SCRIPTA SCIENTIA
ISSN: 3134-5824 | Vol. 1 (2026)

Publicado por
ChauxLab Institute

ARTÍCULO ORIGINAL

Eficacia del láser de erbio y del láser diodo en la desinfección del sistema de conductos radiculares en premolares ex vivo contaminados con *Enterococcus faecalis*

Andrea Arzamendia[1], Sofía Sosa[1], Myrian Grabow[1]

[1]Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Asunción, Paraguay

Recibido: 17 abr 2026
Aceptado: 8 may 2026
Publicado: 11 may 2026

DOI: 10.66201/ss.v1.32

Licencia Creative Commons Atribución Internacional 4.0 (CC-BY)

RESUMEN

Introducción: La persistencia de *Enterococcus faecalis* en el sistema de conductos radiculares, favorecida por su biofilm, dificulta la desinfección endodóntica completa. El láser de erbio y el láser diodo de baja potencia con terapia fotodinámica antibacteriana se proponen como coadyuvantes de la irrigación convencional. El objetivo fue comparar la eficacia de ambos láseres en la desinfección de premolares superiores ex vivo contaminados con *E. faecalis*.

Materiales y métodos: Estudio experimental cuantitativo sobre 30 premolares unirradiculares humanos, asignados aleatoriamente a tres grupos (n=10): diodo con terapia fotodinámica (azul de metileno), erbio de alta potencia y control sin irradiación. Tras inoculación e incubación 17 días, se cuantificaron UFC/ml. Análisis descriptivo y Kruskal-Wallis con post hoc de Mann-Whitney y tamaño del efecto.

Resultados: El láser de erbio logró 100 % de desinfección (10/10 con 0 UFC/ml). El diodo con terapia fotodinámica alcanzó 90 % (9/10 con 0 UFC/ml; 1/10 con 9 UFC/ml). El control presentó recuentos elevados y heterogéneos. La diferencia frente al control fue significativa (p=0,00036; r=0,69); entre erbio y diodo no hubo diferencia estadística ni clínica.

Conclusiones: Ambos láseres fueron eficaces como coadyuvantes frente a *E. faecalis* ex vivo, con superioridad numérica del erbio sin diferencia estadística respecto del diodo. El tamaño muestral y el diseño ex vivo limitan la extrapolación clínica.

Palabras clave: láser de erbio, láser diodo, terapia fotodinámica, desinfección, Enterococcus faecalis, endodoncia.

Correspondencia: Myrian Grabow. Carrera de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Norte, Asunción, Paraguay.
✉ direccion.odontologia@uninorte.edu.py.

Financiación: Este estudio no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o sin fines de lucro.
Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con este estudio.

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento endodóntico depende en gran medida de la eliminación completa de los microorganismos alojados en el sistema de conductos radiculares. *Enterococcus faecalis* se identifica con frecuencia como el principal microorganismo asociado al fracaso del tratamiento endodóntico, dado que forma biofilm, penetra profundamente en los túbulos dentinarios y es capaz de sobrevivir en condiciones ambientales adversas, lo que le confiere resistencia frente a las medidas convencionales de desinfección [1]. Las estrategias que emplean estos mecanismos para escapar a la instrumentación y la irrigación —capacidad de biofilm, localización en zonas inaccesibles y activación de vías metabólicas alternativas— han sido documentadas en revisiones recientes centradas específicamente en este patógeno [2].

El protocolo convencional de desinfección combina la instrumentación mecánica con la irrigación mediante hipoclorito de sodio y EDTA activados por ultrasonido. Sin embargo, esta combinación puede resultar insuficiente en zonas de difícil acceso del conducto radicular, lo que puede derivar en infecciones recurrentes, abscesos periapicales y la necesidad de retratamiento. Como alternativa complementaria, la terapia fotodinámica antibacteriana emplea un fotosensibilizador que, activado por una fuente de luz específica, genera especies reactivas de oxígeno con efecto bactericida selectivo; esta técnica ha demostrado eliminar bacterias planctónicas y reducir significativamente el biofilm de *E. faecalis* en conductos radiculares experimentalmente infectados [3].

Paralelamente, el láser de erbio (Er:YAG y Er,Cr:YSGG) se ha estudiado como herramienta de desinfección radicular por su elevada afinidad con el agua y los componentes minerales de la dentina, lo que le permite generar un efecto fotomecánico de activación del irrigante —mediante microexplosiones de cavitación— además de un componente fototérmico local. Estudios in vitro han documentado un efecto bactericida decisivo del láser de erbio en el interior del conducto radicular, dependiente de la potencia aplicada y específico según la especie bacteriana estudiada [4].

Diversos ensayos recientes han comparado ambas tecnologías —o su combinación— frente a los protocolos de irrigación convencional, con resultados generalmente favorables para el láser en términos de reducción bacteriana, aunque la magnitud del efecto varía según el diseño experimental, la especie bacteriana y los parámetros del láser empleado. Persisten, sin embargo, dudas sobre cuál de estos métodos ofrece mayor eficacia en la desinfección del sistema de conductos radiculares, y la comparación directa de ambos frente a *E. faecalis* en premolares superiores sigue siendo un área poco explorada. Este estudio se propuso comparar la eficacia del láser de erbio y del láser diodo de baja potencia con terapia fotodinámica antibacteriana en la desinfección del sistema de conductos radiculares de premolares superiores ex vivo contaminados con *E. faecalis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental, de enfoque cuantitativo, sobre una muestra de 30 premolares superiores unirradiculares humanos extraídos por indicación terapéutica (ortodoncia o enfermedad periodontal). Se incluyeron piezas con corona íntegra o caries poco extensas, ápice cerrado y conducto recto; se excluyeron piezas endodonciadas previamente, fracturadas, con reabsorción radicular o calcificadas. Todas las piezas fueron sometidas a un proceso de anonimización inmediatamente después de su extracción —eliminación de cualquier dato identificable, asignación de un código alfanumérico único y registro en una base de datos protegida sin información personal del paciente de origen—, por lo que su uso en esta investigación no implicó riesgos adicionales para los pacientes de procedencia.

Las piezas fueron preparadas en la preclínica de Odontología, limpiadas con hipoclorito de sodio al 2,5 % durante dos horas, desprovistas de restos de tejido con cureta periodontal y esterilizadas en autoclave (103 °C, 1 hora 33 minutos). Los conductos fueron inoculados con una suspensión de *E. faecalis* ajustada a 0,5 en la escala de McFarland, mezclada 1:1 con caldo cerebro-corazón, e incubados durante 17 días en condición de microaerofilia a 37 °C para permitir la formación de biofilm, con sellado apical mediante resina fotopolimerizable para evitar la fuga bacteriana.

Tras el período de contaminación, las muestras fueron asignadas aleatoriamente a tres grupos (n=10 cada uno). En los tres grupos se realizó preparación biomecánica con sistema rotatorio e irrigación activada por ultrasonido. El Grupo 1 recibió, adicionalmente, azul de metileno al 0,005 % como fotosensibilizador durante cinco minutos, seguido de irradiación con láser diodo de baja potencia en modo de luz roja (9 J). El Grupo 2 recibió irradiación con láser de erbio de alta potencia (Er:YAG, punta Endo tip, 40 mJ, 20 Hz, 0,8 W) sin irrigación adicional. El Grupo 3 no recibió ningún tipo de instrumentación ni irradiación, y sirvió como control positivo de contaminación viable.

Finalizado cada protocolo, los conductos se irrigaron con solución fisiológica al 0,9 % y se recolectó la muestra con un cono de papel agitado durante 30

segundos contra las paredes dentinarias. De cada muestra se sembraron 10 µl en agar sangre de oveja, incubado a 37 °C durante 48 horas, y se realizó el conteo manual de unidades formadoras de colonias (UFC/ml) bajo luz transmitida.

Se aplicó estadística descriptiva (media, mediana, valores mínimo y máximo) para cada grupo. Dado el tamaño muestral (n<50 por grupo), se evaluó la normalidad de la distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk; al confirmarse una distribución no paramétrica, la comparación entre los tres grupos se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis, seguida de comparaciones post hoc por pares mediante la prueba de Mann-Whitney U y el cálculo del tamaño del efecto r para estimar la significancia clínica [5].

RESULTADOS

En el Grupo 1 (láser diodo con terapia fotodinámica antibacteriana), 9 de las 10 muestras alcanzaron 0 UFC/ml y 1 muestra registró 9 UFC/ml, lo que representa una eficacia de desinfección del 90 % (media 0,9; mediana 0; mínimo 0; máximo 9). En el Grupo 2 (láser de erbio), la totalidad de las 10 muestras registró 0 UFC/ml, con una eficacia de desinfección del 100 % (media, mediana, mínimo y máximo iguales a 0). En el Grupo 3 (control, sin desinfección), los recuentos bacterianos fueron elevados y heterogéneos, con valores entre 0 y más de 10^4 UFC/ml (media 1043,1; mediana 19), confirmando la viabilidad de la contaminación inicial y la necesidad de una intervención activa para la eliminación del patógeno.

La prueba de Shapiro-Wilk confirmó una distribución no paramétrica en los grupos 1 y 3 ($p=1,00\times10^{-7}$ y $p=1,55\times10^{-7}$, respectivamente); en el Grupo 2, la ausencia de variación entre los datos impidió aplicar la prueba de normalidad. La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia significativa entre los grupos ($p=2,38\times10^{-5}$). Las comparaciones post hoc con la prueba de Mann-Whitney indicaron que los grupos 1 y 2 no difirieron entre sí, mientras que la diferencia entre los grupos 1 y 3 fue estadísticamente significativa (p=0,00036), con un tamaño del efecto r=0,69, correspondiente a una diferencia clínica significativa y de magnitud grande.

DISCUSIÓN

Este estudio comparó la eficacia del láser de erbio y del láser diodo de baja potencia con terapia fotodinámica antibacteriana en la desinfección del sistema de conductos radiculares de premolares superiores ex vivo contaminados con *E. faecalis*, frente a un grupo control sin tratamiento.

Ambos sistemas de láser demostraron una alta eficacia frente a la contaminación bacteriana, con una desinfección completa (100 %) lograda por el láser de erbio y una eficacia del 90 % alcanzada por el láser diodo con terapia fotodinámica. Este hallazgo es consistente con ensayos recientes que reportan efectos bactericidas elevados del láser de erbio en conductos radiculares, atribuibles a su acción combinada fotomecánica —por la activación cavitacional del irrigante — y fototérmica local, la cual favorece la remoción de biofilm y de residuos orgánicos adheridos a las paredes del conducto [4,6].

El desempeño del láser diodo con terapia fotodinámica, aunque numéricamente inferior, respalda su papel como coadyuvante eficaz de la desinfección endodóntica. Este resultado es coherente con estudios que han evaluado protocolos de terapia fotodinámica con distintos fotosensibilizadores y longitudes de onda frente a *E. faecalis*, donde se ha observado una reducción significativa de las unidades formadoras de colonias, aunque con variabilidad según el fotosensibilizador y el tiempo de exposición empleados [3,7,8]. Otros trabajos que compararon directamente el láser de erbio y el láser diodo, o su combinación con la irrigación convencional, también reportan una eficacia comparable entre ambas tecnologías, con ventajas puntuales según el protocolo específico utilizado [9,10].

La ausencia de diferencia estadística y clínica entre los grupos 1 y 2 en este estudio sugiere que, si bien el mecanismo de acción de cada tecnología es distinto — fotomecánico/fototérmico en el láser de erbio frente a fotoquímico en la terapia fotodinámica con láser diodo —, ambos pueden alcanzar niveles de desinfección clínicamente comparables cuando se aplican con parámetros adecuados. Esta equivalencia funcional ha sido reportada también en protocolos que combinan múltiples longitudes de onda o mecanismos de activación —incluyendo fotosensibilizadores alternativos como el resveratrol activado con láser Nd:YAG—, donde la eficacia depende más de la optimización del protocolo que del tipo de tecnología empleada en sí [11,12,13].

El comportamiento del grupo control, con recuentos bacterianos elevados y heterogéneos en ausencia de cualquier intervención, confirma la resistencia de *E. faecalis* dentro del sistema de conductos radiculares y su capacidad de persistir en un ambiente hostil tras la formación de biofilm, en línea con lo descrito en revisiones sobre los mecanismos de persistencia de este patógeno en infecciones endodónticas [2]. Estos hallazgos refuerzan la importancia de incorporar métodos auxiliares de desinfección —ya sea el láser de erbio o el láser diodo con terapia fotodinámica— al protocolo convencional de irrigación, particularmente en casos

donde la instrumentación mecánica y la irrigación química por sí solas podrían resultar insuficientes [14,15].

Este estudio presenta limitaciones metodológicas relevantes. El tamaño muestral fue reducido (n=10 por grupo) y la condición ex vivo del diseño no reproduce completamente las condiciones clínicas del conducto radicular in vivo, incluyendo la vascularización y la respuesta inmunitaria del huésped. Asimismo, no se evaluaron variables como el efecto térmico sobre los tejidos dentinarios adyacentes ni la persistencia del efecto desinfectante a mediano plazo. Futuras investigaciones deberían evaluar estas tecnologías en condiciones in vivo, con muestras más amplias, y profundizar en la optimización de parámetros como el tiempo de exposición, el tipo de punta y la longitud de onda empleada.

En conclusión, tanto el láser de erbio como el láser diodo con terapia fotodinámica antibacteriana constituyen herramientas coadyuvantes eficaces para la desinfección del sistema de conductos radiculares contaminados con *E. faecalis* en condiciones ex vivo, sin que la superioridad numérica del láser de erbio alcance significancia estadística frente al láser diodo. Estos resultados respaldan la incorporación de la terapia láser —en cualquiera de sus dos modalidades — como complemento del protocolo convencional de irrigación en la práctica endodóntica, sujeto a validación en estudios clínicos con mayor tamaño muestral.

REFERENCIAS

1. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2019;24(3):e364-72. https://doi.org/10.4317/medoral.22907
2. Yang S, Meng X, Zhen Y, Baima Q, Wang Y, Jiang X, et al. Strategies and mechanisms targeting Enterococcus faecalis biofilms associated with endodontic infections: a comprehensive review. Front Cell Infect Microbiol. 2024;14:1433313. https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1433313
3. Soukos NS, Chen PS, Morris JT, Ruggiero K, Abernethy AD, Som S, et al. Photodynamic therapy for endodontic disinfection. J Endod. 2006;32(10):979-84. https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.04.007
4. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, Sperr W, et al. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. Lasers Surg Med. 2002;30(5):360-4. https://doi.org/10.1002/lsm.10054
5. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio MP. Metodología de la investigación. 6.ª ed. México: McGraw-Hill; 2014. Disponible en: https://www.mheducation.com.mx/
6. Dragidella A, Kameri A. Comparative effects of Er:YAG laser, sodium hypochlorite, and QMix on root canals infected with Enterococcus faecalis and Candida albicans. J Lasers Med Sci. 2023;14:e43. https://doi.org/10.34172/jlms.2023.43
7. Afrasiabi S, Chiniforush N. An in vitro study on the efficacy of hydrogen peroxide mediated high-power photodynamic therapy affecting Enterococcus faecalis biofilm formation and dispersal. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2023;41:103310. https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103310
8. Asnaashari M, Veshveshadi O, Aslani F, Hakimiha N. Evaluation of the antibacterial efficacy of sodium hypochlorite in combination with two different photodynamic therapy protocols against Enterococcus faecalis in infected root canals: an in vitro experiment. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2023;43:103722. https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103722
9. Fahim SZ, Ghali RM, Hashem AA, Farid MM. The efficacy of 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm diode laser in root canal disinfection: a randomized clinical trial. Clin Oral Investig. 2024;28(3):175. https://doi.org/10.1007/s00784-024-05563-z
10. Chohan H, Khullar S, Patel RH, Rath J, Mohammed S, Subramani SK. Investigations of the antimicrobial effectiveness of different disinfection protocols against endodontic pathogens in root canal systems. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 4):S3577-9. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1116_24
11. Guity P, Afrasiabi S, Shahi Ardakani A, Benedicenti S, Signore A, Chiniforush N, et al. SWEEPS-assisted antibacterial photodynamic therapy against dual-species biofilms in mandibular molars: an in vitro study. Pharmaceuticals (Basel). 2025;18(4):558. https://doi.org/10.3390/ph18040558
12. Haridas K, Hariharan M, Varughese A, Singh P, Kumar A. Modified photo-activated disinfection technique for eliminating root canal bacteria using multiple-wavelength lasers with radial firing tip: an in vitro study. J Contemp Dent Pract. 2025;26(5):453-7. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3873
13. Morikawa M, Uehara S, Yoshida A, Sakagami H, Masuda Y. Photodynamic therapy with resveratrol and an Nd:YAG laser for Enterococcus faecalis elimination. In Vivo. 2024;38(2):559-66. https://doi.org/10.21873/invivo.13474
14. Ci H, Xin B, Hubbard AW, Hamilton E, Ainsworth C, Dagen BM, et al. Investigation of endodontic disinfection by combination of laser and nanobubble technology. J Endod. 2025;51(12):1803-13. https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.08.016
15. Tehrani NA, Javadinejad S, Shirani AM. Comparison between three methods of diode laser 810 nm, photodynamic therapy with laser 660 nm, and hypochlorite solution for disinfection of pulp canal of primary teeth. Dent Res J (Isfahan). 2024;21:23. https://doi.org/10.4103/drj.drj_82_23