

**Cirugía perirradicular guiada con láser erbio. Reporte de Caso**

**Isabella Villegas González, Daniel Felipe Carvajal Rodríguez**

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Endodoncia**

**Director**

**Johanna Eugenia Hernández La Rotta**

**Odontóloga Especialista en Endodoncia**

**Julián Torres Celeita**

**Odontólogo Especialista en Endodoncia**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División Ciencias de la Salud**

**Especialización en Endodoncia**

**2025**

**Dedicatoria**

A mi familia, por su apoyo constante, paciencia y amor inagotable. Cada logro es también suyo.

*Isabella Villegas G.*

A mi familia, por su comprensión, cariño y ejemplo. Gracias por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí.

*Daniel Felipe Carvajal R.*

**Agradecimientos (**

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Santo Tomás - Facultad de Odontología - *FOC* por brindarnos la oportunidad de formarnos como especialistas.

A nuestros asesores científicos y asesores metodológicos por su orientación, compromiso y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo.

A la directora del programa, por su liderazgo, apoyo constante y motivación en nuestro proceso académico.

*Isabella Villegas González*

*Daniel Felipe Carvajal Rodríguez*

## Contenido

1. Introducción.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Justificación.....	15
2. Marco teórico.....	18
2.1 Marco conceptual.....	18
2.2 Marco referencial.....	29
3. Objetivos.....	33
3.1 Objetivo general.....	33
3.2 Objetivos específicos.....	33
4. Método.....	33
4.1 Tipo de estudio.....	33
4.2 Selección y descripción de los participantes.....	34
4.2.1 Población.....	34
4.2.2 Muestra y tipo de muestreo.....	34
4.2.3 Criterios de selección.....	34
4.3 Variables.....	35
4.4 Instrumento.....	36
4.5 Procedimiento.....	36
5. Resultados.....	39
6. Discusión.....	43
6.1 Conclusiones.....	45
6.2 Recomendaciones.....	46

Referencias..... 47

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	35
<b>Tabla 2.</b> <i>Tipo de instrumento</i> .....	36
<b>Tabla 3.</b> <i>Lecturas de los planos (coronal, sagital, axial) en T1, T2 y T3</i> .....	42

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Fotografías del procedimiento quirúrgico</i> .....	38
<b>Figura 2.</b> <i>Resultados de cicatrización de tejidos blandos</i> .....	40
<b>Figura 3.</b> <i>Tomografías</i> .....	41

### Resumen

La incorporación del láser de erbio en los procedimientos endodónticos y quirúrgicos ofrece ventajas durante la ablación ósea, ya que este tipo de láser no solo elimina tejido de manera eficiente, sino que también desinfecta las superficies tratadas, reduciendo el sobrecalentamiento y minimizando el daño térmico en el hueso. **Objetivo:** Describir la evaluación y manejo de un paciente sometido a cirugía perirradicular guiada con láser Er,Cr:YSGG, empleándolo para la incisión, osteotomía y apicectomía en un caso diagnosticado con periodontitis apical asintomática. **Método:** Se realizó un reporte de caso clínico en el que se evaluaron las condiciones clínicas y radiográficas del paciente antes y después del procedimiento. Durante el periodo prequirúrgico, los tejidos blandos se presentaron en condiciones normales y la lesión apical fue evidenciada mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). **Resultados:** A las 24 horas postquirúrgicas se observó inflamación moderada de los tejidos blandos, con suturas presentes y bordes parcialmente adheridos, sin signos de sangrado ni supuración. La evaluación radiográfica evidenció un defecto óseo hipodenso correspondiente al área quirúrgica. Las lecturas de densidad ósea obtenidas a las 24 horas, 6 meses y 10 meses mostraron una disminución significativa en la fase inicial de reparación, con evidencia de regeneración ósea progresiva. **Conclusiones:** El láser Er,Cr:YSGG constituye una herramienta mínimamente invasiva y eficaz para procedimientos perirradiculares, al permitir una manipulación precisa de tejidos duros y blandos, reducir la carga bacteriana y favorecer condiciones óptimas para la cicatrización ósea.

*Palabras claves:* cirugía perirradicular guiada, Láser Erbio Er, CR: YSGG, lesión apical, CBCT, densidad ósea

### Abstract

The incorporation of the erbium laser in endodontic and surgical procedures offers advantages during bone ablation, as this type of laser not only removes tissue efficiently but also disinfects treated surfaces, reducing overheating and minimizing thermal damage to bone. **Objective:** To describe the evaluation and management of a patient who underwent periradicular surgery guided by an Er,Cr:YSGG laser, used for incision, osteotomy, and apicoectomy in a case diagnosed with asymptomatic apical periodontitis. **Method:** A clinical case report was carried out in which the patient's clinical and radiographic conditions were evaluated before and after the procedure. During the pre-surgical period, the soft tissues were in normal condition, and the apical lesion was evidenced through cone-beam computed tomography (CBCT). **Results:** At 24 hours post-surgery, moderate inflammation of the soft tissues was observed, with sutures in place and partially adhered wound edges, without signs of bleeding or suppuration. The radiographic evaluation showed a hypodense bone defect corresponding to the surgical area. Bone density readings obtained at 24 hours, 6 months, and 10 months showed a significant decrease during the initial repair phase, with evidence of progressive bone regeneration. **Conclusions:** The Er,Cr:YSGG laser represents a minimally invasive and effective tool for periradicular procedures, allowing precise manipulation of hard and soft tissues, reducing bacterial load, and promoting optimal conditions for bone healing.

*Keywords:* guided periradicular surgery, Er, CR: YSGG Laser, apical lesion, CBCT, bone density.

### Glosario

*Apicectomía*: procedimiento quirúrgico

*Ar*: ápice radicular

*Blue Sky®*: tecnología de imágenes

*CAD*: diseño asistido por computador

*CAG*: cirugía apical guiada

*CBCT*: tomografía computarizada de haz cónico.

*Cirugía perirradicular*: elimina tejido patológico.

*Citas de control* o seguimiento.

*Er*: erbio

*Er CR*: YSGG de 2940 nm con una fibra de 200 micras.

*Er:YAG laser*: menos contaminación del sitio quirúrgico

*Fibra MG6*, con una longitud de 6mm.

*Guías tridimensionales personalizadas*: diseñadas con imágenes 3D, delimitan y reducen riesgos.

*LASER*: Light amplification by stimulated emission of radiation.

*Láser-Er, o Er-Laser*: Láser de erbio, reduce el sobrecalentamiento y minimiza el daño térmico en el hueso.

*Láser* y el tratamiento terapéutico.

*Longitudes de onda*: viajan ordenadamente en relación con el tiempo y espacio.

*Low-level laser therapy*: Terapia Láser de bajo nivel (LLLT)

*Mínimo riesgo*: de traumatizar tejido adyacente.

*Trefinas guiadas*: permiten realizar osteotomías controladas.

*Unidades Hounsfield: escala de grises cuantificable.*

## 1. Introducción

La cirugía perirradicular representa una alternativa terapéutica eficaz en casos donde el tratamiento endodóntico convencional no logra resolver lesiones apicales persistentes. No obstante, esta intervención quirúrgica requiere una planificación rigurosa y una ejecución precisa para garantizar su éxito clínico (Kim y Kratchman, 2006).

En la práctica odontológica contemporánea, el desafío radica en desarrollar técnicas que además de ser efectivas, sean mínimamente invasivas y favorezcan una recuperación rápida y sin complicaciones (Protásio, et al., 2019). En este contexto, la incorporación de tecnologías como la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), las guías quirúrgicas personalizadas y el Láser de Erbio en la fase quirúrgica ha abierto nuevas posibilidades para optimizar los procedimientos quirúrgicos, mejorar la precisión operatoria y disminuir el daño a los tejidos circundantes (Connert, et al., 2019; de Oliveira et al., 2016).

El uso de guías tridimensionales diseñadas a partir de imágenes CBCT permite una planificación quirúrgica más detallada, facilitando un abordaje conservador de la lesión periapical (Fan et al., 2019; Lio et al., 2021). Al mismo tiempo, el Láser Erbio Er, Cr: YSGG (longitud de onda  $\approx 2780$  nm) se ha consolidado como una herramienta muy eficiente en procedimientos sobre tejidos duros y blandos, gracias a su elevada absorción en agua y en hidroxiapatita, lo cual limita la penetración térmica profunda y permite una ablación controlada (Martins et al., 2011). Esa intensa absorción provoca que la energía del pulso Láser se convierta rápidamente en vapor local, generando microexplosiones con formación de burbujas de vapor que se expanden y colapsan (efecto fotoacústico/cavitacional) dentro del líquido o tejido intersticial (Meire et al., 2024).

Este fenómeno induce movimientos turbulentos del líquido (photoacoustic streaming) que ayudan a desprender el biofilm y la capa de detritos, provocar ondas de choque y producir fuerzas

mecánicas que facilitan la limpieza (Nagahashi et al., 2022). Cuando colapsan las burbujas, se liberan presiones locales que pueden dañar directamente las paredes microbianas y contribuir a la destrucción bacteriana, por lo que el efecto cavitacional tiene un papel desinfectante (Meire et al., 2024; Fiegler-Rudol et al., 2025). De esta manera, el uso del Láser Er, Cr: YSGG reduce la carga bacteriana, genera cortes más precisos con mínima transferencia térmica y favorece un entorno propicio para la cicatrización ósea (por menor efecto de calentamiento y estimulación local) (Fiegler-Rudol et al., 2025; Sippus et al., 2019).

La combinación de ambas tecnologías promete una mejora sustancial en los resultados clínicos, al disminuir el área de osteotomía, reducir los síntomas postoperatorios y optimizar el proceso de reparación tisular (Kim, 2020). Sin embargo, la evidencia clínica sobre el uso conjunto de estas herramientas en cirugía apical guiada sigue siendo limitada, lo que subraya la importancia de realizar estudios que permitan observar de manera objetiva el proceso de cicatrización bajo estas condiciones (Mohammadi et al., 2017).

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo observar el proceso de cicatrización en una cirugía perirradicular guiada, empleando Láser de Erblio en la incisión, osteotomía y apicectomía.

### **1.1 Planteamiento del problema**

La cirugía apical es un procedimiento clínico complejo cuyo éxito depende de múltiples factores, incluidos la técnica y los métodos empleados. Actualmente, las herramientas más comunes para este tipo de intervenciones incluyen instrumentos rotatorios, dispositivos piezoeléctricos y ultrasonido. Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones en cuanto a precisión, lo que puede llevar a intervenciones más extensas que afectan negativamente el

proceso de cicatrización, prolongando el tiempo de recuperación, aumentando la extensión de la lesión y dificultando la regeneración tisular (von Arx, 2011).

Para abordar estas complicaciones, los avances tecnológicos han introducido métodos digitales que incrementan la precisión quirúrgica. Una alternativa prometedora es el uso de guías tridimensionales personalizadas, diseñadas a partir de imágenes 3D que delimitan mejor las lesiones apicales y reducen los riesgos asociados con la sobreinstrumentación (Fan et al., 2019; Lio et al., 2021; Pinsky et al., 2007). Estas guías permiten un abordaje más controlado y eficaz, minimizando las complicaciones postoperatorias.

Otro enfoque innovador es la incorporación del láser de erbio, que ofrece ventajas significativas durante la ablación quirúrgica. Este tipo de láser no solo elimina tejido de manera eficiente, sino que también desinfecta superficies, reduciendo el sobrecalentamiento y minimizando el daño térmico en el hueso. Como resultado, se favorece una cicatrización más rápida y se evitan complicaciones como la contaminación y la sobreextensión quirúrgica. Sin embargo, su uso no está exento de inconvenientes, como la incomodidad para el paciente, el posible aumento del dolor postoperatorio, tiempos de cicatrización prolongados y limitaciones en las actividades estomatognáticas asociadas con la técnica quirúrgica (Setzer y Kratchman, 2022).

Por otro lado, el uso de radiografías convencionales en la práctica clínica sigue siendo una limitación crítica. Al proporcionar únicamente imágenes bidimensionales, estas técnicas dificultan la localización precisa de las lesiones, lo que puede llevar a la remoción excesiva de tejido óseo y afectar la calidad de la cicatrización postoperatoria. Estas deficiencias destacan la necesidad de adoptar tecnologías de imagen más avanzadas, como la tomografía computarizada

de haz cónico (CBCT), que permiten una planificación quirúrgica más precisa y detallada (Rashmi y Kr, 2022).

En síntesis, los avances en dispositivos tecnológicos como las guías tridimensionales, el láser de erbio y las técnicas de imagen avanzada representan un cambio prometedor para superar las limitaciones actuales de la cirugía apical, mejorar los resultados clínicos y reducir las complicaciones asociadas.

### *Pregunta problema*

¿Qué efecto tiene el uso de laser erbio durante la cirugía perirradicular guiada en la incisión, osteotomía y apicectomía?

## **1.2 Justificación**

Los procedimientos de la odontología moderna utilizan una serie de equipos que mejoren tanto la confortabilidad del paciente como la del profesional en odontología. Uno de los retos es incorporar en la medida de lo posible métodos cada vez menos invasivos que logren disminuir el dolor y el tiempo de cicatrización. La incorporación de las técnicas de Láser ayuda a mejorar estos aspectos y además generan otras bondades postquirúrgicas que los hacen una herramienta de apoyo confiable (Protásio et al., 2019).

Los estudios clínicos odontológicos sobre el uso del Láser de Erbio (Er) son fundamentales para enriquecer la investigación de esta tecnología. El Láser Erbio utilizado principalmente en procedimientos de tejidos duros y blandos ofrece una alternativa avanzada en las herramientas tradicionales con amplios beneficios quirúrgicos en la medida que disminuye el sobrecalentamiento de tejidos y acelera el procedimiento de cicatrización (Bader y Krejci, 2006)

Una de las principales ventajas del uso del láser erbio en odontología es su capacidad para realizar tratamientos precisos, minimizando el daño a los tejidos circundantes. Otra ventaja es su efecto antibacteriano que disminuye el riesgo de infecciones en los tratamientos periodontales y en la desinfección de cavidades. En ese orden de ideas, el láser aumenta la especificidad a la hora de eliminar tejidos, pero si se lograra conjugar de mejor forma con otra tecnología como el uso de guías quirúrgicas individualizadas, podría aumentar los beneficios clínicos tanto quirúrgicos como postquirúrgicos, lo que justifica la necesidad de plantear estudios clínicos con estas dos tecnologías (Mortman, 2011).

El láser de erbio ha demostrado ser una herramienta cada vez más valorada en diferentes campos de la cirugía debido a su capacidad para cortar y vaporizar tejido con alta precisión y control, lo que mejora tanto los resultados clínicos como la durabilidad de los tratamientos. Esta precisión permite eliminar específicamente el tejido necesario según la longitud de onda, reduciendo así el área eliminada y favoreciendo una mejor cicatrización, lo que a su vez disminuye el tiempo de recuperación. Estos beneficios en conjunto aumentan la confortabilidad del paciente y, lo más importante, reducen la probabilidad de fracaso. Además, en el contexto de incisiones y ventanas quirúrgicas, el láser de erbio ofrece ventajas operatorias adicionales que contribuyen a mejorar los resultados clínicos (de Oliveira et al., 2016).

A pesar de tener varios años en el mercado, los reportes del uso del láser erbio específicamente en cirugía apical son pocos y menos aún, en cirugía apical guiada (CAG), por lo que se requiere realizar estudios clínicos que apliquen la tecnología conjunta del láser erbio y guías quirúrgicas (Mohammadi et al., 2017).

Kim (2020) indica que el tamaño de la osteotomía juega un papel fundamental en el proceso de cicatrización, recomendando que esta sea lo más pequeña posible, pero lo

suficientemente amplia para permitir el acceso a los instrumentos necesarios, así como para la eliminación de la lesión periapical y la resección apical (Rashmi y Kr, 2022). Es importante señalar que el manejo de la cirugía perirradicular a mano alzada presenta mayores dificultades en la localización del ápice radicular, siendo la experiencia del operador, la técnica y los instrumentos utilizados factores determinantes en la cantidad de hueso alveolar que se debe remover. Por esta razón, la cirugía guiada se ha convertido en una alternativa sobresaliente, ya que garantiza un enfoque más conservador, disminuyendo el riesgo de daño a las estructuras anatómicas adyacentes, optimizando el tiempo del procedimiento, evitando complicaciones y mejorando el pronóstico postquirúrgico al favorecer la cicatrización del defecto óseo y reducir los síntomas postoperatorios (Angiero et al., 2011a; S. Kim y Kratchman, 2006).

El uso de radiografías convencionales ofrece una visión bidimensional que dificulta la localización precisa de las lesiones, por lo que se recomienda la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Esta técnica no solo ayuda a minimizar la extensión de la osteotomía y facilita la localización del ápice radicular mediante guías quirúrgicas, sino que también reduce la remoción ósea y proporciona una cicatrización postoperatoria favorable. Además, la CBCT permite una evaluación más detallada a través de software especializado que establece una escala de grises cuantificable en unidades Hounsfield, lo que ofrece información valiosa sobre la densidad ósea y resulta útil para evaluar la formación de nuevo hueso y su calidad. (Connert et al., 2019; Rashad et al., 2015; Rashmi y Kr, 2022)

## 2. Marco teórico

### 2.1 Marco conceptual

*Láser Erbio de uso Odontológico.* Conocido como Láser-Er, o Er-Láser, se ha posicionado desde hace dos décadas como una herramienta de apoyo importante en la odontología moderna, se destaca por su versatilidad y eficacia en diferentes áreas clínicas odontológicas. Este tipo de láser es altamente apreciado por su capacidad para cortar tanto tejido duro como blando, lo que lo convierte en una opción adecuada para realizar intervenciones mínimamente invasivas. Según estudios recientes, su uso se ha extendido en campos como la odontología restauradora y la periodoncia, demostrando ser una opción segura y efectiva. Esta tecnología permite una mayor precisión y control en los procedimientos, reduciendo el daño colateral a los tejidos circundantes (Kimura et al., 2000).

La utilización del láser Erbio ha mostrado beneficios significativos en la reducción del dolor y la incomodidad postoperatoria. Diversos estudios han encontrado que los pacientes tratados con esta tecnología presentan una recuperación más rápida y menos molestias en comparación con los métodos convencionales. Esto es especialmente relevante en procedimientos como la eliminación de la capa de barrillo, donde el láser puede trabajar de manera eficiente. Además, la capacidad del láser para sellar los vasos sanguíneos contribuye a minimizar el sangrado y la inflamación (Guidotti et al., 2014).

Otro aspecto crucial es su efectividad en la descontaminación bacteriana. En el tratamiento periodontal, se ha demostrado que el láser puede eliminar eficazmente las bacterias patógenas que causan la enfermedad periodontal, mejorando así los resultados clínicos. La capacidad de esterilización del láser en los tejidos blandos y duros es una ventaja clave en

comparación con los métodos tradicionales, lo que reduce significativamente el riesgo de infecciones postoperatorias (Kang, 2008).

La odontología pediátrica también se ha beneficiado del uso del láser de erbio. Debido a que este láser reduce el uso de anestesia y minimiza el dolor, es una opción preferida para el tratamiento de caries en pacientes jóvenes. Esto permite a los profesionales en odontología realizar tratamientos menos invasivos y traumáticos para los niños, lo que mejora la experiencia dental general y reduce la ansiedad en futuras visitas. Además, la capacidad de este láser para trabajar sin contacto físico directo es menos intimidante para los pacientes pediátricos (Olivi et al., 2009).

En el ámbito de la cirugía oral, el láser Erbio ha demostrado ser eficaz en la eliminación de lesiones benignas y en la remodelación gingival. La precisión que ofrece esta tecnología permite realizar incisiones más limpias y rápidas, lo que facilita una cicatrización más eficiente y con menos complicaciones. Además, el uso del láser en la cirugía de tejidos blandos puede reducir la necesidad de suturas, lo que también contribuye a una recuperación más rápida del paciente (Kumar et al., 2017).

La estética dental también ha encontrado aplicaciones innovadoras con el uso del láser de erbio. En procedimientos de blanqueamiento dental, este láser puede activarse para mejorar la efectividad de los geles blanqueadores, proporcionando resultados más rápidos y uniformes. Esto ha incrementado su popularidad entre pacientes que buscan resultados estéticos inmediatos sin los efectos secundarios adversos asociados a los métodos convencionales. De igual forma hay reportes de algunos estudios en los que el láser: Er se usa para mejorar el proceso adhesivo en odontología restauradora, aunque aún hace falta más estudios que respalden estos protocolos.(López et al., 2015)

A nivel de odontología restauradora, el láser de erbio permite preparar cavidades dentales con mayor precisión y menos invasión en comparación con las herramientas tradicionales como el torno dental. Esto es particularmente útil en la preparación de superficies para restauraciones, ya que el láser permite una conservación óptima de la estructura dental y una mayor adhesión de los materiales restauradores (Lopes et al., 2015).

En endodoncia, el láser de erbio ha sido investigado por su capacidad para mejorar la limpieza y la desinfección de los conductos radiculares. Estudios recientes sugieren que este tipo de láser es altamente efectivo para eliminar restos necróticos y bacterianos en los sistemas de conductos radiculares, mejorando así el éxito de los tratamientos endodónticos. Este enfoque permite una desinfección más profunda en comparación con las técnicas de irrigación tradicionales (Jurič y Anić, 2014).

A pesar de los múltiples beneficios del láser de erbio, su implementación en la práctica diaria aún enfrenta barreras, principalmente relacionadas con el costo del equipo y la curva de aprendizaje requerida para su uso efectivo. Sin embargo, es importante que los especialistas avancen con a tecnología y se formen en su uso seguro. Se espera que el láser en odontología continúe expandiéndose, brindando un mayor acceso a sus beneficios.

Finalmente, es importante señalar que, aunque los estudios respaldan el uso del láser de erbio en múltiples aplicaciones, se requiere más investigación a largo plazo para evaluar completamente su impacto en la práctica odontológica. A medida que se publiquen más estudios clínicos, es probable que se amplíen las indicaciones y se refinen las técnicas para mejorar aún más los resultados clínicos (Kang, 2008).

*Láser erbio sobre tejidos blandos orales.* En cuanto a las propiedades y efectos del láser Erbio sobre los tejidos, se pueden resumir en la absorción, la transmisión, dispersión y reflexión.

Los tejidos blandos tienen un alto nivel de absorción del Láser Erbio, lo que permite que el láser se enfoque en áreas específicas sin dañar tejidos circundantes, aumentando la precisión en los procedimientos quirúrgicos. La capacidad de penetrar superficialmente es clave en aplicaciones donde se busca una remoción cuidadosa de tejido sin efectos térmicos extensivos (Olivi et al., 2017).

En cuanto a la transmisión, el láser de erbio es menos eficaz al penetrar en tejidos densos debido a su longitud de onda específica, lo cual limita su alcance a las capas externas. Este fenómeno de transmisión limitada es ventajoso en situaciones donde es crucial proteger las capas internas del tejido, minimizando el riesgo de dañar estructuras subyacentes. Su baja transmisión en tejidos densos hace que este tipo de láser sea ideal para trabajar en procedimientos que demandan precisión superficial sin afectar áreas profundas (Olivi et al., 2017).

La dispersión y reflexión del láser de erbio también influyen en su seguridad y efectividad. Dado que el haz de luz se dispersa mínimamente en contacto con tejidos de alta humedad, el láser mantiene un impacto directo y localizado. La reflexión, aunque limitada, exige que se utilicen protecciones adecuadas para evitar daños oculares. Este control sobre la dispersión y la reflexión hace que el láser Erbio sea altamente valorado en entornos médicos controlados, donde cada pulso de luz debe ser eficiente y seguro para el paciente y el profesional.

En cuanto a la cicatrización sobre tejidos blandos, el láser de erbio muestra importantes beneficios, empezando porque minimiza el daño térmico en las áreas tratadas, lo que promueve una mejor y más rápida recuperación y por ende, disminuye el tiempo y la severidad de los procesos inflamatorios postquirúrgicos. Esta respuesta positiva, es esperada debido a la capacidad de ablación, sin generar una coagulación significativa en los tejidos adyacentes, promoviendo de esta manera una mejor y más rápida respuesta celular sin que haya grandes efectos secundarios

negativos, si se compara con las técnicas convencionales, que sobrecalientan, sobreextienden la zona quirúrgica y generan residuos que no favorecen el proceso de cicatrización.

Además, el láser de erbio permite un corte selectivo, minimizando el daño colateral en estructuras adyacentes, lo que ayuda a un verdadero proceso de regeneración, y disminución de la producción de tejido reparativo. El láser Erbio es especialmente ventajoso en la reducción de cicatrices visibles y en garantiza confort postoperatorio para el paciente. Estos efectos han sido documentados en estudios sobre láseres en odontología, que destacan su aplicación en procedimientos de mínimamente invasivos.

*Aspectos técnicos del láser Erbio en cirugía oral.* El láser erbio es muy utilizado en procedimientos quirúrgicos orales debido a su capacidad para cortar tejidos duros y blandos con precisión, minimizando el daño a las áreas circundantes, pero se debe tener precaución con los parámetros de configuración del equipo para no ocasionar resultados no previstos. Este láser opera mediante la emisión de luz en la longitud de onda de 2,940 nm, lo que le permite ser absorbido eficazmente por el agua y la hidroxiapatita del tejido dental. Esto lo convierte en una herramienta ideal para procedimientos como la escisión de tejidos, la eliminación de caries y el contorneado gingival (Aoki et al., 2024).

El éxito del uso del láser de erbio en cirugía oral depende de la correcta selección de parámetros como la potencia, el tiempo de exposición, la energía y el modo de irradiación. Ajustar estos parámetros de acuerdo con las características del tejido y el tipo de procedimiento garantiza un resultado eficiente y seguro para el paciente. El uso adecuado de esta tecnología reduce complicaciones postoperatorias y mejora la experiencia del paciente (Cobb, et al., 2022).

En cuanto a los parámetros técnicos del láser de erbio, la potencia del láser varía generalmente entre 1 y 6 vatios, siendo las potencias más bajas ideales para trabajos en tejido

blando, y las potencias más altas adecuadas para cortar tejido duro (Pandurić et al., 2012). El tiempo de exposición al láser también es crítico para lograr resultados clínicos óptimos. Un tiempo de irradiación más largo puede ser necesario para procedimientos que requieren una mayor profundidad de corte, mientras que un tiempo más corto se emplea para tratamientos superficiales. (Angiero, et al., 2020).

La energía emitida por el láser de erbio también juega un papel vital en la cirugía oral. Generalmente, los equipos permiten un rango de energía que oscila entre 100 y 600 mJ, lo que determina la cantidad de tejido removido por cada pulso de láser. La elección de la energía correcta depende del tipo de tejido a tratar y del objetivo clínico, con energías más altas necesarias para cortar hueso o eliminar caries profundas (Sachelariet, et al., 2024). El modo de irradiación puede ser continuo y pulsado, siendo este último el más utilizado en cirugía oral, ya que permite un mejor control de la energía y reduce el riesgo de daño térmico. El modo pulsado permite que los tejidos se enfríen entre los pulsos, lo que resulta en un procedimiento más seguro y controlado (Maggiore, et al., 2023).

La cirugía perirradicular es un procedimiento quirúrgico que se realiza cuando el tratamiento endodóntico convencional no ha sido suficiente para eliminar la infección o el daño en la raíz de un diente. Este tipo de cirugía se indica principalmente en los siguientes casos:

- Persistencia de una infección apical después de un tratamiento de conducto bien realizado.
- Presencia de quistes o granulomas periapicales que no han respondido al tratamiento endodóntico.
- Fracturas o resorción radiculares interna/externa que requieren intervención quirúrgica.
- Obturaciones radiculares inadecuadas o que no pueden ser corregidas sin cirugía.
- Presencia de cuerpos extraños o instrumentos fracturados dentro del conducto radicular.

Estudios recientes demuestran que la cirugía perirradicular tiene una alta tasa de éxito, especialmente cuando se combina con técnicas avanzadas de microscopía y materiales biocompatibles (Von Arx , et al, 2019).

Uno de los principales beneficios de la cirugía perirradicular es que permite la resección del ápice del diente afectado, eliminando así la fuente de infección que no puede ser tratada a través del conducto radicular. Además, permite la colocación de un material de sellado adecuado que ayuda a prevenir la reinfección. Según Chong y Pitt Ford (2019), esta técnica se ha mejorado significativamente con el uso de biomateriales modernos, lo que ha aumentado la tasa de éxito a largo plazo en pacientes que requieren este tipo de intervención.

En cuanto a las indicaciones para la cirugía perirradicular, se recomienda en casos donde el tratamiento endodóntico ha fracasado o no es posible debido a la anatomía compleja del conducto radicular. Además, también es una opción cuando existe una fractura radicular o quistes periapicales que no pueden resolverse mediante tratamientos convencionales (Setzer et al., 2021). La evaluación radiográfica precisa es fundamental para determinar la viabilidad de este procedimiento y planificar el abordaje quirúrgico adecuado.

Los avances en tecnología, como el uso de láseres y microscopios quirúrgicos, han mejorado los resultados de la cirugía perirradicular. Estas herramientas permiten a los odontólogos realizar procedimientos más precisos, con menor daño a los tejidos circundantes y mejores resultados de cicatrización (Tsesis et al., 2020). Estos avances tecnológicos, junto con una mejor comprensión de los materiales de sellado y técnicas quirúrgicas, han elevado el estándar de cuidado en la cirugía perirradicular en odontología moderna.

*Apicectomía.* Es un procedimiento quirúrgico en odontología que se realiza para eliminar la punta de la raíz de un diente afectado por una infección crónica o cuando el tratamiento

endodóntico convencional no es suficiente para resolver el problema. Este procedimiento se indica principalmente cuando existe una lesión periapical persistente o recurrente que no se cura con el tratamiento de conductos (Von Arx et al., 2020). La apicectomía permite el acceso directo a la raíz afectada, facilitando la eliminación de tejido infectado y promoviendo la cicatrización adecuada.

Durante la apicectomía, se corta el ápice radicular, y el área circundante se limpia para eliminar cualquier infección residual. Además, se coloca un material de sellado en el extremo de la raíz para prevenir futuras infecciones (Kim et al., 2020). Este sellado es crucial para el éxito a largo plazo del tratamiento, ya que evita la filtración de bacterias en la zona tratada. La técnica ha mejorado considerablemente con el uso de biomateriales más avanzados y técnicas de microscopía, lo que ha incrementado su tasa de éxito.

Para evitar redundancias y repetir información, es esencial unificar los conceptos de la siguiente manera:

La cirugía perirradicular es un procedimiento quirúrgico que incluye la eliminación del tejido patológico, seguido de la resección del ápice radicular afectado. Este procedimiento se realiza para acceder directamente a la zona periapical y tratar infecciones persistentes o anomalías anatómicas, permitiendo un manejo más preciso de las lesiones que no responden al tratamiento endodóntico convencional.

La apicectomía constituye un subprocedimiento dentro de la cirugía perirradicular, en el cual se remueve el extremo apical de la raíz del diente afectado. Este procedimiento incluye la limpieza del área periapical y, con frecuencia, el sellado del extremo radicular utilizando materiales biocompatibles, con el fin de favorecer la cicatrización y prevenir la reinfección (Santos, et al., 2021).

*Osteotomía.* Es una técnica clave en la cirugía apical dentro de la odontología, que implica la eliminación de hueso alrededor del ápice radicular para permitir el acceso adecuado a la lesión periapical. Este procedimiento es crucial cuando se necesita realizar una apicectomía o remover quistes periapicales que no responden al tratamiento endodóntico convencional (Setzer, et al. (2021). La osteotomía permite una visualización clara de la zona afectada y facilita el acceso a áreas anatómicamente complejas, mejorando la precisión quirúrgica.

La cantidad de hueso que se debe eliminar durante una osteotomía varía según la extensión de la lesión y la anatomía del paciente. Es fundamental minimizar la remoción de hueso para evitar debilitar la estructura ósea circundante y reducir el riesgo de complicaciones postoperatorias (Tsesis et al., 2020). La utilización de microscopios quirúrgicos y técnicas de imagen avanzadas, como la tomografía computarizada, permite al cirujano planificar de manera más eficiente la cantidad de hueso a eliminar y reducir la invasividad del procedimiento.

La osteotomía también juega un papel importante en la colocación de un sellado apical adecuado durante la cirugía apical. Después de la eliminación del hueso y la resección del ápice radicular, se procede al sellado del conducto radicular utilizando materiales biocompatibles (Von Arx et al., 2019). Este paso es crítico para prevenir futuras infecciones y promover la cicatrización de los tejidos óseos. El uso de biomateriales modernos ha mejorado significativamente los resultados en términos de éxito a largo plazo de estos procedimientos.

Finalmente, los avances tecnológicos han optimizado la realización de osteotomías en cirugía apical, haciendo que los procedimientos sean más predecibles y seguros. Herramientas como los láseres y las fresas piezoeléctricas permiten realizar cortes precisos en el hueso con menor riesgo de daño a los tejidos blandos y menos sangrado (Wang et al., 2018). Estos avances

contribuyen a una recuperación más rápida del paciente y a una mejor estabilidad a largo plazo de la zona intervenida.

*Estructura ósea para facilitar la regeneración postoperatoria.* Esta técnica es común en procedimientos endodónticos y se realiza con guías impresas en 3D que ayudan a ubicar el punto exacto de intervención, optimizando el proceso y reduciendo el daño en tejidos adyacentes (Kiscsatári et al., 2023)

Otra técnica empleada es el uso de trefinas, especialmente en cirugías implantológicas y de extracción de raíces, donde se requiere una precisión milimétrica. Las trefinas, guiadas por imágenes 3D, permiten realizar osteotomías controladas en cuanto a profundidad y angulación, mejorando la predictibilidad del procedimiento. A través de un sistema de navegación dinámica, esta técnica facilita la colocación exacta de implantes y permite realizar resecciones sin dañar estructuras críticas. De igual forma se aplica para cirugías apicales, en donde la técnica con trefina resulta muy versátil (Nagy et al., 2022)

Además, la cirugía guiada incluye métodos combinados, como el fresado convencional y el uso de guías de trefina, que permiten ajustarse a las necesidades específicas del paciente. Estos métodos guiados han demostrado ser más precisos y eficaces en comparación con técnicas de mano libre, reduciendo errores y tiempos quirúrgicos. La planificación digital previa y el uso de guías intraoperatorias mejoran considerablemente los resultados de procedimientos complejos como la apicectomía y la elevación sinusal, lo que hace que la cirugía guiada sea una opción prometedora en odontología y cirugía maxilofacial (Kiscsatári et al., 2023)

La planificación de las guías depende de la fuente de las imágenes tridimensionales, que puede a través de escáner intraoral, o extraoral sobre modelos de yeso, o tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), siendo esta última la más usada. De igual forma, el

software *Blue Sky Plan* ha revolucionado la planificación en cirugía oral, permitiendo un enfoque más preciso y eficiente en la colocación de implantes dentales, si embargo, también es versátil puesto que se puede usar para diseñar guías quirúrgicas. *CBCT* genera imágenes tridimensionales detalladas de la estructura ósea, permitiendo evaluar la densidad y el volumen óseo en el área de interés. Esta tecnología de imágenes, combinada con el software *Blue Sky*, facilita el diseño de guías quirúrgicas personalizadas que optimizan la ubicación y orientación de los implantes de acuerdo con la anatomía específica de cada paciente, mejorando significativamente los resultados quirúrgicos (Elmadany et al., 2020).

El software *Blue Sky Plan* permite importar archivos en formato DICOM de las exploraciones *CBCT* y archivos *STL* de escáneres intraorales, creando un modelo 3D integral de la estructura oral del paciente. Esta integración es fundamental para identificar puntos anatómicos críticos, como nervios y cavidades sinusales, y para planificar con precisión la posición del implante. Además, el software permite la creación de guías quirúrgicas mediante diseño asistido por computadora (CAD), que pueden luego imprimirse en 3D, proporcionando a los cirujanos una referencia exacta durante el procedimiento (Blue Sky Bio, 2020).

La precisión en la planificación quirúrgica con *CBCT* y *Blue Sky* es clave para minimizar errores en la colocación de implantes, lo que disminuye las complicaciones postoperatorias y mejora la estabilidad a largo plazo del implante. Al utilizar guías quirúrgicas impresas en 3D, se asegura que el procedimiento se realice de acuerdo con el plan digitalizado, lo que incrementa la seguridad y la eficiencia de la intervención. En conjunto, estas herramientas digitales no solo reducen el tiempo quirúrgico, sino que también ofrecen una mayor previsibilidad en los resultados clínicos y una experiencia mejorada para el paciente (Elmadany et al., 2020; Blue Sky Bio, 2020).

## 2.2 Marco referencial

Er:YSGG (2780 nm) o Láser de Erbio, es altamente efectivo en procedimientos dentales debido a sus propiedades únicas (Schwarz et al., 2002):

El láser de Erbio, Er:YSGG (2780 nm) es altamente efectivo en procedimientos dentales debido a sus propiedades únicas (Schwarz et al., 2002):

*Precisión y control:* permite una remoción precisa del tejido duro y blando con mínimo daño a los tejidos circundantes.

*Efectividad en la eliminación de bacterias:* tiene propiedades bactericidas, lo que es crucial en la eliminación de infecciones persistentes en la zona periapical.

*Reducción del sangrado y dolor:* la coagulación instantánea de los vasos sanguíneos durante el procedimiento reduce el sangrado, lo que mejora la visibilidad y el control quirúrgico.

*Cicatrización rápida:* los tejidos tratados con este láser tienden a cicatrizar más rápidamente, mejorando la recuperación del paciente.

*Minimización del trauma térmico:* este láser emite una longitud de onda que es absorbida eficientemente por el agua y la hidroxiapatita, lo que permite un corte eficaz con un mínimo impacto térmico en el tejido circundante.

El uso del láser de 2780 nm en este estudio se justifica por estas ventajas, que se alinean con los objetivos de reducir complicaciones postoperatorias y mejorar los resultados clínicos.

En un estudio de serie de casos reportó que la microcirugía endodóntica dirigida o guiada, puede ayudar a resolver casos complejos por la anatomía, estructuras adyacentes, o la misma complejidad de la lesión, ya que la guía quirúrgica le otorga una seguridad al operador al momento de realizar el abordaje quirúrgico. Los casos reportados demuestran las bondades de

integrar la cirugía guiada en lesiones apicales tanto por los beneficios antes, durante y posterior a la cirugía (Giacomino et al., 2018).

En cuanto al láser Erbio, ha llegado como excelente complemento a la cirugía guiada en odontología, al proporcionar una tecnología precisa y mínimamente invasiva para la manipulación de tejidos duros y blandos, aunadas a los beneficios como la alta precisión que otorga la técnica de cirugía guiada, esto permite realizar cortes exactos y reducir el daño a los tejidos adyacentes, mejorando la cicatrización postoperatoria y disminuyendo las molestias del paciente (Schwarz et al., 2002).

Lo siguiente, son los datos técnicos del Láser de Erbio, Er:YSGG (2780 nm) y sus parámetros de uso:

Presenta una longitud de onda de 2780 nm es una herramienta versátil y precisa en procedimientos dentales.

A continuación, se especifican los datos técnicos y parámetros de uso típicos en cirugía perirradicular (Walsh, 2016):

- Longitud de onda: 2780 nm.
- Tipo de emisión: Pulsada.
- Energía por pulso: Generalmente entre 0.25 y 5.0 Joules, dependiendo del tipo de tejido y la profundidad del corte.
- Frecuencia de repetición: Variable, comúnmente entre 10 y 50 Hz.
- Duración del pulso: Cortos, usualmente entre 50 a 200 microsegundos.
- Potencia promedio: Varía según el procedimiento, generalmente entre 2 y 15 W.
- Modo de operación: Se puede utilizar en modo continuo o pulsado.

*Parámetros de uso en cirugía perirradicular:**Modo de contacto:*

- Sin contacto para tejidos blandos, permitiendo una ablación precisa con mínima invasión.
- En contacto para tejidos duros, como el hueso, permitiendo un control directo sobre la remoción del material.

*Frecuencia y potencia:*

- Tejidos blandos: frecuencia de 20-25 Hz con una potencia de 2-4 W.
- Tejidos duros: frecuencia de 10-20 Hz con una potencia de 4-6 W.

*Tipo de pulso:*

- Pulso intermitente: utilizado para controlar la temperatura y minimizar el daño térmico a los tejidos circundantes.
- Pulso continuo: menos común, usado en situaciones específicas donde se requiere una acción constante, generalmente con baja potencia.

*Tiempo de exposición:*

- Tejidos blandos: exposición corta, normalmente de 3 a 5 segundos por área.
- Tejidos duros: puede requerir un tiempo mayor, dependiendo de la densidad del hueso y la extensión del área a tratar.

*Uso de agua y aire:*

- Este láser se suele usar con un flujo de agua y aire para enfriar el tejido y eliminar residuos, lo que también ayuda a prevenir el sobrecalentamiento y reduce la inflamación postoperatoria.

En cirugía guiada, el uso del láser de erbio permite que los procedimientos sean más predecibles y seguros, especialmente en implantes dentales y osteotomías. Las guías quirúrgicas

diseñadas a partir de tomografías computarizadas ayudan a los odontólogos a planificar el trayecto del láser con exactitud (Takeda et al., 2003). Esto asegura que el hueso y los tejidos sean tratados de manera precisa, disminuyendo el riesgo de errores humanos y mejorando los resultados a largo plazo.

De otro lado, son pocos los estudios que dan cuenta del uso del láser:Er en cirugía apical, particularmente en una reciente revisión de la literatura, tan solo hallaron 14 estudios en los que se utilizó *Er:YAG* de 2,940nm, pero se utilizaron con distintos parámetros y objetivos quirúrgicos, como por ejemplo para levantamiento del colgajo, remodelado óseo, resección apical, entre otros. Los resultados en general fueron favorables en cuanto a las variables clínicas (Salihu et al., 2024).

En un estudio reciente realizado por La Rotta y colaboradores, reportaron con éxito un caso en el que se integraron tanto la cirugía apical guiada, con el láser Er:YAG, en el que entre otros, demostraron las ventajas de utilizar esta técnica tanto en la cicatrización como durante el proceso quirúrgico, lo que lo hace una técnica más fácil y predecible (La Rotta et al., 2023).

Finalmente, los procedimientos quirúrgico-endodónticos han ido progresando hacia la microcirugía, al emplear dispositivos, herramientas y materiales de vanguardia que fusionan los principios biológicos con la práctica clínica. Es esencial que todos los endodoncistas aprendan y enseñen continuamente sobre la microcirugía, para que sean capaces de manejar casos de endodoncia no quirúrgicas y quirúrgicas con la misma sencillez y destreza. Con un elevado porcentaje de éxito en el tratamiento de endodoncia tradicional y un gran éxito en la endodoncia quirúrgica, prácticamente todos los dientes con lesiones endodónticas pueden ser tratados exitosamente. El reto para el futuro radicará en la gestión eficaz y anticipada de las lesiones periapicales.

Para ambos tipos de seriación será de 1,27 cm para el bloque textual, como se ejemplifica en los listados anteriores a este párrafo.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Observar el proceso de cicatrización en una cirugía perirradicular guiada usando laser erbio en la incisión, osteotomía y apicectomía.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Observar y describir el proceso de cicatrización de los tejidos blandos clínicamente en T0 (prequirúrgica) T1 (24 horas), T2 (6 meses) y T3 (10 meses).

Cuantificar mediante la escala Hounsfield los cambios en la densidad ósea en la zona quirúrgica según los tiempos predeterminados T0 (prequirúrgica) T1 (24 horas), T2 (6 meses) y T3 (10 meses) mediante *CBCT*.

### **4. Método**

#### **4.1 Tipo de estudio**

Reporte de caso

## **4.2 Selección y descripción de los participantes**

Se tendrá en cuenta un paciente de la clínica del postgrado de endodoncia de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga sede Bogotá que cumpla con los criterios de inclusión.

### **4.2.1 Población**

Pacientes asistentes a la clínica de especialistas FOC

### **4.2.2 Muestra y tipo de muestreo**

Se realizará un muestreo no probabilístico por conveniencia en el que se tendrá en cuenta un paciente que cumpla con los criterios de inclusión que ingrese a la clínica odontológica de postgrado de endodoncia de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga sede Bogotá durante el periodo de 2024-2.

### **4.2.3 Criterios de selección**

#### *Criterios de inclusión*

Se aceptó para el estudio el paciente que:

Estaba registrado debidamente en la base de datos de la clínica de endodoncia de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga sede Bogotá.

Adulto menor de 50 años que haya leído y aceptado participar voluntariamente en el estudio.

Sistémicamente sano.

Diagnosticado con periodontitis apical.

Lesión periapical <5mm y con la cortical vestibular intacta.

Cirugía perirradicular indicada.

#### *Criterios de exclusión*

Diente para intervenir con enfermedad periodontal.

Restauraciones desadaptadas.

Tercio radicular con fractura.

Retenedor intrarradicular extendido hasta el tercio apical.

### 4.3 Variables

**Tabla 1.** Operacionalización de variables

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operativa</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Escala de medición</i>	<i>Valores que asume</i>
<i>Edad</i>	Tiempo en años desde el nacimiento	Años cumplidos del paciente a tratar	Cuantitativa	Razón	Número proporcionado por el participante
<i>Tiempo de cicatrización</i>	Período que transcurre desde que ocurre una lesión en la piel o tejido hasta la reparación	Intervalo medido en días desde el momento en que se produce una lesión	Cuantitativa	Razón	De 4 a 12 semanas
<i>Densidad ósea (Hounsfield)</i>	Cantidad de masa ósea en un volumen específico de tejido óseo	La densidad ósea relativa medida usando CBCT (valores Hounsfield)	Cuantitativa	Razón	De -1000 (menos denso) a +300 (más denso)
<i>Cicatrización de tejido blando</i>	Proceso biológico mediante el cual el cuerpo repara lesiones en tejidos	Evaluación de la calidad de la cicatriz, el área de la incisión o el tiempo de cierre, según escalas visuales	Cuantitativa / Cualitativa*	Razón / Nominal*	Área de la lesión (cm <sup>2</sup> ), calidad de cicatriz: buena, regular, mala

Nota. \* Cicatrización de tejido blando podría considerarse dual (cualitativa y cuantitativa), dependiendo de cómo se evalúe. Si usas escalas visuales numéricas o mediciones (área en cm<sup>2</sup>), sería cuantitativa. Si se categoriza ("buena, regular, mala"), será cualitativa con escala nominal u ordinal.

#### 4.4 Instrumento

**Tabla 2.** *Tipo de instrumento*

Periodo de tiempo	Zona distal		Zona media		Zona mesial	
	Vestibular	Lingual	Vestibular	Lingual	Vestibular	Lingual
T0						
T1						
T2						
T3						

Para la recolección de la información se utilizó un formato de variables que luego se recopilaron en una hoja de cálculo Excel.

#### 4.5 Procedimiento

Se realizó la valoración clínica en la Federación Odontológica Colombiana a una paciente de 23 años, diagnosticada con Periodontitis Apical Asintomática en el canino superior izquierdo, quien requería una cirugía perirradicular debido a una perforación en el tercio apical. La paciente cumplía con los criterios de inclusión establecidos para el estudio. Se le brindó una explicación detallada del procedimiento quirúrgico, así como de los posibles riesgos y beneficios asociados. Tras la aprobación del Comité de Investigación de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga, se planificó la intervención quirúrgica.

En el tiempo cero (T0), se tomaron medidas clínicas y se ordenó una tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), tomando en cuenta variables clínicas e imagenológicas. Se diseñó la guía quirúrgica personalizada mediante el software Blue Sky Plan que permite importar archivos en formato DICOM de las exploraciones del CBCT y archivos STL de escáneres intraorales, creando un modelo 3D integral de la estructura oral del paciente, la guía fue esterilizada y probada en el paciente para verificar su adecuada adaptación.

El procedimiento quirúrgico se realizó en la clínica Dr. A, donde se encuentra habilitado el servicio de Láser de Erblio. Se cumplieron todos los parámetros de bioseguridad y se obtuvo la firma de los consentimientos informados correspondientes. El procedimiento tuvo una duración aproximada de dos horas.

Se inició la intervención con un láser de Erblio Er,Cr:YSGG (Biolase), utilizando diferentes fibras según la fase quirúrgica. Para la incisión, se empleó una fibra MC3 (2780 nm, 2.5 W, 20 Hz, 20% water, 40% air, modo H) y se realizó un levantamiento de colgajo triangular submarginal. En la osteotomía, se utilizó una guía quirúrgica personalizada y el láser con una fibra MC3 (2780 nm, 4.5 W, 25 Hz, 20% *Water*, 40% *air*, modo H), creando una ventana quirúrgica con apoyo de dicha guía.

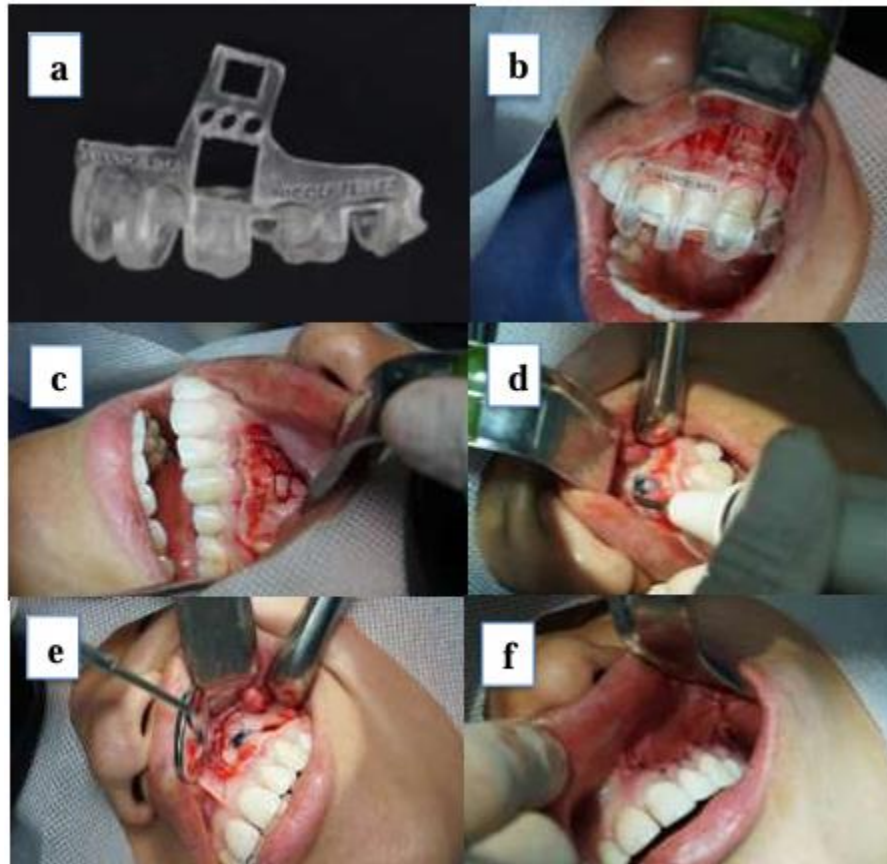
Posteriormente, se efectuó la apicectomía con una fibra MC3 (2780 nm, 8.5 W, 25 Hz, 70% water, 90% air, modo H). En todas las fases, se mantuvieron los porcentajes de irrigación recomendados por el fabricante. El tejido granulomatoso fue retirado con curetas de Lucas y se realizó la preparación apical mediante ultrasonido DTE 5 LED con punta ED11. Luego, se efectuó la inspección con azul de metileno y se llevó a cabo la retroobturbación con cemento biocerámico NeoPutty.

El fragmento óseo obtenido durante la osteotomía se reubicó y fue cubierto con una membrana de colágeno reabsorbible de pericardio de 15 × 15 mm (Bionnovation).

Al finalizar el procedimiento, se realizaron suturas con vicryl 4-0 y se verificó el resultado mediante una radiografía periapical. El procedimiento no se llevó a cabo con microscopio debido a las limitaciones impuestas por las gafas de protección del láser. Se prescribió tratamiento farmacológico con analgésicos y antibióticos, además de proporcionar las indicaciones postoperatorias. En la Figura 1 se observan las fotografías tomadas al paciente.

A las 24 horas (T1), se ordenó una Tomografía CBCT, se programó control a los 8 días para retiro de suturas. Posteriormente, se planificó una nueva evaluación clínica e imagenológica para los 6 meses (T2, año 2025) y la última a 10 meses posterior a intervención quirúrgica (T3, 2025), con el fin de valorar el proceso de cicatrización mediante CBCT utilizando la herramienta que establece una escala de grises cuantificable en unidades Hounsfield. Los datos recolectados se colocan en una hoja de cálculo de Excel y se aplicó un cegamiento durante la medición para reducir sesgos. Todos los procedimientos fueron realizados por un único investigador experto, con el objetivo de controlar el error de operador.

**Figura 1.** *Fotografías del procedimiento quirúrgico*



*Figura 1.* Fotografías del procedimiento quirúrgico. (a) Guía quirúrgica impresa 3D con ventana. (b) Adaptación de guía quirúrgica. (c) Osteotomía con ventana ósea. (d) Preparación apical ultrasónica. (e) Inspección con azul de metileno. (f) Sutura.

Una vez ejecutada la intervención, se realizó la sutura y se prescribió farmacológicamente el paciente con analgésicos y antibióticos. A las 24 horas (T1) se le ordenó una nueva *CBCT* y se dieron indicaciones postquirúrgicas y una nueva cita a los 8 días para control y retiro de suturas.

Se realizó un nuevo control a los 6 meses (T2) postquirúrgicos para realizar de nuevo la evaluación clínica y ordenar una *CBCT* y medir las variables imagenológicas nuevamente. Por último, se hizo un control a los 10 meses (T3) donde se evaluó por medio de *CBCT* la cicatrización.

Una vez recolectados todos los datos, se tabularon en una hoja de cálculo Excel. Para mayor evidencia científica, se realizó un cegamiento en la medición. Para controlar el error de operador, todos los procedimientos los realizó un solo investigador experto.

## 5. Resultados

- *Aspectos clínicos*

En la evaluación clínica, durante el periodo prequirúrgico (T0), los tejidos blandos presentaban una mucosa de aspecto sano, sin alteraciones visibles. Se observó una coloración rosada uniforme, sin signos de inflamación.

En el periodo postquirúrgico T1 los tejidos blandos presentaban márgenes de incisión confrontadas, inflamación moderada, color de tejido rosado, ausencia de sangrado y supuración, presencia de tejido de granulación y dolor. En T2 se evidencia cicatriz visible en encía adherida,

color de tejido rosado, sin signos de inflamación, sangrado y supuración. En T3 se evidencia cicatriz poco visible en la zona intervenida con color del tejido rosado, sin signos de inflamación, sangrado y supuración. (YafitHamzani, GavrielChaushu, 2018).

**Figura 2.** Resultados de cicatrización de tejidos blandos



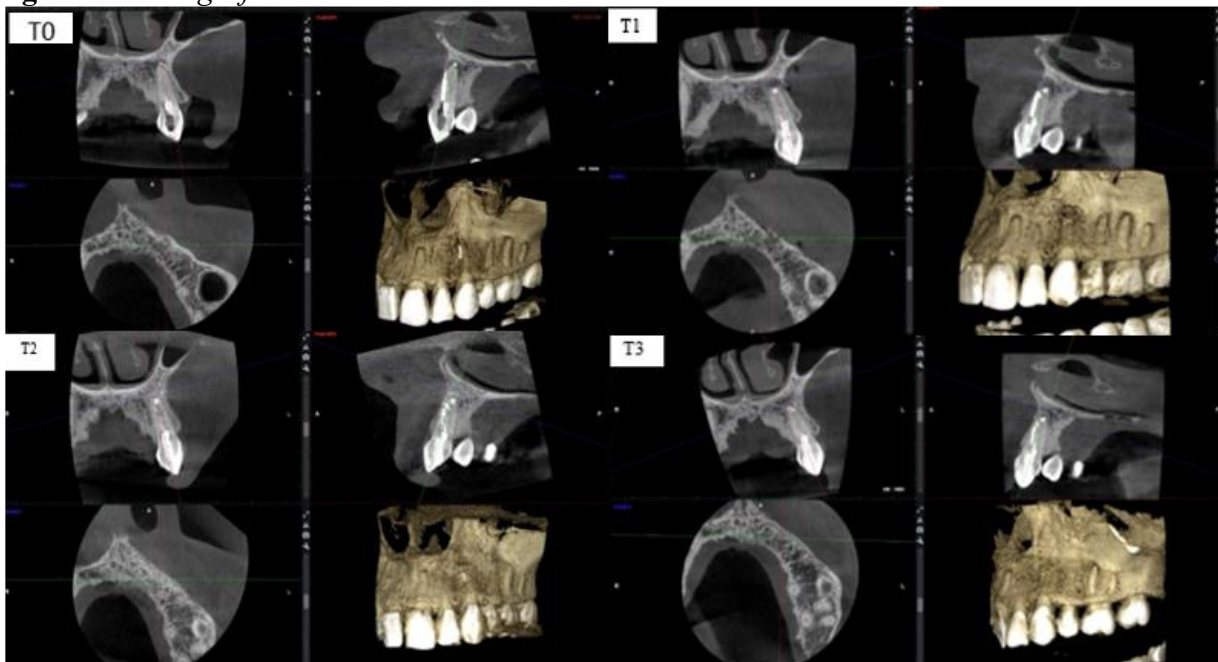
*Figura 2.* Evaluación clínica. T1 - 24 horas: Márgenes confrontados, inflamación moderada intraoral, tejido rosado, sin sangrado ni supuración, presencia tejido granulación. T2 - 6 meses Cicatriz visible en encía adherida, tejido rosado, sin inflamación, ni signos de infección. T3 - 10 meses Cicatriz visible en encía adherida, tejido rosado, sin signos inflamación, ni signos de infección

- *Aspectos tomográficos*

La densidad ósea en T0 en el plano coronal, los valores fueron de 94. HU en la región vestibular, 642 HU en la región media y 430 HU en la región palatina. En el plano sagital, las lecturas correspondieron a 484 HU en la región vestibular, 864 HU en la media y 417 HU en la palatina. En el plano axial, los valores fueron de 766 HU en la región vestibular, 614 HU en la media y 594 HU en la palatina. Se evidenció la presencia de una lesión hipodensa en la región apical del canino superior izquierdo, bien delimitada y compatible con periodontitis apical. No se observaron signos de compromiso en la cortical vestibular ni compromiso de estructuras anatómicas adyacentes.

En el análisis de las densidades en unidades Hounsfield (HU) a las 24 horas postoperatorias (T1), se observaron valores iniciales variables según la región (coronal, sagital, axial) y el plano de corte (vestibular, medio y palatino). Mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), se evidenció una zona hipodensa compatible con el defecto óseo quirúrgico. En el plano coronal, los valores fueron de 184 HU en la región vestibular, 181 HU en la región media y 509 HU en la región palatina. En el plano sagital, las lecturas correspondieron a 798 HU en la región vestibular, 51 HU en la media y 240 HU en la palatina. En el plano axial, los valores fueron de 251 HU en la región vestibular, 209 HU en la media y 70 HU en la palatina, (Ver Tabla 1) reflejando la disminución significativa de la densidad ósea en esta fase inicial de reparación.

**Figura 3. Tomografías**



*Figura 3.* Evaluación Tomográfica (Unidades Hounfield). T0: Zona hipodensa en el periapice del diente 23 compatible con lesión apical. T1: Zona hipodensa compatible con el

defecto óseo quirúrgico. T2: Cicatrización ósea y la evolución favorable del proceso reparativo. T3: consolidación ósea con densidades mucho más elevadas y homogénea.

A los seis meses (T2), (Figura 2) los tejidos blandos mostraron adecuada cicatrización, sin signos de inflamación ni dolor. La CBCT evidenció un incremento progresivo de la densidad ósea en todas las regiones, con valores en coronal: 266 HU vestibular, 187 HU medio y 998 HU palatino. En el plano sagital: 1026 HU vestibular, 792 HU medio y 255 HU palatino y en el axial: 740 HU vestibular, 832 HU medio y 191 HU palatino. (Ver Tabla 1)

Estos hallazgos reflejan la neoformación ósea y la evolución favorable del proceso reparativo en comparación con T1, aunque aún con heterogeneidad según la región evaluada.

A los 10 meses postoperatorio (T3), (Figura 2), se evidenció consolidación ósea con densidades mucho más elevadas y homogéneas, lo que confirma la maduración del tejido reparado. Los valores registrados fueron en el plano coronal: 1503 HU vestibular, 1553 HU medio y 1253 HU palatino. En sagital: 1619 HU vestibular, 1433 HU medio y 1218 HU palatino y en Axial: 1360 HU vestibular, 1328 HU medio y 749 HU palatino. (ver Tabla 1)

**Tabla 3.** *Lecturas de los planos (coronal, sagital, axial) en T1, T2 y T3*

<i>Plano</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Vestibular</i>	<i>Medio</i>	<i>Palatino</i>
Coronal	T0	942	642	430
	T1	184	181	509
	T2	266	187	998
	T3	1503	1553	1253
Sagital	T0	484	864	417
	T1	798	51	240
	T2	1026	792	255
	T3	1619	1433	1218
Axial	T0	766	614	594
	T1	251	209	70
	T2	740	832	191
	T3	1360	1328	749

En conjunto, la Tabla ilustra de manera clara (T1, T2 y T3) la evolución de la densidad ósea, mostrando un patrón de incremento progresivo y uniforme, con mayor homogeneidad a medida que avanza el proceso de cicatrización y remodelación ósea.

## 6. Discusión

El presente reporte describe la evolución postquirúrgica de un caso tratado mediante cirugía perirradicular guiada con Láser Er,Cr:YSGG, evidenciando resultados clínicos y radiográficos favorables a los seis meses. La adecuada cicatrización de los tejidos blandos y el aumento progresivo de la densidad ósea, documentado mediante CBCT, coinciden con hallazgos reportados en la literatura que destacan la capacidad del Láser Er,Cr:YSGG para promover una ablación precisa del tejido óseo, minimizar el trauma quirúrgico y favorecer la regeneración ósea (McGeough, 2012).

El Láser Er,Cr:YSGG ha demostrado ser altamente eficiente en el corte óseo, con tasas de ablación por pulso superiores a otros sistemas y mínima carbonización en los márgenes óseos adyacentes, siempre que se aplique enfriamiento con agua adecuado (McGeough, 2012). Estudios previos han evaluado los efectos térmicos y estructurales del hueso tras irradiación con Er,Cr:YSGG, mostrando que la integridad de la matriz ósea se mantiene y favorece la regeneración; además, la irradiación con Láser Er,Cr:YSGG de células similares a osteoblastos favorece la activación de factores del metabolismo óseo (Tsuka et al., 2023).

Los valores de densidad observados en este caso (51-1619 HU) reflejan una tendencia al aumento progresivo de la mineralización, lo cual se ha asociado con consolidación más rápida del tejido óseo y menor incidencia de complicaciones postquirúrgicas. La ausencia de signos inflamatorios, dolor o edema (sin evidencias de daños) respalda el efecto biológico favorable del

Láser, contribuyendo a una cicatrización más predecible y controlada (Cetin et al., 2022). Igualmente, para Roghanizad et al. (2015), es posible una ablación de tejido duro mucho más efectiva con menores efectos secundarios térmicos utilizando un Láser Er,Cr:YSGG.

De manera complementaria, los cambios en la densidad ósea también pueden variar según el método de osteotomía y el instrumento empleado durante el procedimiento quirúrgico. Cappelletti, et al., (2020) demostraron que la técnica de corte modifica la morfología, la rugosidad superficial y el grado de mineralización del hueso, condicionando la velocidad y calidad del proceso de cicatrización. Por su parte, Delgado-Ruiz et al., (2018) observaron que los dispositivos piezoeléctricos generan superficies óseas más regulares, con menor necrosis térmica y mejor preservación de osteocitos viables, lo que favorece una regeneración ósea más ordenada en comparación con los sistemas rotatorios convencionales. De manera similar, Preti et al. (2007) reportaron que las osteotomías realizadas con instrumentos piezoeléctricos presentan una evolución histológica más favorable y una organización celular más definida en el tejido de reparación. Asimismo, Kara, et al., (2021) describieron que el daño térmico y mecánico causado por fresas puede alterar la consolidación ósea y retrasar la formación de tejido óseo, afectando la densidad mineral del hueso recién formado. En conjunto, estos hallazgos sugieren que tanto la elección del instrumento como la técnica quirúrgica influyen directamente en la respuesta biológica del hueso y, por ende, en la densidad observada durante las fases iniciales de reparación.

Al comparar el uso del Láser Er, Cr:YSGG con el bisturí convencional y el electrobisturí en cirugías para la extracción de terceros molares parcialmente erupcionados, se observaron menores niveles de dolor, edema, trismus y ansiedad postoperatoria en los procedimientos realizados con Láser Kucukkeles y Gursoy (2015). Estos hallazgos evidencian que el empleo de Láseres Erblio, tanto Er:YAG como Er,Cr:YSGG, ofrece ventajas clínicas relevantes frente a los

instrumentos quirúrgicos convencionales, al reducir el trauma mecánico y térmico en los tejidos blandos y duros. Los autores concluyen que el uso de Láser Er, Cr:YSGG constituye una alternativa viable al bisturí y a las fresas quirúrgicas, especialmente en casos de dificultad moderada, lo cual coincide con los resultados observados en el presente caso clínico.

La cirugía perirradicular guiada ha emergido como una técnica innovadora que optimiza la precisión y seguridad en procedimientos quirúrgicos endodónticos. La utilización de guías quirúrgicas permite una planificación prequirúrgica detallada y una ejecución más controlada, reduciendo el riesgo de daño a estructuras anatómicas adyacentes y mejorando los resultados postquirúrgicos. En combinación con el Láser Er, Cr:YSGG, esta técnica ofrece una ablación precisa y eficiente del tejido óseo, facilitando el acceso al área perirradicular y promoviendo una regeneración ósea más efectiva (Celeita, 2024).

La integración de la cirugía perirradicular guiada con Láser Er, Cr:YSGG representa un avance significativo en la cirugía endodóntica, proporcionando una alternativa menos invasiva y más predecible para el tratamiento de lesiones periapicales. La evidencia disponible respalda su eficacia en términos de precisión quirúrgica, control de la infección y mejora en la cicatrización ósea, posicionándola como una opción valiosa en la práctica clínica actual. Una limitación de este estudio.

## **6.1 Conclusiones**

La combinación de cirugía perirradicular guiada con el Láser Er,Cr:YSGG permite una intervención precisa y mínimamente invasiva, preservando la integridad de los tejidos blandos y duros. Lo cual permitió describir el proceso de cicatrización de los tejidos blandos clínicamente.

Además, los hallazgos evidenciaron los cambios en la densidad ósea en la zona quirúrgica según los tiempos predeterminados.

La planificación guiada mejora la seguridad y la precisión quirúrgica, reduciendo riesgos asociados a técnicas convencionales. Este enfoque representa una alternativa eficaz y predecible para el tratamiento de lesiones periapicales crónicas, apoyando la adopción de técnicas endodónticas mínimamente invasivas en la práctica clínica. Los valores de densidad ósea observados en CBCT respaldan la capacidad del Láser Er, CR: YSGG para estimular la regeneración ósea y acelerar el proceso de cicatrización ósea.

## **6.2 Recomendaciones**

Optimizar la selección de casos: considerar la cirugía perirradicular guiada con Láser Er, CR: YSGG en pacientes con lesiones periapicales complejas o de difícil acceso, priorizando la conservación del tejido óseo y la reducción del trauma quirúrgico. Estandarizar protocolos clínicos: establecer guías claras sobre parámetros de energía, frecuencia y refrigeración en el uso del Láser Er, CR: YSGG para garantizar seguridad y reproducibilidad de los resultados. Monitoreo radiográfico: utilizar CBCT como herramienta de control postquirúrgico para evaluar la evolución de la densidad ósea y la cicatrización a mediano y largo plazo. Capacitación profesional: fomentar la formación continua de los endodoncistas y cirujanos en el uso del Láser Er, CR: YSGG, con el fin de asegurar una aplicación clínica adecuada y segura.

### Referencias

- Angiero, F., Benedicenti, S., Signore, A., Parker, S., y Crippa, R. (2011). Apicoectomies with the erbium laser: A complementary technique for retrograde endodontic treatment. *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(12), 845–849. <https://doi.org/10.1089/pho.2011.3046>
- Aoki, A., Mizutani, K., Taniguchi, Y., Lin, T., Ohsugi, Y., Mikami, R. Iwata, T. (2024). Current status of Er:YAG laser in periodontal surgery. *Japanese Dental Science Review*, 60, 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2023.11.002>
- Bader, C., & Krejci, I. (2006). Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. *Clinical Oral Investigations*, 10(4), 293–298. <https://doi.org/10.1007/s00784-006-0064-4>
- Blue Sky Plan® 2020-12. [https://blueskybio.com/caffeine/uploads/files/documents/BS-LS-0161-es%20-%20Blue%20Sky%20Bio%20Plan%20User%20Manual%20-%20Attachment%20Rev%202.pdf?srsItd=AfmBOoqoptlmIUBCj3B6yVKk4s2-i9BTLkeDvfvDHLjhhtH\\_06D5iyaD](https://blueskybio.com/caffeine/uploads/files/documents/BS-LS-0161-es%20-%20Blue%20Sky%20Bio%20Plan%20User%20Manual%20-%20Attachment%20Rev%202.pdf?srsItd=AfmBOoqoptlmIUBCj3B6yVKk4s2-i9BTLkeDvfvDHLjhhtH_06D5iyaD)
- Cappelletti, M., Catapano, S., Montanari, R., & Donati, M. (2020). Comparative study of bone healing following saw vs bur cuts: An experimental analysis of bone morphology and mineralization. *Journal of Craniofacial Surgery*, 31(4), 987–993. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000006395>
- Celeita, J, Hernández la Rotta J, Chirinos Salazar A, Fandiño Rodríguez J, López Rincón L, Orduz Solorzano M, Parra Galvis D, Jiménez Peña O. (2024). Guided periradicular surgery with Er,Cr:YSGG laser osteotomy: A case report. *Journal of Endodontic*

- Microsurgery*, 3,100016. Recuperado de <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Cetin, C; Drusová, S; Hamidi, A.; Rauter, G.; Cattin, P. et al., (2022). Bone ablation using a Ho: YAG laser. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 8(2): 580-583. <https://doi.org/10.1515/cdbme-2022-1148>
- Chong, B. S., & Pitt Ford, T. R. (2019). Root-end filling materials: Rationale and outcome - A review. *Endodontic Topics*, 23(1), 16-34. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30992318/>
- Connert, T., Krug, R., Eggmann, F., Emsermann, I., ElAyouti, A., Weiger, R., Kühn, S., y Krastl, G. (2019). Guided Endodontics versus Conventional Access Cavity Preparation: A Comparative Study on Substance Loss Using 3-dimensional–printed Teeth. *Journal of Endodontics*, 45(3). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.11.006>
- de Oliveira, R. C. G., Silveira, L. C., Martins, M. D., & Martins, M. A. T. (2016). Influence of Er: YAG laser irradiation on bone healing following bone defect creation. *Lasers in Medical Science*, 31(4), 735–741. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1903-0>
- Delgado-Ruiz, R. A., & Romanos, G. E. (2018). Experimental comparison of the performance of cutting devices used in bone surgery: Piezoelectric vs. rotary instrumentation. *Clinical Oral Investigations*, 22(3), 1185–1195. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2174-9>
- Elmadany, M. A., Amer, M. E., Tolba, E. M., & Agamy, M. (2020). Implant surgical guide accuracy: CBCT cast scan. *MJMR*, 31(4), 282–286.
- Fan, X., Su, Y., Yuan, K., Zhang, L., & Wu, Y. (2019). Accuracy of a computer-aided surgical guide in endodontic surgery: A human cadaver study. *Journal of Endodontics*, 45(8), 932–936. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.04.015>

- Fan, Y., Glickman, G., Umorin, M., Nair, M., & Jalali, P. (2019). A Novel Prefabricated Grid for Guided Endodontic Microsurgery. *Journal of endodontics*, 45(5). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.01.015>
- Fiegler-Rudol, J., Geçbura, K., & Dominiak, M. (2025). Antibacterial and bactericidal effects of the Er:YAG laser on oral bacteria: A systematic review. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(6), 209. <https://doi.org/10.3390/jfb16060209>
- Gabrić, D., Aumiler, D., Vuletić, M., Gjorgievska, E., Blašković, M., Mladenov, M., & Pavlič, V. (2021). Thermal Evaluation by Infrared Thermography Measurement of Osteotomies Performed with Er:YAG Laser, Piezosurgery and Surgical Drill—An Animal Study. *Materials*, 14(11), 3051. <https://doi.org/10.3390/ma14113051>
- Giacomino, C., Ray, J., & Wealleans, J. (2018). Targeted Endodontic Microsurgery: A Novel Approach to Anatomically Challenging Scenarios Using 3-dimensional-printed Guides and Trepine Burs-A Report of 3 Cases. *Journal of endodontics*, 44(4). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.12.019>
- Guidotti, R., Merigo, E., Fornaini, C., Rocca, J., Medioni, E., & Vescovi, P. (2014). Er:YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers in medical science*, 29(1). <https://doi.org/10.1007/s10103-012-1217-x>
- Hamzani, Y., & Chaushu, G. (2018). Evaluation of early wound healing scales/indexes in oral surgery: A literature review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 20(1), 1–6. <https://doi.org/10.1111/cid.12680>
- Ivanenko, M., Werner, M., Afilal, I., et al (2005). Ablation of hard bone tissue with pulsed CO<sub>2</sub> lasers. *Medical Laser Application*, 20(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.mla.2005.02.007>

- Jurič, I., & Anić, I. (2014). The Use of Lasers in Disinfection and Cleanliness of Root Canals: a Review. *Acta stomatologica Croatica*, 48(1). <https://doi.org/10.15644/asc48/1/1>
- Kang, T. (2008). Clinical applications of lasers in periodontics. Erbium Laser and their effects on bacteria. *Australasian Dental practice*, 9, 130-136.
- Kara, M. I., Altan, A. B., & Orhan, K. (2021). Bone healing evaluation following different osteotomic methods: Thermal and mechanical influences on mineralization and consolidation. *Materials (MDPI)*, 14(2), 312–324. <https://doi.org/10.3390/ma14020312>
- Kim, S., & Kratchman, S. (2006). Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *Journal of Endodontics*, 32(7), 601–623. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.12.010>
- Kim, U., Kim, S., y Kim, E. (2020). The application of “bone window technique” using piezoelectric saws and a CAD/CAM-guided surgical stent in endodontic microsurgery on a mandibular molar case. *Restorative Dentistry y Endodontics*, 45(3). <https://doi.org/10.5395/RDE.2020.45.E27>
- Kimura, Y., Wilder-Smith, P., & Matsumoto, K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *International endodontic journal*, 33(3). <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00280.x>
- Kiscsatári, R., Nagy, E., Szabó, M., Braunitzer, G., Piffkó, J., Fráter, M., & Antal, M. Á. (2023). Comparison of the Three-Dimensional Accuracy of Guided Apicoectomy Performed with a Drill or a Trephine: An In Vitro Study. *Applied Sciences*, 13(17).
- Kucukkeles, E., & GURSOY, B. (2015). Comparing the impact of using erbium yttrium aluminum garnett laser or conventional scalpels and burs for the surgical removal of partially erupted mandibular third molars on pain, swelling, trismus, and anxiety. *Journal of Dental Lasers*, 9(1), 38–43. <https://doi.org/10.4103/0976-2868.157598>

- Kumar, G., Rehman, F., & Chaturvedy, V. (2017). Soft Tissue Applications of Er,Cr:YSGG Laser in Pediatric Dentistry. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 10(2). <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1432>
- Kusakci Seker, B., & Ozcelik, O. (2014). Treatment of Gingival Melanin Hyperpigmentation with Laser: Short-Term Follow-Up of Patient. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 16(1), 34-37.
- La Rota J. (2023). Cirugía perirradicular guiada con láser Erbium Er CR: YSGG. *CraiUsta*. <http://hdl.handle.net/11634/53155>
- Lio, F., Mampieri, G., Mazzetti, V., Leggeri, A., & Arcuri, L. (2021). Guided endodontic microsurgery in apicoectomy: a review. *Journal of biological regulators and homeostatic agents*, 35(3). <https://doi.org/10.23812/21-3suppl-7>
- Lio, F., Rizzo, M., De Leonardis, F., & D'Amico, C. (2021). 3D computer-guided approach to endodontic microsurgery: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 54(12), 2148–2161. <https://doi.org/10.1111/iej.13588>
- Lópes, R., Trevelin, L., da Cunha, S., de Oliveira, R., de Andrade Salgado, D., de Freitas, P., Aranha, A. (2015). Dental Adhesion to Erbium-Lased Tooth Structure: A Review of the Literature. *Photomedicine and laser surgery*, 33(8). <https://doi.org/10.1089/pho.2015.3892>
- Maggiore, E., Corsaro, C., Fazio, E., Mirza, I., Ripamonti, F., Tommasini, M., & Ossi, P. M. (2023). Laser-Treated Steel Surfaces Gliding on Snow at Different Temperatures. *Materials*, 16(8), 3100. <https://doi.org/10.3390/ma16083100>

- Martins, G. L., Puricelli, E., Baraldi, C. E., & Ponzoni, D. (2011). Bone healing after bur and Er:YAG laser ostectomies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 69(4), 1214–1220. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2010.02.029>
- McGeough, J. (2012). Ablation efficiency in the Er:YAG laser cutting of bone. *Journal of Nanoengineering and Nanosystems*, 223(N), 1–8. [https://www.researchgate.net/publication/225308147\\_Ablation\\_efficiency\\_in\\_the\\_ErYAG\\_laser\\_cutting\\_of\\_bone](https://www.researchgate.net/publication/225308147_Ablation_efficiency_in_the_ErYAG_laser_cutting_of_bone)
- Meire, M., Coenye, T., & De Moor, R. J. G. (2024). Principle and antimicrobial efficacy of laser-activated irrigation. *International Endodontic Journal*, 57(5), 635–648. <https://doi.org/10.1111/iej.14042>
- Mohammadi, Z., Shalavi, S., & Giardino, L. (2017). Laser applications in endodontics: An update review. *International Dental Journal*, 67(6), 352–365. <https://doi.org/10.1111/idj.12310>
- Mortman, R. (2011). Technologic advances in endodontics. *Dental clinics of North America*, 55(3). <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.006>
- Nagahashi, T., Arakawa, T., Uemura, R., & Suda, H. (2022). Er:YAG laser-induced cavitation can activate irrigation for removal of intraradicular biofilm. *Scientific Reports*, 12, 5038. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08963-x>
- Nagy, E., Braunitzer, G., Gryschka, D. G., Barrak, I., & Antal, M. A. (2022). Accuracy of digitally planned, guided apicoectomy with a conventional trephine and a custom-made endodontic trephine: An in vitro comparative study. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 123(4), 388-394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jormas.2021.09.014>

- Olivi, G., Caprioglio, C., Olivi, M., & Genovese, M. (2017). Paediatric laser dentistry. Part 2: Hard tissue laser applications. *European journal of paediatric dentistry*, 18(2). <https://doi.org/10.23804/ejpd.2017.18.02.14>
- Pandurić, D., Bago, I., Katanec, D., Zabkar, J., Miletić, I., & Anić, I. (2012). Comparison of Er:YAG laser and surgical drill for osteotomy in oral surgery: an experimental study. *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 70(11). <https://doi.org/10.1016/j.joms.2012.06.192>
- Patel, S., Durack, C., Abella, F., Shemesh, H., Roig, M., & Lemberg, K. (2015). Cone beam computed tomography in Endodontics - a review, *International endodontic journal*, 48(1), 3–15. <https://doi.org/10.1111/iej.12270>
- Pinsky, H., Champleboux, G., & Sarment, D. (2007). Periapical surgery using CAD/CAM guidance: preclinical results. *Journal of endodontics*, 33(2). <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.005>
- Preti, G., Martinasso, G., Peirone, B., Navone, R., Manzella, C., Muzio, G., & Canuto, R. A. (2007). Wound healing of osteotomy defects prepared with piezoelectric or conventional instruments: A pilot study in rats. *Journal of Periodontology*, 78(4), 716–722. <https://www.researchgate.net/publication/6418925>
- Protásio, A., Galvão, E., & Falci, S. (2019). Laser Techniques or Scalpel Incision for Labial Frenectomy: A Meta-analysis. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 18(4). <https://doi.org/10.1007/s12663-019-01196-y>
- Rashad, A., Sadr-Eshkevari, P., Heiland, M., Smeets, R., Prochnow, N., Hoffmann, E., y Maurer, P. (2015). Practitioner experience with sonic osteotomy compared to bur and ultrasonic

- saw: A pilot in vitro study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(2). <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2014.09.004>
- Rashmi, S., & Kr, S. (2022). Guided osteotomy: A conservative method for periapical surgery with the aid of cone-beam computed tomography and three-dimensional printing technology. *Tanta Dental Journal*, 19(3), 172. [https://doi.org/10.4103/TDJ.TDJ\\_8\\_22](https://doi.org/10.4103/TDJ.TDJ_8_22)
- Roghanizad, N., Fekrazad, R., Kalhori, K. A., Khalilak, Z., Esmaeili, M. A., & de Fatima Zanirato Lizarelli, R. (2015). A comparison of Er, Cr: YSGG laser with ultrasonic preparation on the seal of retrograde cavities. *Laser therapy*, 24(1), 33–37. <https://doi.org/10.5978/islsm.15-OR-04>
- Sachelarie, L., Cristea, R., Burlui, E., & Hurjui, L. L. (2024). Laser Technology in Dentistry: From Clinical Applications to Future Innovations. *Dentistry Journal*, 12(12), 420. <https://doi.org/10.3390/dj12120420>
- Salihu, B., Demiri, A. S., & Stavileci, M. (2024). Erbium lasers in apical surgery: a literature overview followed by reporting of clinical findings. *Lasers in Dental Science*, 8(1), 23. <https://doi.org/10.1007/s41547-024-00236-2>
- Santos, M. D., Herrera, M. S., & Lima, S. M. (2021). Apical surgery: A comprehensive review of techniques and materials. *Journal of Oral Science*, 63(1), 1-7. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33709221/>
- Schwarz, F., Arweiler, N., Georg, T., y Reich, E. (2002). Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine: A controlled, prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology*, 29(3), 1 – 5. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2002.290305.x>

- Setzer, F. C., Shah, S. B., Kohli, M. R., et al. (2021). Outcome of periapical surgery: A meta-analysis of literature. *Journal of Endodontics*, 47(4), 536-543. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33223478/>
- Setzer, F. C., & Kratchman, S. I. (2022). Endodontic Microsurgery: Advances and Challenges. *Dental Clinics of North America*, 66(1), 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2021.08.010>
- Sippus, J., Duda, M., & Šljaj, M. (2019). Deep disinfection and tubular smear layer removal with Er:YAG laser. *Clinical Oral Investigations*, 23(9), 3611–3620. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2740-1>
- Takeda, A., Anjo, T., Takashina, M., Ebihara, A., and Suda, H. (2003). Apicoectomy using Er:YAG laser – a clinical study. *International Congress Series*, 1248(1), 261-263. DOI: [10.1016/S0531-5131\(02\)01291-8](https://doi.org/10.1016/S0531-5131(02)01291-8)
- Tsisis, I., Rosenberg, E., Faivishevsky, V., et al. (2020). Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern microsurgical technique: A meta-analysis of the literature. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1000-1004. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32340963/>
- Tsuka, Y., Kunimatsu, R., Gunji, H., Sakata, S., Nakatani, A., Oshima, S., Rikitake, K., Aisyah, P. N., Kado, I., Ito, S., & Tanimoto, K. (2023). Effect of Er: YAG Laser Irradiation on Bone Metabolism-Related Factors Using Cultured Human Osteoblasts. *Journal of lasers in medical sciences*, 14, e9. <https://doi.org/10.34172/jlms.2023.09>
- Von Arx, T., Jensen, S. S., Janner, S. F. M., Hänni, S., & Bornstein, M. M. (2019). A 10-year Follow-up Study of 119 Teeth Treated with Apical Surgery and Root-end Filling with

Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of endodontics*, 45(4), 394-401.  
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.12.015>

Von Arx, T., & Jensen, S. S. (2020). Apical surgery: A review of current techniques and outcomes. *International Endodontic Journal*, 53(10), 1509-1526.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32628839/>

Walsh, L. J. (2016). The current status of laser applications in dentistry. *Australian Dental Journal*, 51(3), 247-262. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2006.tb00439.x>