser de diodo está constituido por un medio activo sólido, formado por un semiconductor que frecuentemente usa una combinación de galio, arsenio y otros elementos como el aluminio o el indio para transformar la energía eléctrica en energía fotónica.

Las longitudes de onda de los láseres de diodo están comprendidas entre los 660nm a los 98 nm.

Al accionar un dispositivo láser de diodo, éste puede emitir energía de dos formas, una de ellas denominada modo continuo, es decir, la energía fluye sin interrupción con una mayor absorción y mayor aumento de temperatura en el tejido o, puede hacerlo en modo interrumpido, es decir, existen milisegundos en el que la energía deja de fluir, esto significa que lo hace de manera intermitente disminuyendo el incremento de temperatura.¹⁴

Para distribuir la luz láser en los tejidos se pueden utilizar puntas o tips de fibra óptica que pueden variar de diámetro y longitudes de acuerdo a las especificaciones y dependiendo de cada fabricante.

Las mismas pueden presentarse de forma inicializada/activada o no. Inicializar una punta, significa concentrar la energía en su extremo después de haberlo expuesto a un pigmento similar al cromóforo. Esta energía concentrada permite una mayor efectividad para el tipo de tratamiento que se requiera.

La energía emitida por un láser, es absorbida a nivel de

átomos, moléculas y radicales. La parte o conjunto de átomos de una molécula capaz de absorber radiación electromagnética recibe el nombre de cromóforo. El láser de diodo es mejor absorbido en tejidos que contengan hemoglobina, oxihemoglobina, desoxihemoglobina y melanina, actuando estos como cromóforos endógenos.¹⁶

Cuando la radiación láser se pone en contacto con la materia, la interacción de la energía con el tejido va a generar diversos fenómenos.

El principal fenómeno ocurre cuando el tejido absorbe selectivamente la luz (absorción), lo que significa que habrá una menor penetración en profundidad y por ende un menor efecto térmico secundario. También se puede reflejar en la superficie del tejido (reflexión) o emerger sin producir cambios después de penetrarlo (transmisión).

Cuando el remanente de energía se dispersa (dispersión) en los tejidos, podría generar algún tipo de lesión térmica que incrementa dependiendo del tiempo de interacción (Figura 1).¹³

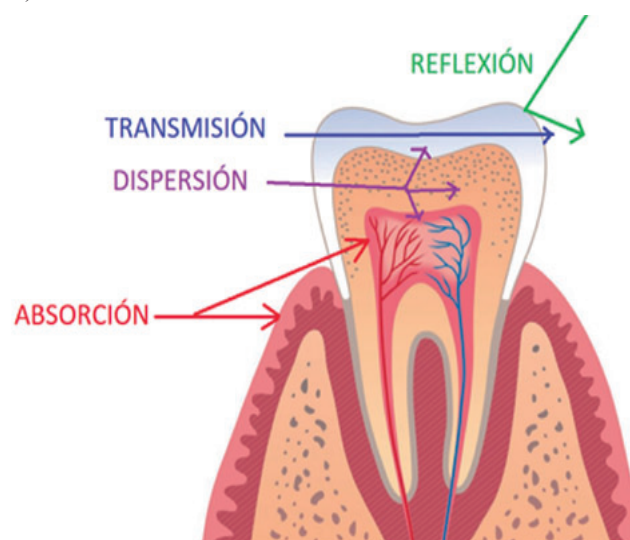
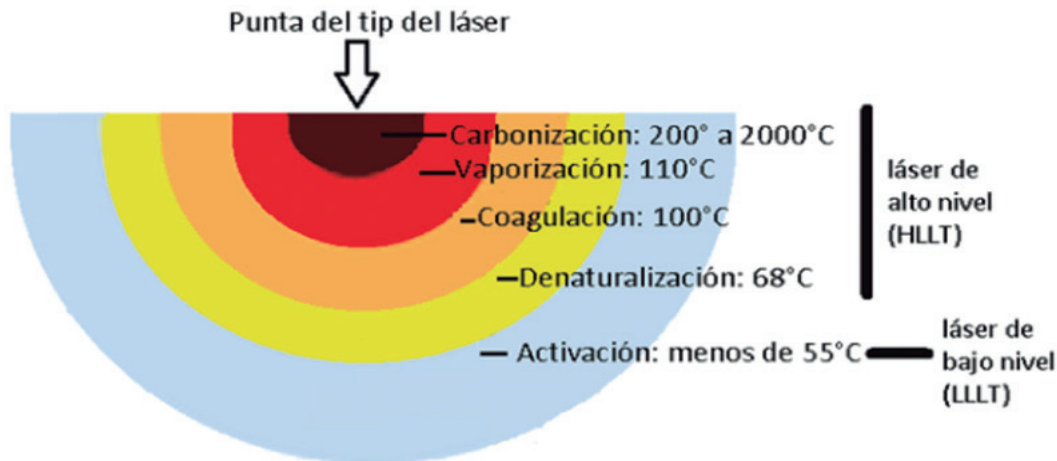


Figura 1. Interacción láser tejidos: absorción, dispersión, reflexión, transmisión de la longitud de onda.

Figura 2. Terapia con láser de alto nivel (HLLT) y terapia con láser de bajo nivel (LLLT).



El tratamiento con láser de alto nivel puede causar diversos grados de efectos térmicos en los tejidos, incluida la coagulación y la ablación de los tejidos blandos y la eliminación de los tejidos duros. Simultáneamente, un nivel bajo de energía penetra o se dispersa en los tejidos circundantes durante el tratamiento con láser de alto nivel. El tratamiento con láser de bajo nivel estimula los tejidos/células sin producir cambios térmicos irreversibles en los tejidos, lo que resulta en la activación o estimulación (fotobiomodulación) de la cicatrización de heridas en los tejidos circundantes. Cuando se utiliza un láser de alto nivel con un nivel de energía bajo, el efecto térmico también puede inducir la cicatrización de la herida, como en la fotobiomodulación de efecto del láser de nivel puramente bajo (FBM) (Adaptado de Aoki y cols.).¹⁷

Esa energía absorbida por el tejido hace que la temperatura se eleve lentamente, generando una serie de cambios. Primero, ocurre un calentamiento simple desde la temperatura corporal normal de 37°C hasta 60°C. La próxima etapa de calentamiento (60-90°C) provoca coagulación y desnaturalización de proteínas. A 100°C, la vaporización comienza cuando el agua intra y extracelular empieza a evaporarse. Finalmente, a los 200°C o más, los tejidos se deshidratan y se queman. Este incremento de temperatura genera un daño nocivo en los tejidos denominado carbonización, efecto no deseado a la hora de realizar los tratamientos con láser.¹⁸

El grado de absorción y el efecto térmico de la energía sobre un tejido varía con la cantidad y el tipo de cromóforos que están presentes en el receptor. Debido a que la luz del láser es monocromática y su ancho de banda muy estrecha, permite apuntar selectivamente al cromóforo en el tejido para el tratamiento.¹⁰

Cuando consideramos un láser de diodo para la descontaminación del sistema de conductos, es importante la alta

transmisión en agua, que permite ejercer un efecto en la dentina hasta una profundidad de 1000 μm e interactuar con las paredes de las células bacterianas.^{9,19,20}

Está descrito que el efecto bactericida de la luz de un láser infrarrojo cercano -NIR-puede obedecer a tres teorías¹³:

- Absorción de calor por la bacteria.
- Absorción de calor del sustrato donde se encuentra la bacteria.
- Daño por emisión de energía.

La energía actúa a nivel de la pared celular directamente sobre los polisacáridos y peptidoglicanos, destruyendo los enlaces y alterando las hélices alfa de estos componentes; este fenómeno da lugar a la formación de vesículas sobre la propia membrana celular (blebbing), alterando la estructura y la morfología de la bacteria. El grado de absorción del cromóforo y el incremento de la temperatura va a producir la lisis bacteriana.^{9,20}

Procedimiento clínico para la descontaminación del sistema de conductos

El láser de diodo 940nm como hemos mencionado, es un complemento para la desinfección del sistema de conductos, durante el tratamiento endodóntico.

El protocolo de endodoncia basado en métodos científicos y avalado por la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, indica que todo tratamiento comienza con un correcto diagnóstico, clínico e imagenológico de la pieza a tratar. Una vez que se define el tratamiento a seguir, se comienza con la apertura, cateterismo, preparación de accesos seguido de conductometría electrónica y su corroboración radiográfica para comenzar con la preparación químico-mecánica, usando limas manuales o sistemas mecanizados que se decida utilizar, siempre irrigando entre

cada lima con hipoclorito de sodio al 2.5% y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 17% como anteúltimo lavaje para eliminar la capa de barro dentinario y último lavaje con agua destilada. Es necesario el secado del conducto previo a la aplicación del láser de diodo de 940nm.

Los parámetros recomendados (Figura 3) son²¹:

Potencia: 1 Watt.

Modo de operación del equipo: Continuo

Tip: (Punta de fibra óptica) 200 μm (que corresponde a una lima K #20) sin iniciar/activar, de 35mm de longitud. Esterilizada (Fig. 4).



Figura 3. Parámetros. Láser de diodo 940 nm.

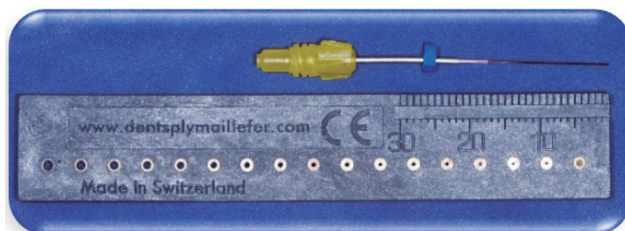


Figura 4. Tip endodóntico con tope de goma para su calibración.

Es imprescindible calibrar la longitud de la punta (tip) del equipo que debe ser igual a la longitud de trabajo del conducto; para ello se coloca un tope de goma endodóntico (Figura 4). Para la irradiación del conducto, se introduce el tip ya calibrado hasta la longitud de trabajo, se realiza un recorrido desde apical hacia coronal con movimientos circulares de 2 milímetros por segundo (Figura 5). Esta aplicación se debe repetir 4 veces en cada conducto.²¹

Para finalizar el tratamiento se realiza la obturación de los conductos con materiales que permitan un sellado lo más tridimensional posible y como último paso y de la misma importancia que los anteriores se procede al sellado coronario correspondiente.



Figura 5. Imagen representativa del recorrido que hace la punta del láser desde apical a coronal de la pieza dentaria.

Es importante recordar que a la hora de realizar el tratamiento endodóntico complementado con terapia láser, el paciente debe firmar un consentimiento informado sobre el tratamiento que recibirá, se deben utilizar las medidas de protección ocular en el consultorio para el operador, paciente y asistente/fotógrafo e informar cuando se acciona un láser.

Base científica del láser en endodoncia

La eliminación efectiva de restos de tejidos orgánico e inorgánico del sistema de conductos radiculares es una condición principal en el éxito del tratamiento endodóntico. Estos restos de tejidos reducen la permeabilidad de la dentina siendo un obstáculo que interfiere en la penetración de medicamentos intraconducto y protegen a los microorganismos presentes en la dentina profunda.¹²

La mayoría de las bacterias colonizan la luz del conducto, se adhieren a la dentina radicular y pueden penetrar por los túbulos dentinarios hasta profundidades de 400 μm , mientras que los componentes bacterianos pueden penetrar hasta profundidades mayores de 1200 μm dentro de los mismos.²² La profundidad de penetración de las sustancias químicas es menor que la capacidad de penetración de los microorganismos, lo que limita su acción bactericida.²³

En el estudio realizado por Mérida & Díaz²⁴, se obtuvo como resultado que la capacidad de penetración del hipoclorito de sodio está relacionada con su concentración, cuando se encuentra al 1% puede penetrar 100 μm en los conductillos dentinarios, al 2,5% penetra 220 μm y al 5,25% penetra 350 μm . Zou y cols.²⁵ en su estudio in vitro obtuvo resultados similares a los descritos, siendo la menor penetración de 77 μm , con una concentración de 1% NaOCl por dos minutos a temperatura ambiente y la mayor penetración de 300 μm , con una concentración del 6% por 20 minutos a 45°C. En estudio realizado por Bago y cols.²⁶ se concluye que el efecto del láser de diodo (975nm, 2W, 3x20 s) contra biofilm de *E. faecalis* fue similar al uso de NaOCl al 2,5% por 60 segundos. Otros autores concluyeron que existe un efecto bactericida superior durante la

combinación de una solución irrigante con radiación láser, que para conductos descontaminados con láser únicamente.²⁷⁻²⁹

Los láseres de diodo según su longitud de onda pueden penetrar profundamente en la dentina (500-1,100 μm).³⁰⁻³² La ventaja del mismo es la de poder alcanzar, a través de mecanismos de dispersión (scattering) y los fenómenos de transmisión y reflexión, áreas no tratadas por los instrumentos endodónticos e irrigantes.⁹ Se debe tener en cuenta que estos láseres se emplean una vez finalizada la preparación químico mecánica, debido a su incapacidad de eliminar la capa de barro dentinario.²¹

Moritz y cols.²⁰, han demostrado la importancia de la configuración estructural de la pared celular con respecto a la sensibilidad a la irradiación láser. Las bacterias Gram-negativas son afectadas inmediatamente, mientras que las bacterias Gram+ positivas necesitan ser irradiadas repetidamente para ser dañadas letalmente. La extensión del daño es proporcional a la energía aplicada, esto justifica por que realizamos las cuatro aplicaciones en cada conducto.

Durante la aplicación del láser existe un incremento de temperatura; Eriksson & Albrektsson³³, en su estudio con conejos demostraron que existe un daño en el tejido óseo cuando la temperatura supera los 47°C. Gutknecht y cols.²¹ y Hmud y cols.³⁴, manifestaron que el incremento de temperatura que se transmite a la pared externa radicular no genera daño en el periodonto, si se respetan los tiempos de exposición relacionados con la longitud de trabajo de cada conducto tratado. Al-Karadaghi y cols.³⁵ concluyeron que el incremento de temperatura intraconducto del láser no supera los límites críticos para causar daño en el hueso y/o en el ligamento periodontal, esto también es favorecido por la microcirculación de este último. La fibra óptica del láser podría conducir a un aumento de la temperatura en el área apical debido a su forma cónica; es por esto que el tip debe moverse constantemente en un movimiento helicoidal, en contacto con todas las paredes del conducto desde apical a coronal.³⁶

En la práctica clínica, el tratamiento con láser requiere poco tiempo adicional. La irradiación es simple, utilizando fibras ópticas flexibles de 200 μm de diámetro. La fibra puede llegar fácilmente al tercio apical del conducto radicular, incluso en piezas dentarias con curvaturas moderadas. La energía del láser tiene un efecto en la dentina y más allá del ápice, es decir, en la región periapical.²¹

Otras de las aplicaciones en endodoncia del láser de diodo incluyen descontaminación y coagulación de perforaciones, exposiciones pulpares, biopulpectomías parciales, de tejidos periapicales durante la cirugía apical y, tratamiento del dolor postendodóntico y post quirúrgico mediante

fotobiomodulación (FBM).¹⁴ Doğanay & Arslan³⁷ y Genc Sen & Kaya³⁸, mencionan que un gran porcentaje de casos cursan un postoperatorio asintomático, es decir, sin edema ni dolor y evitando que el paciente requiera medicación analgésica o antibiótica. La FBM aumenta la cantidad de prostaglandinas como la prostaglandina E2 que exhibe efectos antiinflamatorios, inmunoglobulinas y linfocinas que juegan un papel en el sistema inmune y beta-endorfinas involucradas en la analgesia, inhibe la síntesis de factores inflamatorios y neurotransmisores relacionados con el dolor, aumenta la eliminación de sustancias que inducen el dolor, incluida la sustancia P, histamina y dopamina, e inhibe la ciclooxigenasa-2.

Numerosos estudios sobre los distintos tipos de láser que se usan en endodoncia demuestran los beneficios que brindan cada uno de ellos, cuando son aplicados de forma correcta.^{31,39,40} El clínico debe reconocer la importancia de la longitud de onda del láser utilizado, así como las características ópticas del tejido irradiado.

CONCLUSIONES

Por todo lo expuesto existe evidencia científica de que el uso de láser de diodo 940 nm es efectivo como complemento del tratamiento endodóntico.

Referencias Bibliográficas

1. Siqueira JF Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J*. 2001;34(1):1-10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11307374/>
2. Trope M. The vital tooth: its importance in the study and practice of endodontics. *Endodontic Topics*. 2003;5(1):1-1. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-1546.2003.00031.x>
3. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*. 2004;30(8):559-67. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15273636/>
4. Pérez AR, Ricucci D, Vieira GCS, et al. Cleaning, Shaping, and Disinfecting Abilities of 2 Instrument Systems as Evaluated by a Correlative Micro-computed Tomographic and Histobacteriologic Approach. *J Endod*. 2020;46(6):846-57. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32362378/>
5. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Santos SR, Lima KC, Magalhães FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the

- bacterial population within root canals. *J Endod.* 2002;28(3):181-4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12017176/>
6. Virdee SS, Seymour DW, Farnell D, Bhamra G, Bhakta S. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2018;51(6):605-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29178166/>
 7. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28(1):12-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7642323/>
 8. Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 2000;16(5):218-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11202885/>
 9. Franzen R, Gutknecht N, Falken S, Heussen N, and Meister J. "Bactericidal effect of a Nd:YAG laser on *Enterococcus faecalis* at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1,000 μm ". *Lasers Med Sci.* 2011;26(1):95-101. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20809081/>
 10. Stern RH, Sognnaes RF. Laser beam effect on dental hard tissues. *J Dent Res.* 1964;43:873.
 11. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;31(3):416-20. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5277394/>
 12. Al-Karadaghi TS, Franzen R, Jawad HA & Gutknecht N. Investigations of radicular dentin permeability and ultrastructural changes after irradiation with Er,Cr:YSGG laser and dual wavelength (2780 and 940 nm) laser. *Lasers Med Sci.* 2015;30(8):2115-21. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25935585/>
 13. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064nm and Diode 810nm and 980nm in Infected Root Canals-A Literature Overview. *Biomed Res Int.* 2016;8421656. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27462611/>
 14. Maggioni Maurizio, Attnasion Tommaso, Scarpelli Francesco. *Laser en Odontología. Edición en idioma Castellano. 2009 Actualidades Médico Odontológicas Latinoamericana.*
 15. Kimura W D. *Electromagnetic Waves and Lasers. Chapter 1 What are electromagnetic waves? Morgan & Claypool Publishers 2010 Fifth Avenue, Suite 250, San Rafael CA, 94901, USA, 2017 Pg 1-33.*
 16. España Tost AJ, Arnabat-Domínguez J, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. Aplicaciones del láser en Odontología. *RCOE.* 2004;9(5):517-24. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2004000500002&lng=es.
 17. Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, et al. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol* 2000. 2015;68(1):217-69. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25867988/>
 18. Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D. The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent.* 2003;24(12):935-48. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14733160/>
 19. Falkenstein F, Gutknecht N, Franzen R. Analysis of laser transmission and thermal effects on the inner root surface during periodontal treatment with a 940-nm diode laser in an in vitro pocket model. *J Biomed Opt.* 2014;19(12):128002. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25517258/>
 20. Moritz AJS, Goharkhay K, Schoop U, Kluger W, Mallinger R, Sperr W, Georgopoulos A. Morphologic changes correlating to different sensitivities of *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* to Nd:YAG laser irradiation through dentin. *Laser Surg Med.* 2000;26(3):250-61. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10738287/>
 21. Gutknecht N, Franzen R, Schippers M, and Lampert F. Bactericidal effect of a 980-nm diode laser in the root canal wall dentin of bovine teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 2004;22(1):9-13. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/104454704773660912?journalCode=pho.1>
 22. Love R, Jenkinson H. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13(2):171-83. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154411130201300207>
 23. Oguntebi BR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *Int Endod J.* 1994;27(4):218-22. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7814132/>
 24. Mérida H, Díaz M. Estudio con microscopio electrónico de barrido de la acción desinfectante de diez diferentes irrigantes sobre los conductos dentinarios. V Interamericana Electrón Microscopy Congress, 1999, Porlamar, Isla de Margarita.
 25. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of Sodium Hypochlorite into Dentin. *J Endod.* 2010;36(5):793-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20416421/#:~:text=Within%20each%20time%20group%2C%20depth,sodium%20hypochlorite%20into%20dentinal%20tubules>.
 26. Bago I, Plečko V, Gabrić Pandurić D, Schauerl Z, Baraba A, Anić I. Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *Int Endod J.* 2013;46(4):339-47.

- Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22970886/>
27. Castelo Baz P, Martín Biedma B, Ruíz Piñón M et al. Combined sodium hypochlorite and 940 nm diode laser treatment against mature *E. faecalis* biofilms in-vitro. *J Laser Med Sci*. 2012;3(3):116-21. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288107105_Combined_sodium_hypochlorite_and_940_nm_diode_laser_treatment_against_mature_e_Faecalis_biofilms_in-vitro
 28. Preethee T, Kandaswamy D, Arathi G, Hannah R. Bactericidal effect of the 908 nm diode laser on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *J Conserv Dent*. 2012;15(1):46-50. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22368335/>
 29. Sarda RA, Shetty RM, Tamrakar A, Shetty SY. Antimicrobial efficacy of photodynamic therapy, diode laser, and sodium hypochlorite and their combinations on endodontic pathogens. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2019 Dec;28:265-72. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31585175/>
 30. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser in vivo: results of microbiological examinations. *Lasers in Surgery and Medicine*. 1997;21(3):221-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9452688/>
 31. Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelik N, Georgopoulos A, Sperr W. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med* 2004;35(2):111-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15334613/>
 32. Manivasagan P, Venkatesan J, Sivakumar K, Kim SK. Actinobacterial melanins: current status and perspective for the future. *World J Microbiol Biotechnol*. 2013;29(10):1737-50. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23595596/>
 33. Eriksson A, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*. 1983;50(1):101-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6576145/>
 34. Hmud R, Kahler WA, Walsh LJ. Temperature Changes Accompanying Near Infrared Diode Laser Endodontic Treatment of Wet Canals. *J Endod*. 2010;36(5), 908-11. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0099239910000440>
 35. Al-Karadaghi TS, Gutknecht N, Jawad HA, Vanweersch L, Franzen R. Evaluation of Temperature Elevation During Root Canal Treatment with Dual Wavelength Laser: 2780nm Er,Cr:YSGG and 940nm Diode. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(9):460-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26332917/>
 36. Haidary D, Franzen R, Gutknecht N. Root surface temperature changes during root canal laser irradiation with dual wavelength laser (940 and 2780 nm): A preliminary study. *Photomed Laser Surg*. 2016;34(8):336-44. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27294503/>
 37. Doğanay Yıldız E, Arslan H. Effect of Low-level Laser Therapy on Postoperative Pain in Molars with Symptomatic Apical Periodontitis: A Randomized Placebo-controlled Clinical Trial. *J Endod*. 2018 Nov;44(11):1610-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0099239918304643>
 38. Genc Sen O & Kaya M. Effect of Root Canal Disinfection with a Diode Laser on Postoperative Pain After Endodontic Retreatment. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2019. Doi:10.1089/photob.2018.4539
 39. Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J*. 2019,59(1):35-46. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19323310/>
 40. Pawar S, Pujar M, Makandar S, et al. Postendodontic treatment pain management with low-level laser therapy. *J Dental Lasers*. 2014;8(2):60-3. Disponible en: <https://www.jdentlasers.org/article.asp?issn=2321-1385;year=2014;volume=8;issue=2;spage=60;epage=63;aulast=Pawar>

Recibido: 20 febrero 2022

Aceptado: 9 abril 2022