



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

USO DE LÁSER DE BAJA POTENCIA EN
ORTODONCIA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ITZEL VALERIA SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TUTOR: Esp. CECILIA ISABEL SUÁREZ NEGROE



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por apoyarme todos estos años, por confiar en mí, por darme el consejo correcto cuando lo necesito, y por ser un gran ejemplo a seguir.

A mi hermana, sobrino, mis tías y primos que creyeron en mí y pusieron sus sonrisas en mis manos.

A mis abuelitos Dominga, Heraclio y Feliciano por brindarme su apoyo y consejos.

A mi abuelito Juan y a mi hermana Jocelin que desde el cielo me enviaron sus mejores energías para poder lograr esta meta.

A mis amigos que conocí en la universidad por todos los momentos divertidos y por hacer más fácil todos estos años.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO	6
CAPÍTULO 1. LÁSER	7
1.1 HISTORIA DEL LÁSER.	7
1.2 PRINCIPIOS FÍSICOS DEL LÁSER.	8
1.2.1 FÍSICA.	8
1.2.2 COMPONENTES DEL LÁSER.	10
1.2.3 PROPIEDADES DE LA LUZ LÁSER.	11
1.3 TIPOS DE LÁSER.	11
1.3.1 SEGÚN MEDIO ACTIVO.	11
1.3.2 SEGÚN NIVEL DE POTENCIA.	15
1.3.2.1 LÁSER DE BAJA POTENCIA.	15
1.3.2.2 LÁSER DE ALTA POTENCIA.	17
CAPÍTULO 2. ACELERACIÓN DEL MOVIMIENTO DENTAL.	18
2.1 MOVIMIENTO DENTAL.	18
2.2 MECANISMO DE ACCIÓN.	19
2.3 VENTAJAS.	20
2.4 MODO DE APLICACIÓN.	21
CAPÍTULO 3. ALIVIO DEL DOLOR.	23
3.1 DOLOR.	23
3.2 DOLOR EN ORTODONCIA.	23
3.2.1 MECANISMO DEL DOLOR ORTODÓNCICO.	23
3.2.2 VÍAS DE TRANSMISIÓN DEL DOLOR.	26
3.3 ALIVIO DEL DOLOR CON LÁSER DE BAJA POTENCIA.	28
3.3.1 MECANISMO DE ACCIÓN.	28
3.3.2 MODO DE APLICACIÓN.	28
CAPÍTULO 4. MANEJO DE LA REABSORCIÓN RADICULAR.	31
4.1 REABSORCIÓN RADICULAR.	31

4.1.1 REABSORCIÓN RADICULAR INFLAMATORIA INDUCIDA POR ORTODONCIA. _____	31
4.1.2 TIPOS DE REABSORCIÓN RADICULAR. _____	32
4.2 MECANISMO DE ACCIÓN. _____	32
4.3 MODO DE APLICACIÓN. _____	33
CAPÍTULO 5 EQUIPOS DE LÁSER UTILIZADOS EN ODONTOLOGÍA	
5.1 EQUIPOS DE LÁSER DE BAJA POTENCIA UTILIZADOS EN ODONTOLOGÍA. _____	34
5.2 MEDIDAS DE SEGURIDAD. _____	34
5.3 APLICACIÓN EN NIÑOS. _____	35
5.4 EFECTOS SECUNDARIOS. _____	36
5.5 CONTRAINDICACIONES. _____	36
CONCLUSIÓN. _____	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. _____	38
REFERENCIAS DE IMÁGENES. _____	42

INTRODUCCIÓN

El láser es una tecnología creada durante el siglo XX, y en la actualidad se utiliza en las diferentes ramas de la medicina, siendo una de ellas la Odontología. A partir de la creación del primer láser de rubí por Theodor Maiman en la década de los 60's se comenzó a realizar investigaciones para poder aplicar el láser en el área odontológica. ¹

A través de los años han surgido nuevos equipos emisores de láser entre ellos se encuentran los emisores de láser de baja potencia o también llamados láseres blandos, estos son usados en la práctica diaria en Odontología principalmente por su efecto analgésico, antiinflamatorio y bioestimulante. El láser de alta potencia es otro tipo de láser que tiene como característica una mayor potencia, por ello es principalmente utilizado para cortar, vaporizar o coagular los tejidos. ¹

Debido a los beneficios que tiene el láser de baja potencia ha aumentado su aplicación en diferentes ramas de la Odontología entre ellas la Ortodoncia. Existe una prevalencia alta de maloclusión dental, principalmente se puede ver afectada la estética facial, pero también afecta otras funciones como la masticación, tragar y hablar. Alrededor del 50% de niños y adolescentes en el mundo tienen indicado tratamiento ortodóncico, también es indicado en adultos para tratar maloclusión dental, estética facial y por indicaciones de tratamiento de rehabilitación oral. ²

El tratamiento ortodóncico se basa en movimientos dentarios mediante la aplicación de fuerzas, el tiempo de tratamiento tiene una duración de entre 14 a 33 meses. La aplicación de estas fuerzas generan zonas de tensión y compresión del ligamento periodontal, lo cual ocasiona cambios

en el flujo sanguíneo y liberación de citoquinas inflamatorias, causando dolor al paciente .³

Debido a que el tratamiento puede durar un largo tiempo y tener efectos secundarios como el dolor, reabsorción radicular, reabsorción ósea alveolar y caries, se han buscado nuevas tecnologías para minimizar los efectos secundarios y sea el tratamiento más cómodo para el paciente. El láser de baja potencia en Ortodoncia se ha usado como un enfoque alternativo para disminuir el dolor y antiinflamatorio, esto nos ayuda en el tratamiento ortodóncico al movimiento de los dientes, la reabsorción de la raíz y alivio del dolor, haciendo que el paciente tenga una mejor experiencia con el tratamiento. ⁴

OBJETIVO

Mediante una recopilación bibliográfica se dará a conocer cuales son las aplicaciones del láser de baja potencia en el área de Ortodoncia, su mecanismo de acción, el efecto que tiene sobre los tejidos participantes en el tratamiento de Ortodoncia, identificar si modifica el tiempo del tratamiento ortodóncico y brindar una alternativa de tratamiento al paciente y que este tenga una mejor experiencia.

CAPÍTULO 1 LÁSER

1.1 Historia del láser.

La palabra láser proviene de las siglas Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (luz amplificada por emisión estimulada de radiación). Albert Einstein en 1917 expuso sobre la radiación, la cual es estimulada cuando los electrones de un átomo pasan de estar en un estado de reposo a una fase de excitación (Fig. 1).⁴

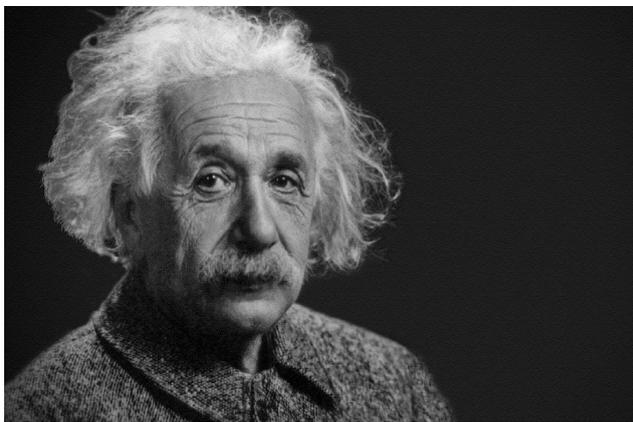


Figura 1. Albert Einstein expuso sobre la amplificación y estimulación de la energía.¹

En 1960, Theodore H. Maiman creó el primer láser de rubí dentro de los laboratorios de Howard Hughes (Fig. 2). El láser de rubí contaba con una longitud de onda de 694 nm, a partir de este descubrimiento se comenzaron a desarrollar nuevos tipos de láser con diferentes longitudes de onda. El segundo láser en ser creado fue de Nd:YAG, fue producido por Johnson en 1961, se observó que este láser al ser aplicado en piezas dentales produce pequeños cráteres en el esmalte. Stern y Sognaes en el año 1963 comenzaron a investigar qué aplicación se le podía dar al láser de rubí en Odontología, en 1964 Stern aplicó el láser de rubí en piezas dentarias, descubrió que se aumentó la resistencia de los ácidos en el esmalte. El doctor Leon Goldman fue el primero en aplicar el láser de rubí en un paciente en 1965, observó sólo una pequeña destrucción en el esmalte.⁴

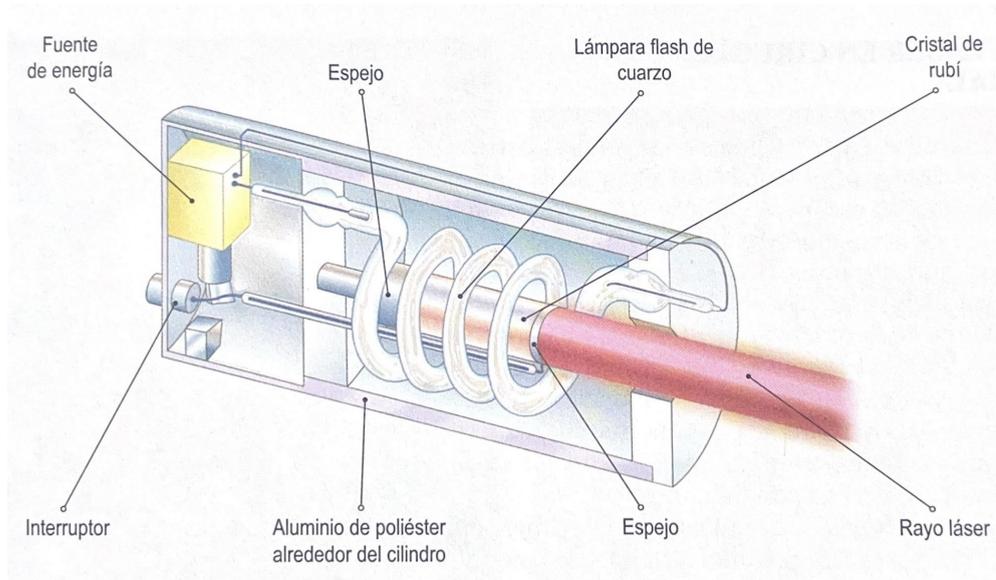


Figura 2. Primer láser de rubí creado por Theodore H. Maiman.²

1.2 Principios físicos del láser

1.2.1 Física

La irradiación láser es generada principalmente por la emisión estimulada de radiación y en un segundo plano por la amplificación de la luz generada por el proceso anterior.⁵

La emisión estimulada de radiación se basa en la teoría cuántica del físico Niels Bohr, en la cual postula que alrededor del núcleo de un átomo se encuentran electrones girando en una fase estable, el movimiento constante de los electrones hace que el núcleo se llene de energía y pase a una fase excitada, haciendo que el átomo se vuelva inestable y libere una pequeña cantidad de energía llamada fotón, para luego volver a su fase inicial, a este proceso se le conoce como emisión espontánea.⁵

La emisión estimulada es un concepto y teoría la cual fue creada por Einstein, en ella explica que para la generación de la luz, los electrones tienen que pasar a una fase de excitación desde un nivel de energía más bajo a uno más alto introduciendo energía externa al átomo. La

introducción de energía para la generación de luz artificial se le denomina bombeo. Los electrones se bombean de un nivel bajo de energía a un nivel superior dando como resultado una inversión de población (Fig. 3).⁶

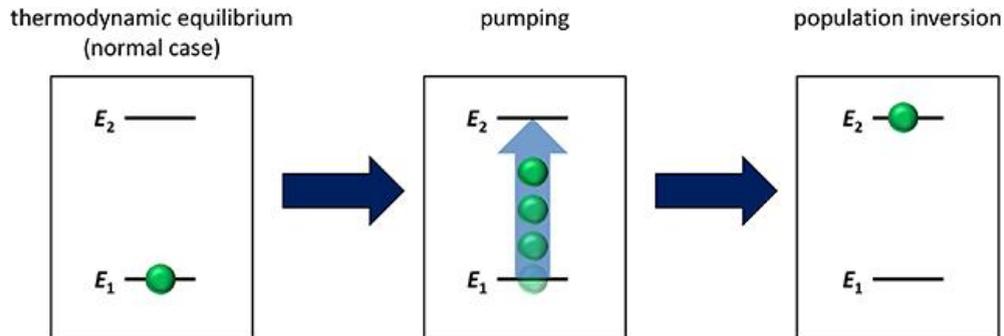


Figura 3. El electrón se encuentra en un nivel bajo de energía, es excitado a través de una energía externa y pasa un nivel alto de energía para formar la inversión de población.³

Después de haber estado un tiempo en un nivel de energía alto el electrón vuelve a caer espontáneamente a su estado inicial para compensar el estado excitado del átomo.⁶

Regresando a su estado inicial el átomo, libera una cantidad doble de energía, formando dos fotones con una longitud de onda igual moviéndose a través de una onda coherente en una misma dirección (Fig. 4). Los fotones tienen la capacidad de transmitir más energía a los átomos y así formar más fotones dando como resultado que la energía se amplifica y se forme la luz láser.⁵

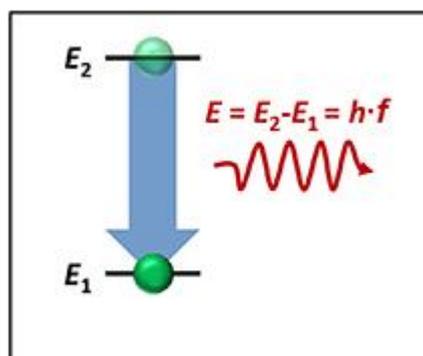


Figura 4. Emisión espontánea de luz generada por la desexcitación del electrón de un nivel alto de energía a su estado estable.³

1.2.2 Componentes del láser

Un equipo láser de uso médico tiene como componentes básicos una cavidad óptica, medio activo, fuente de energía o fuente de bombeo y sistema de entrega (Fig. 5).⁷

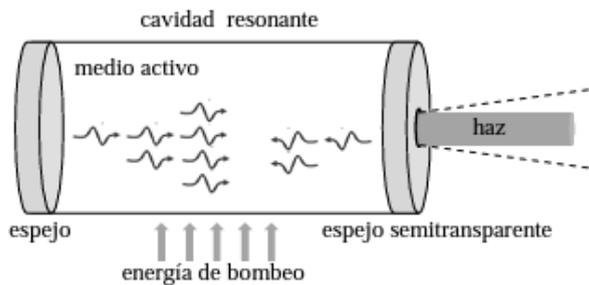


Figura 5. Elementos básicos de un equipo láser.⁴

Cavidad óptica: Es una cavidad en la que se encuentran el medio activo y dos espejos, situados a cada lado de la cavidad, uno de los espejos es completamente reflectante y el otro parcialmente reflectante y permeable.⁷ Los fotones excitados emitidos por el medio activo se reflejan en la cavidad óptica atravesando el medio activo varias veces amplificando su energía antes de salir por el espejo que es permeable.⁷

Medio activo: Puede estar en un estado líquido, gaseoso, sólido o semiconductor (diodos), determina la longitud de onda e identifica los diferentes láseres. Contiene la población atómica del medio activo, esta es excitada por un medio externo de energía, haciendo que los electrones pasen de un estado de reposo a un estado excitado, produciendo la emisión de fotones láser.⁷

Fuente de bombeo: Es una fuente de energía que suele estar representada por una bobina eléctrica o una lámpara de destello. Se encarga de excitar los átomos del medio activo, produciendo la inversión de la población de los electrones.⁷

Sistema de entrega: Conduce la luz láser hasta el lugar donde se va aplicar. Existen diferentes sistemas de entrega entre ellos se encuentran la fibra óptica, fibra hueca y el brazo articulado.⁷

1.2.3 Propiedades de la luz láser

La luz láser tiene como propiedades (Fig. 6):

- Es monocromática: Esta propiedad está formada por los fotones que tienen una misma longitud de onda y tienen un mismo color si el medio activo está dentro del área visible del espectro electromagnético.⁵
- Es coherente: Los fotones que se encuentran en la luz láser viajan en una sola dirección y están en la misma fase.⁵
- Está colimado: Es unidireccional, debido a que la energía es unidimensional, paralela y tiene muy poca divergencia.⁵

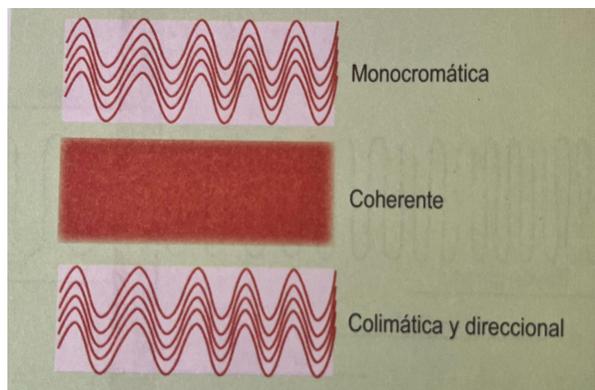


Figura 6. Propiedades de la luz láser.²

1.3 Tipos de láser

1.3.1 Según su medio activo

En esta clasificación el láser puede tener un medio activo sólido, de gas o líquido.

Sólido. En este medio activo se usan barras de cristal o diodos (metal), los de cristal tienen una duración de 15 años y los de diodos pueden alcanzar hasta 35 años de duración. Los medios activos más usados en medicina en estado sólido son:⁵

Nd:YAG (Neodimio, itrio, aluminio y granate): Está compuesto por una barra de cristal de itrio, aluminio y granate está cubierta con neodimio, es uno de los medios activos que más destacan ya que posee una alta potencia media, una configuración simple y es compacta, tiene una longitud de onda de emisión de 1064, 1320/1340 y 1444 nm, su función puede ser pulsada o en onda continua, tiene una penetración en tejido de 2–8 μm aproximadamente. En medicina tiene una aplicación quirúrgica como corte y perforación, en dermatología como eliminación de tatuajes, al ser un equipo que fue diseñado por cirujanos dentistas su aplicación en Odontología es muy amplia algunos de sus usos son en cirugías periodontales de tejido blando como gingivectomía, gingivoplastia, alargamiento de corona, reducción de hipertrofia gingival, curetaje, también es aplicada en otros tratamientos como remoción de caries, desensibilización, pulpotomía, ablación de contenido pulpar, biopsia, incisión y drenaje de abscesos, lesiones en mucosas, graba y modifica el esmalte, sella túbulos dentinarios, entre otros tratamientos.^{5, 6}

Ho:YAG (Holmio, itrio, aluminio y granate): Tienen como propiedades una longitud de onda de emisión de 2.06 μm , su función puede ser pulsada o en onda continua, su penetración en tejido es de 2-8 μm , la irradiación que emite es absorbida por el agua tisular. En medicina se aplica en cirugías de oftalmología, en tratamiento de hiperplasia en próstata, fragmentación de cálculos en la vejiga y vaporización de tejidos, en Odontología es aplicado en gingivectomias, remoción de papilomas,

frenectomías, incisiones para remoción de mucocelos y remoción de fibromas.^{5,6}

ER:YAG (Erbio, itrio, aluminio y granate): Este medio activo está conformado por cristales de granate de itrio y aluminio recubierto con iones de erbio, tiene como propiedades una longitud de onda de 2,94 μm , tiene una función de pulsado, alta absorción en agua y una penetración óptica de 1-5 μm . Se usa para eliminar tejido duro y blando, eliminación de verrugas, se usa en Odontología para remover o modificar esmalte y dentina, sellado de fisuras, resección de hueso y raíces, queratosis y remoción de fibromas y granulomas.^{5,6}

Láser alexandrita: Está compuesto por un cristal de alexandrita recubierta con iones de cromo, tiene como propiedades una longitud de onda de 700 a 800 nm, su función es pulsado o de onda continua. Su uso en medicina es en dermatología para eliminar tatuajes debido a que elimina tintas negras y verdes, tratamiento de lunares pigmentados, se utiliza en la depilación y trata cálculos renales.⁶

Láser de diodos: Está compuesto por dos metales reactivos, se encuentran uno enfrente del otro y son estimulados por una corriente eléctrica para poder producir la energía láser, tienen una emisión de onda de 350 nm a 11 μm , su duración de vida es aproximadamente de 100 años, por sus componentes es compacta y ligera. Entre sus aplicaciones en medicina se encuentran la coagulación, corte y vaporización de tejidos, en Odontología se utiliza en tratamientos como alargamiento de corona, eliminación de aftas y úlceras herpéticas, drenaje de abscesos, exposición de dientes sin erupcionar, entre otros.^{5,6}

Gas. Este tipo de láser está compuesto por dos tipos de gas, uno sirve como medio activo y el otro como gas para enfriar y se encuentran en un tubo, entre los medios activos podemos encontrar:

Láseres de iones: En tipo encontramos el láser de iones de argón (Ar) y el láser de iones de Kriptón(Kr), se encuentran dentro de un tubo que puede ser de cuarzo, grafito o berilio debido a que tienen una alta conductividad térmica. Tienen una longitud de onda en el caso del láser de iones de argón son de 488 nm y 514.5 nm y en el láser de iones de kriptón son de 350-800 nm, la emisión de onda puede ser pulsada o en onda continua. Su aplicación en medicina es en tratamientos de enfermedades vasculares y eliminación de pigmentos.^{5,6}

Láser de dióxido de carbono: Está compuesto por la mezcla de tres gases, helio, nitrógeno y dióxido de carbono, quienes se encargan de generar la luz láser es el nitrógeno y dióxido de carbono mientras que el helio se encarga de aumentar el factor de eficiencia. Tiene una longitud de onda de 10,6 μm y 9,6 μm , se puede aplicar por onda continua o por medio de pulsos y tiene una profundidad en tejidos de 10–30 μm . Este tipo de láser es absorbido por el agua por lo tanto genera hemostasia, puede cortar tejido fibroso y suave.^{5,6}

Láser de neón de helio: Como su nombre los dice está compuesto por neón y helio, pero el medio activo principal es el neón y el helio se encarga de aumentar su eficiencia, tiene una longitud de onda va de 543.3 nm a 3391.3 nm, las ondas más usadas son de 543.3 nm y 632 nm. Su aplicación en medicina es con fines terapéuticos.⁶

Líquido. También se les conoce como láser de colorante, su medio activo es un colorante radiante que se disuelve en un líquido este puede ser

agua o metanol para activar el líquido colorante, tiene una longitud de onda de 400 a 900 nm, su aplicación puede ser por emisión pulsada o de onda continua.⁵

1.3.2 Según su nivel de potencia.

1.3.2.1 Láser de baja potencia.

El láser de baja potencia también conocido como láser terapéutico o láser blando, uno de los primeros investigadores en realizar estudios sobre el láser de baja potencia fue el profesor Adam Mester, quien descubrió que si el láser es emitido en energías menores, provoca una interacción de la luz con los procesos metabólicos celulares, esta reacción bioestimulante celular tiene varios efectos como analgésico potente, antiinflamatorio, regenerador tisular, hemostático, estimulante de mecanismos de defensa.

El efecto terapéutico que se obtiene cuando la energía láser es absorbida por el organismo es en dos niveles:

- A nivel local tiene un efecto biorregulador o estimulante de las células, actúa principalmente sobre cuatro estructuras celulares, la mitocondria, membrana celular, protoplasma y retículo endoplasmático (Fig. 7).⁵

Mitocondria: Al estimular la mitocondria genera la síntesis de ATP.⁵

Membrana celular: Cuando la célula está despolarizada a causa de un trauma o patología, al estimularse la membrana celular se genera una polarización normalizando los iones intra y extra celulares regulando la presión osmótica.⁵

Protoplasmas: Es estimulada por la interacción de emisión electromagnética originada por los fotones ultra débiles y los fotones del láser generando energía intracelular.⁵

Retículo endoplasmático: Su estimulación genera un aumento del ADN.⁵

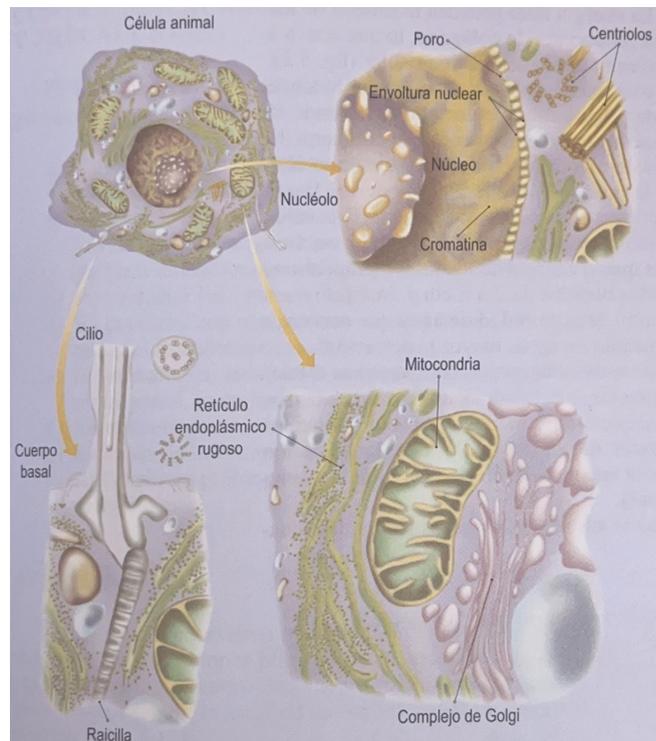


Figura 7. El láser de baja potencia afecta la mitocondria, membrana celular, protoplasma y retículo endoplasmático de la célula.²

- Nivel sistémico, el efecto se transmite del área de aplicación al sistema nervioso central mediante las fibras amielínicas del sistema nervioso autónomo hasta el hipotálamo, este estimula a la hipófisis y formará proopiomelanocortinas que formarán cortisona en la sangre, produciendo un efecto analgésico natural.⁵

El láser de baja potencia tiene una penetración en tejidos blandos de 2 a 5 cm y en tejido óseo de 1 a 2 cm, esto depende de la cantidad de agua que tenga los tejidos, entre mayor cantidad de agua hay una mayor penetración. Si se aplica en tejido óseo se tendrá una menor penetración en tejido compacto, por lo tanto cuando se aplica en maxila se obtendrá un mejor efecto y más rápido a comparación de la mandíbula.⁵

1.3.2.2 Láser de alta potencia.

El láser de alta potencia también es conocido como láser quirúrgico, ya que tiene una mayor potencia y longitud de onda este tipo de láser es utilizado para cortar, vaporizar y coagular los tejidos. En Odontología es utilizado en varias longitudes de ondas producidas según su medio activo, se utilizan para realizar cavidades en tejidos, realizar cortes en tejidos blandos priorizándolos y creando hemostasia teniendo como resultado cortes limpios y exactos sin provocar dolor o inflamación posoperatoria.⁵

Los láseres de alta potencia que se utilizan en Odontología son: láser de dióxido de carbono (CO₂); láser de neodimio, aluminio y fósforo (Nd:YAP); láser de erbio, itrio, aluminio y granate (Er:YAG); láser de argón y láser de diodos.⁵

CAPÍTULO 2 ACELERACIÓN DEL MOVIMIENTO DENTAL

2.1 Movimiento dental.

El tratamiento ortodóncico se basa en la remodelación ósea a través de la aplicación de fuerzas a un diente, una de las teorías que explica este movimiento es la teoría de presión-tensión en el ligamento periodontal.⁶

La teoría de presión tensión en el ligamento periodontal habla sobre señales químicas que son activadas cuando se genera una compresión mecánica sobre los tejidos generando una disminución en el flujo sanguíneo dando lugar a la remodelación del hueso alveolar, y por lo tanto haya un movimiento dental.⁸

Cuando se aplica un fuerza ligera sobre un diente por un tiempo prolongado, el líquido del ligamento periodontal sale y el diente se mueve dentro del espacio de este, haciendo que los vasos sanguíneos del ligamento periodontal se comprimen de lado de la presión y se dilaten del lado de la tensión. Al alterarse el flujo sanguíneo los niveles de oxígeno disminuyen en la zona de compresión y aumentan en el lado de tensión, además que los niveles de dióxido de carbono aumentan en la zona comprimida y en disminuye en la zona de tensión. Las células del ligamento comienzan a liberar citocinas y prostaglandinas. Después de horas se comienzan a producir cambios metabólicos, modificando la actividad celular y cambiando los niveles enzimáticos. Se aumentan los niveles de monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) que tiene como función diferenciar las células en el ligamento periodontal.⁹

Después de días se comienza el movimiento dental, los osteoclastos comenzaron a eliminar tejido óseo de la zona adyacente a la parte comprimida del ligamento periodontal y los osteoclastos comienzan a

formar nuevo tejido óseo del lado sometido a tensión, además de remodelar las zonas reabsorbidas por los osteoclastos, las prostaglandinas funcionan como mediadoras debido a su propiedad de estimular la actividad de los osteoblastos y osteoclastos. Donde el ligamento se encuentra comprimido los vasos sanguíneos del ligamento periodontal se comienzan a cerrar, por lo tanto se interrumpe el flujo sanguíneo de la zona ocasionando la muerte celular en esta zonas. Se empieza la diferenciación celular en los espacios medulares adyacentes dando comienzo a la reabsorción basal, eliminando la lámina dura adyacente al ligamento periodontal comprimido produciendo el movimiento dental (Fig. 8).⁹

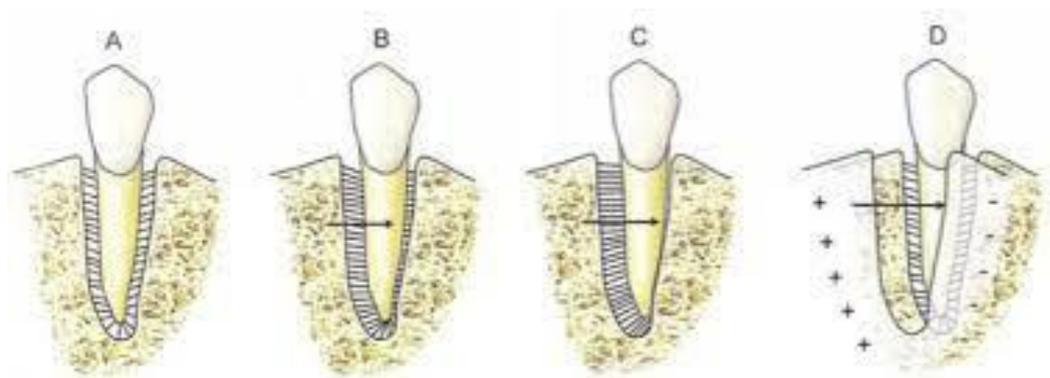


Figura 8. Movimiento dental. A) Diente en reposo. B) Aplicación de presión sobre el diente provocando del lado izquierdo el tejido periodon distendido y del lado derecho comprimido. C) El ligamento periodontal del lado derecho se inflama, y continua con necrosis, para proseguir con la remodelación ósea alveolar. D) Se logra el movimiento dental después de la remodelación ósea alveolar.⁵

2.2 Mecanismo de acción.

La interleucina 1 es un citocina proinflamatoria la cual es secretada por fibroblastos, macrófagos, cementoblastos, osteoblastos y osteoclastos en respuesta al estrés mecánico, existen dos tipos alfa (α) y beta (β). La interleucina 1 β (IL-1 β) se ha demostrado ser un marcador involucrado en la resorción ósea, es capaz de estimular la supervivencia, diferenciación y

función de los osteoclastos. Es relevante como biomarcador para determinar la magnitud del movimiento dental.¹⁰

Diferentes estudios han demostrado que al aplicar láser de bajo nivel durante el tratamiento ortodóncico se aumenta IL-1 β en el líquido crevicular, esto se debe a una mejor respuesta biológica por parte del ligamento periodontal, cemento y hueso alveolar de la zona de irradiación. Durante la remodelación ósea existe una liberación de IL-1 e interleucina 6 del ligamento periodontal regulando positivamente RANKL y las proteinasas de la matriz a causa de los osteoblastos en el movimiento dental ortodóncico. RANKL estimula la formación y función de los osteoclastos quienes son los encargados de degradar la matriz mineralizada de la superficie ósea.¹¹

El láser de bajo nivel se dirige a las mitocondrias en específico al citocromo-c oxidasa en la cadena de transporte de electrones y las porfirinas en la membrana celular. Cuando se absorben los fotones de luz se estimula las especies reactivas de oxígeno, aumentando la conversión de difosfato de adenosina en trifosfato de adenosina. además de liberar óxido nítrico de sus sitios de unión en el citocromo-c oxidasa.¹¹

Al utilizar láser de bajo nivel durante el tratamiento de Ortodoncia podemos llegar a obtener resultados 2 veces más rápido que un tratamiento convencional.¹¹

2.3 Ventajas.

Al usar la terapia de láser de baja potencia podemos obtener como ventaja la mínima invasión, ya que solo se irradia la mucosa de los dientes a tratar sin afectar otras estructuras de la cavidad oral, otra ventaja es que es menos traumática a comparación de otros tratamientos

para acelerar el movimiento como lo es la corticotomía. La precisión es otra de sus ventajas debido a que solo se ve afectada la zona donde se realizan las aplicaciones.¹¹

2.4 Modo de aplicación.

La aplicación de láser de baja potencia, se inicia una vez colocado en tratamiento ortodóncico a realizar. Para uso de bioestimulación que es caso de la aceleración del movimiento dentario se utiliza una onda de 800 nm en un modo de onda continua y una potencia de salida de 0.25 nW con un tiempo de exposición de 10 segundos en cada punto.¹²

Los puntos donde se realiza la radiación del lado vestibular son 2 dosis de radiación a nivel del tercio cervical de la raíz del diente uno del lado mesial y otro del lado distal; 2 dosis de radiación esta vez a nivel del tercio apical del diente, uno en mesial y otro en distal, estos mismos puntos se tiene que aplicar radiación pero del lado palatino o lingual.¹²

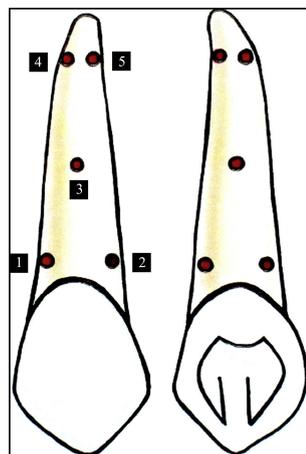


Figura 9. Puntos de aplicación de láser de baja potencia para acelerar el movimiento dental en tratamiento de Ortodoncia. 1) Tercio cervical izquierdo, 2) Tercio cervical derecho, 3) Tercio medio, 4) Tercio apical izquierdo, 5) Tercio apical derecho.⁶

La punta del dispositivo láser se coloca de manera perpendicular y en contacto directo con la mucosa (Fig. 10). El tiempo transcurrido entre cada aplicación no es muy concreto, algunos artículos es aplicado los tres primeros días iniciado el tratamiento ortodóncico, posteriormente cada

quince días y otros artículos hablan de una aplicación en los días 0, 3 y 14 del primer mes para después aplicar irradiaciones cada 15 días.^{10, 12}

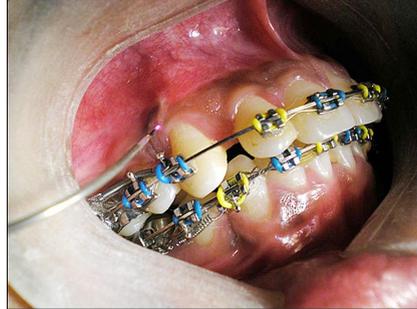


Figura 10. Colocación de la punta de láser para la aplicación de láser para el tratamiento de aceleración de movimiento.⁷

CAPÍTULO 3 ALIVIO DE DOLOR

3.1 Dolor.

La Asociación internacional para el Estudio del Dolor (IASP) tiene como definición que el dolor es “Una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con, o similar a la asociada con, daño tisular real o potencial”.¹³

3.2 Dolor en Ortodoncia

Uno de los principales efectos secundarios que presenta un tratamiento en Ortodoncia es el dolor, el cual es causado por el movimiento dental. Tiene una prevalencia del 72-100% y los pacientes lo describen como dolor, presión y tensión en los dientes tratados. El dolor se presenta en las primeras 12 hr después de haber aplicado la fuerza y alcanza su punto máximo de dolor 1 días después, los siguientes 3 a 7 días el dolor va disminuyendo hasta un mes después regresa a su estado normal.¹⁴

El dolor es causado por la inflamación del tejido periodontal provocada por estímulos mecánicos del movimiento dental, causando isquemia local, hipoxia y daño tisular generando una cascada de respuesta inflamatoria que libera mediadores inflamatorios y acumulación de células inflamatorias. Debido a que es un dolor inflamatorio periférico es transmitido por el nervio trigémino.¹⁵

3.2.1 Mecanismo del dolor ortodóncico.

El dolor causado por el tratamiento de Ortodoncia y el movimiento dental realizado en este mismo son dos eventos biológicos que son independientes pero están interrelacionados, teniendo en común la inflamación local, debido a que el dolor ortodóncico es una respuesta del

tejido periodontal inflamado a causa de las fuerzas ortodóncicas. La respuesta de inflamación periodontal tienen tres componentes (Fig.11):

- Vasculares: Al aplicar una fuerza ortodóncica sobre los dientes se genera una presión sobre los vasos vasculares en la zona comprimida produciendo una isquemia local. La isquemia local provoca que las células periodontales como los fibroblastos tengan un aumento en la respiración anaeróbica, generando señales ácidas locales, estas señales son traducidas como señales dolorosas por una molécula llama canal de iones de detección de ácido 3 (ASIC3 por sus siglas en inglés). ASIC3 tiene como receptor de canal iónico a H^+ , que se encuentra en las terminaciones sensoriales periodontales. Cuando se produce un microambiente ácido periodontal a causa de la aplicación de fuerzas ortodóncicas, aumenta H^+ en la zona y se une a ASIC3 en las terminaciones sensoriales periodontales generando sensación dolorosa.¹⁴

La sensación de dolor causada por ASIC3 es transmitida por los ganglios del trigémino a las neuronas del trigémino, estas últimas liberan mediadores neurogénicos como a nivel central (núcleo del trigémino), y a nivel periférico (tejidos periodontales), liberando péptido relacionado con el gen de la calcitonina (CGRP) y sustancia P (SP). Estos mediadores causan dilatación vascular local y aumentan la inflamación local, generando más dolor. Además estos mediadores neurogénicos estimulan la producción de prostaglandinas, las cuales pueden generar una sensación de dolor al unirse a terminaciones sensoriales.¹⁴

El microambiente ácido e isquémico activa las células endoteliales periodontales y los fibroblastos que liberan óxido nítrico (NO). El óxido nítrico aumenta la permeabilidad vascular periodontal, en los tejidos periodontales se reclutan leucocitos como neutrófilos, monocitos, mastocitos, macrófagos, células T y linfocitos, al activarse en los tejidos periodontales estos leucocitos liberan quimiocinas, citocinas y mediadores inflamatorios que aumentaran la inflamación local causando un mayor dolor.¹⁴

- Celulares: Como respuesta de la inflamación local, los mastocitos periodontales y los macrófagos liberan mediadores como la histamina y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), estos mediadores ayudan a reclutar leucocitos a los tejidos periodontales. La histamina y el factor de necrosis tumoral alfa regulan la proteína de adhesión en las células endoteliales vasculares, estas proteínas en las células endoteliales facilitan la adhesión y trans migración de los leucocitos a través de los vasos vasculares, para después llegar al tejido periodontal. Este proceso es mediado por quimiotaxinas.¹⁴
- Químicos: Los leucocitos y células inflamatorias que se encuentran en el tejido periodontal liberan mediadores inflamatorios, quimiocinas y citocinas en los que se encuentran Interleucina 1 (IL-1), Interleucina 6 (IL-6), prostaglandina, TNF- α , interferón-gamma (IFN- γ), factores estimulantes de colonias de macrófagos (M-CSF) y factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF). Estos mediadores estimulan a los osteoblastos y osteoclastos que forman parte de la remodelación ósea y tiene como resultado el movimiento dental, generando un aumento de inflamación local y por lo tanto existe una mayor sensación de

dolor. Además las prostaglandinas liberadas en la zona se une a terminaciones sensoriales periodontales causando una sensación de dolor.¹⁴

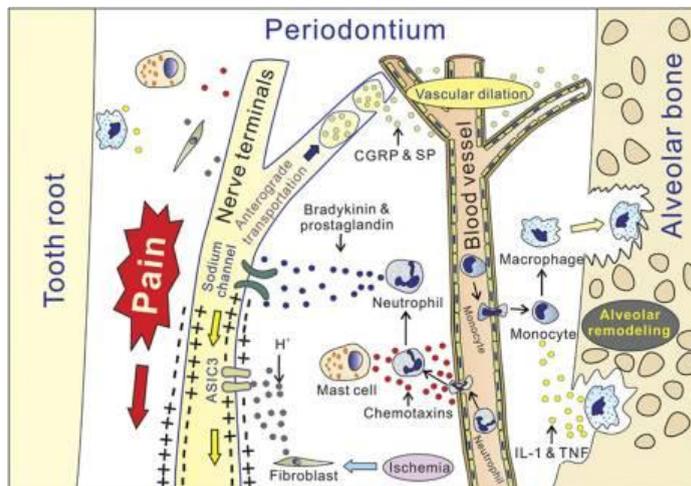


Figura 11. Interacción celular del mecanismo del dolor ortodóncico.⁸

3.2.2 Vías de transmisión del dolor.

Una vez aplicada la fuerza ortodóncica sobre los dientes a tratar se genera un estímulo nociceptivo en las terminaciones sensoriales del periodonto, para después ser transmitido a la corteza somatosensorial a través de neuronas de tres órdenes (Fig. 12):

Neuronas de primer orden: Son neuronas del trigémino que están localizadas en los ganglios del trigémino. Son neuronas pseudounipolares, tiene prolongaciones periféricas y centrales, sus prolongaciones periféricas transcurren hacia la piel facial, el tejido periodontal y la mucosa oral, además forman terminaciones sensoriales que perciben sensaciones nociceptivas, mecánicas y térmicas. Sus terminaciones centrales tienen como principal función hacer sinapsis con las neuronas de segundo orden.¹⁴

Neuronas de segundo orden: Están en el núcleo caudal del trigémino, que se localiza en el bulbo raquídeo, una vez que entran los axones al bulbo

raquídeo las prolongaciones centrales de las neuronas del trigémino se desplaza caudalmente para hacer sinapsis con el núcleo del trigémino, simultáneamente el núcleo del trigémino envía fibras formando el tracto trigeminotalámico haciendo un cruce de fibras de un lado a otro y sube para hacer sinapsis con el núcleo anteroposterior del tálamo, quien se encarga de enviar fibras a varias áreas del cerebro como el hipocampo, la corteza insular y la corteza somatosensorial, quienes se encargan de converger e integrar la sensación de dolor en la corteza sensorial.¹⁴

Neuronas del tercer orden: Son neuronas del trigémino que se encuentran en los ganglios del trigémino. Después de un movimiento dental las neuronas del trigémino aumentan la liberación de CGRP (péptido relacionado con el gen de la calcitonina), estas se encargan de sensibilizar las células gliales satélite liberando óxido nítrico generando una mejor síntesis de CGRP en las neuronas del trigémino creando un ciclo de retroalimentación positiva y por otro lado se transporta a los tejidos periodontales aumentando el dolor causado por el tratamiento ortodóncico.¹⁴

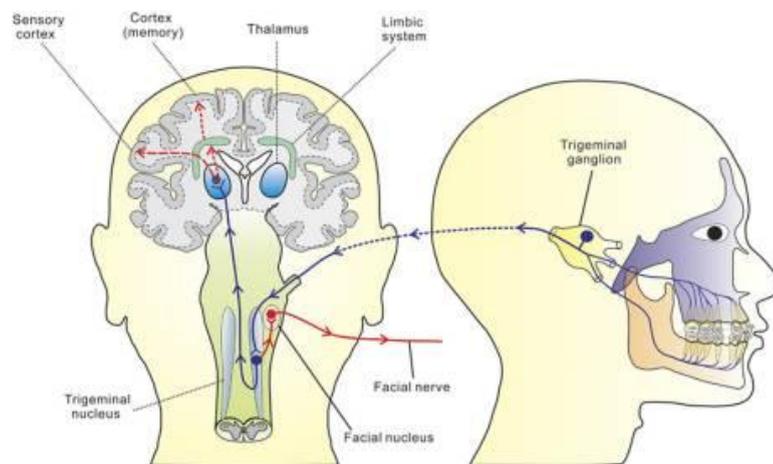


Figura 12. Vías de transmisión del dolor a nivel del sistema nervioso.⁸

3.3 Alivio del dolor con láser de baja potencia.

3.3.1 Mecanismo de Acción.

Las propiedades antiinflamatorias y analgésicas que tiene el uso de láser de baja potencia son atribuidos a que generan una disminución de prostaglandina E2 (PGE2) e interleucina-1 β a causa de la proliferación estimulado por la reacción fotoactiva, además de también disminuir el factor de necrosis tumoral y plasmina en menos de 24 horas.^{15, 16, 17}

Otro de sus mecanismos de acción analgésica, es alterando los potenciales de acción en los nervios periféricos por medio de la generación de varicosidades que hacen reducir la velocidad del flujo axonal por lo tanto disminuye los potenciales de membrana mitocondrial, generando una disminución de ATP que causan una falla de la neurotransmisión en las fibras nociceptivas A δ y C.^{16, 17, 18}

También aumenta el flujo sanguíneo local, promoviendo la liberación de neurotransmisores haciendo un cambio en la conducción y la excitación de nervios que estimulan la generación de beta-endorfinas, las cuales son un mediador natural que ayuda a reducir el dolor.^{16, 17, 18}

3.3.2 Modo de Aplicación.

La aplicación del láser de baja potencia se realiza después de haber aplicado el tratamiento de Ortodoncia a realizar. Se aplica a una longitud de onda de 810 nm ya que es la onda que ha dado mejores resultados para reducir el dolor dental y periodontal, debido a que esta longitud de onda penetra a nivel de hueso alveolar, y se utiliza una potencia de 150 mW.^{19, 20, 21, 22}

Existen dos formas de aplicar la irradiación, cada forma depende de la punta del sistema láser que se esté ocupando, si se trata de una punta

pequeña se aplicará en tres puntos la irradiación, estos puntos están ubicados en los espacios distales del diente a tratar, 1 punto cervical, 1 punto medio y 1 apical, del lado vestibular y del lado lingual o palatino por un tiempo de 15 segundos cada punto (Fig. 13).¹⁹



Figura 13. Los puntos verdes ubicados en el espacio distal del diente, 1 punto en cervical, 1 punto medio y 1 punto apical. señalan la zona de irradiación láser con un equipo de punta pequeña para el alivio de dolor producido por el tratamiento de Ortodoncia.⁹

Si se cuenta con una punta más grande del sistema láser que se va ocupar, la irradiación se realiza en 2 puntos, 1 vestibular y 1 lingual o palatino, en el tercio medio de la raíz durante 15 segundos por punto (Fig. 13).^{20, 21, 22}



Figura 13. Puntos de irradiación de láser con punta grande de equipo láser para el tratamiento de dolor a causa de tratamiento de Ortodoncia.¹⁰

La punta del sistema láser se coloca de manera perpendicular y en contacto directo con la mucosa, existen algunos artículos donde indican que la punta del sistema láser se debe colocar a una distancia de 5 a 8 mm de la mucosa.^{20, 21, 22}

CAPÍTULO 4 MANEJO DE LA REABSORCIÓN RADICULAR

4.1 Reabsorción radicular.

4.1.1 Reabsorción radicular inflamatoria inducida por Ortodoncia.

La reabsorción radicular inflamatoria inducida por Ortodoncia es un efecto secundario que se presenta durante el mismo tratamiento, tiene un 91% de prevalencia en los dientes que están en tratamiento, presentando algún tipo de pérdida de longitud de la raíz, entre un 10% y 20% de paciente llegan a presentar una reabsorción grave.^{23, 24}

Sus causas son multifactoriales, en los que se encuentran la reabsorción inflamatoria radicular inducida por Ortodoncia, los cuales son, la duración del tratamiento, el método de aplicación de la fuerza, dirección del movimiento dental, cantidad de desplazamiento apical e historia de trauma.²⁵

La reabsorción radicular inflamatoria inducida por Ortodoncia se le atribuye principalmente a la presión que se ejerce en el ligamento periodontal que es mayor a la presión arterial capilar, causan una sobrecompresión en el ligamento periodontal causando una región hialinizada por isquemia y necrosis del tejido periodontal, cemento y hueso alveolar adyacente y posteriormente son eliminadas cuando se repara el sitio del ligamento periodontal.^{25, 26}

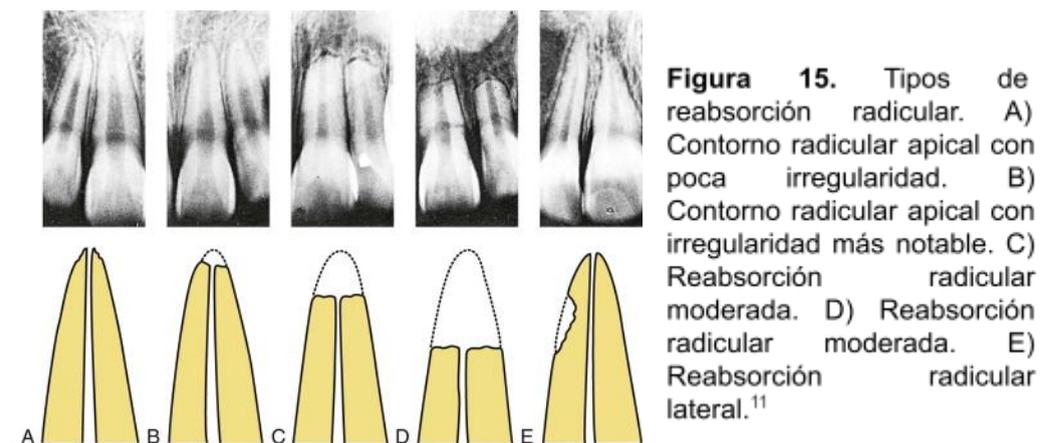
Existen algunos estudios que atribuyen la densidad ósea a la reabsorción radicular, ya que los dientes se mueven cerca del hueso cortical denso tienen mayores niveles de reabsorción radicular.²⁷

También se le atribuye a algunos mediadores biológicos como lo son IL-1 α , TNF- α y osteopontina que generan RANK, RANKL y OPG, en

estudios se ha observado niveles altos RANKL en la reabsorción radicular apical externa grave y cantidades menores de OPG, y obteniendo una mayor reabsorción radicular.²⁷

4.1.2 Tipos de reabsorción radicular.

Según Kapila y King en su libro *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics* indican que hay 5 tipos de reabsorción radicular, el primero (A) tiene contornos radiculares apicales con muy poca irregularidad, el segundo (B) tiene contornos radiculares apicales con una irregularidad más notables, el tercer (C) tipo tiene un reabsorción radicular moderada, el cuatro (D) tipo tiene una reabsorción radicular horizontal y por último está el quinto (E) tipo que presenta una reabsorción lateral (Fig. 15).²⁸



4.2 Mecanismo de Acción.

En la actualidad todavía no existe mucha evidencia científica de cómo actúa el láser de baja potencia en la reabsorción radicular, pero se cree que el láser de baja potencia estimula los osteoclastos durante el movimiento dental del tratamiento de Ortodoncia. Los osteoclastos participan en la eliminación de la zona hialina, que es la encargada del proceso de reabsorción después de la interrupción de la fuerzas, esto suena un poco contradictorio, pero al hacer más rápido la remoción de la

zona hialina se facilita el movimiento dentario y detiene la reabsorción radicular.²⁹

Otro de sus beneficios es que tiene un efecto positivo en los fibroblastos, matriz de colágeno y capilaridad en el periodonto, que ayuda a reparar y rehabilitar las fibras radicales más rápido, por lo tanto se reduce el área expuesta a los osteoclastos y macrófagos.²⁹

4.3 Modo de Aplicación.

La aplicación del láser de baja potencia para el manejo de la reabsorción radicular todavía no existe tanta evidencia científica, así que basando en un artículo donde se obtuvieron resultados positivos a continuación se describe su modo de aplicación. Se realiza después de haber aplicado el tratamiento ortodóncico a realizar. Se aplica a una longitud de onda de 808 nm con una potencia de 0.18 W. El láser de baja potencia se aplica a lo largo de la raíz en cuatro puntos, en el ápice, tercio medio en el centro de la raíz, tercio cervical mesial y tercio cervical distal, tanto de lado vestibular como del lado lingual o palatino. La punta del láser se coloca perpendicular a la mucosa y pegada a ella en el diente a tratar y se deja por 9 segundos en cada punto. Este procedimiento se repite los días 1, 2, 3, 4 después de la aplicación del tratamiento, para después aplicarse cada semana.³⁰



Figura 16. Se aplica el láser en los puntos a nivel del ápice, tercio medio a nivel del centro de la raíz, tercio cervical mesial y tercio cervical distal, de lado vestibular y del lado lingual o palatino de el diente a tratar para disminuir la reabsorción radicular.¹²

CAPÍTULO 5 EQUIPOS DE LÁSER UTILIZADOS EN ODONTOLOGÍA

5.1 Equipos de láser de baja potencia utilizados en Odontología.

Los equipos de láser de baja potencia tienen como característica no sobrepasar los 0.5 W de potencia y tener una onda entre 630 nm y 980 nm. Entre los equipos más utilizados en Odontología se encuentran el láser de Arseniuro de Galio y Aluminio (Ga, Al, As), que tienen una longitud de onda de 830 nm y una potencia máxima de 10W, se transmite por fibra óptica. También está el láser de Arseniuro de Galio (Ga, As), tiene una longitud de onda que va de 650 y 950 nm, y por último está el láser de Helio-Neón que tiene una longitud de onda de 632.8 nm.^{31, 32}

5.2 Medidas de seguridad.

Protección ocular: Al hacer uso de un equipo láser se deben utilizar lentes protectores especiales según la longitud de onda que se va a utilizar. Esto se debe a que los tejidos oculares se pueden ver afectados por la radiación (Fig. 17).⁵



Figura 17. Lentes de protección láser. En el borde superior se observa la longitud de onda que protege.¹³

Capacitación: El personal encargado de realizar los tratamientos con equipo láser deben de conocer el correcto uso de esta tecnología, por ello deben de contar con una certificación láser con la categoría I y II, emitida

por una institución de tecnología láser, en el caso de México se puede obtener a través de la Academia de Láser Dental, A. C.⁵

Uso de sustancias o gases inflamables: Se debe evitar el uso de estas sustancias o si se requiere de su uso se debe trabajar con mucha precaución porque la radiación del láser puede causar quemaduras.⁵

Acceso limitado a la zona de trabajo: Se debe controlar el acceso del personal al consultorio, ya que alguna persona podría entrar sin tener la medidas de seguridad adecuadas. Por esta razón se debe colocar una placa en la entrada del consultorio indicando que adentro se está utilizando láser.⁵

Vapores y humo: Al realizar una eliminación de tejido con láser, se generan vapores y humo que pueden contener bacterias o alguna partícula que al ser inhalado puede causar un efecto adverso a los operadores como bronquitis crónica, tuberculosis o cáncer de pulmón, por ello es importante aspirar cerca de la zona que se está tratando con ayuda de un eyector quirúrgico.⁵

5.3 Aplicación en Niños.

El láser de baja potencia también se puede aplicar en niños, el mecanismo de acción del láser en niños sigue siendo el mismo a comparación con un adulto. La aplicación en paciente pediátricos nos ayuda al control de dolor, inflamación, sangrado y acelerar los procesos de reparación celular. Tiene como ventaja no generar más dolor y ser silencioso, esto nos ayuda a evitar asustar al niño. Sus contraindicaciones se encuentran la irradiación prolongada en niños que se encuentran en etapas de crecimiento, niños con piel fotosensible, enfermedades de la glándula tiroidea, que tengan algún trastorno epileptico.^{32, 33}

5.4 Efectos secundarios.

Jímenez López en 1986, indicaron los posibles efectos adversos que pueden llegar aparecer durante el tratamiento con láser.

- Dolor en la primera aplicación de láser, en la segunda aplicación este dolor disminuye.
- Presentar vértigo durante la aplicación del láser.
- Somnolencia.³¹

5.5 Contraindicaciones.

Mier y Basford en 1995 crearon una lista sobre las contraindicaciones absolutas y relativas para aplicación de láser en paciente.

Absolutas:

- Irradiación sobre el globo ocular.
- Irradiación en la glándula tiroides.
- Pacientes con neoplasias, ya que provoca alteraciones en las divisiones celulares.
- Pacientes epilépticos.
- Pacientes con marcapasos.
- Pacientes con infarto al miocardio recientes.³¹

Relativas:

- Pacientes que presenten alguna infección aguda sin previo tratamiento.
- Distiroidismo.
- Piel fotosensibles.
- Mujeres embarazadas.³¹

Conclusión

La aplicación de láser de baja potencia en la actualidad ha ido aumentando en la rama de Odontología, gracias a los diversos estudios donde se comprueba que tiene una función de bioestimulación celular, por lo tanto nos ayuda como analgesico, antiinflamatorio y regenerador tisular.

Los principales usos que le podemos dar en Ortodoncia al láser de baja potencia son para aliviar el dolor presentado durante el tratamiento ortodóncico, acelerar el movimiento dental y para la reabsorción radicular causada por el tratamiento de Ortodoncia, aunque a este último todavía le faltan más evidencia científica para conocer cuál es su mecanismo de acción.

Tiene como ventajas mínima invasión, precisión ya que solo se ve afectada la zona donde se irradia el láser y se evitan otros tratamientos traumáticos como una corticotomía para acelerar el movimiento dental o toma de fármacos para aliviar el dolor producido por el tratamiento y causar un retraso en el movimiento dental porque se ven afectadas las prostaglandinas que son importantes para el movimiento dental, por esto último también el uso de láser de baja potencia nos ayuda a disminuir el tiempo de tratamiento.

El uso de láser de baja potencia nos sirve como una alternativa para ofrecer al paciente y así ayudar a aliviar o disminuir los efectos secundarios del tratamiento de Ortodoncia para evitarle más dolor al paciente y pueda terminar satisfactoriamente su tratamiento sin causarle una mayor molestia, y evitar que abandone el tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Águila Aguilar M. El láser. Su uso en ortodoncia [Internet]. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. 2020. [Consultado 12 Ene 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2020/art-19/#>
2. Bezerra M.C.S.M; Habib F.A.L; Soares L.G.P; Vitale M.C; Pinheiro A.L.B. Comparative analysis of Laser and LED phototherapies pain control after insertion of elastomeric separators in orthodontics patients: Clinical trial. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 233, 2022.
3. Recart A; Fritz M. Uso de láser de baja potencia y su aplicación en Ortodoncia [Internet]. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. 2022. [Consultado 12 Ene 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2022/art-54/>
4. Chintavalakorn, R., Saengfai, N. N., & Sipiyanuk, K. The Protocol of Low-level Laser Therapy in Orthodontic Practice: A Scoping Review of Literature. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. 2022; 12(3): 267–286.
5. Martínez Arizpe H. Odontología láser. 1a ed. México:Trillas; 2007.
6. Wieneke S; Gerhard C. Lasers in medical diagnosis and therapy : basics, applications and future prospects [Internet]. IOP Publishing. 2018 [cited 2023 Mar 26]. ([IOP release 5]). Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002086540&lang=es&site=eds-live>
7. Olivi G; Moor RD; DiVito E. Lasers in endodontics : scientific background and clinical applications [Internet]. Springer. 2016 [cited 2023 Mar 27]. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001907933&lang=es&site=eds-live>
8. Baghizadeh Fini M; Olyae P; Homayouni A. The Effect of Low-Level Laser Therapy on the Acceleration of Orthodontic Tooth Movement. *J Lasers Med Sci*. 2020; 11(2): 204-211.
9. Fields HW. Ortodoncia Contemporánea. Barcelona: Elsevier; 2009.
10. Zheng J; Yang K. Clinical research: low-level laser therapy in accelerating orthodontic tooth movement. *BMC Oral Health*. 2021; 21(1):324.
11. Varella AM, Revankar AV, Patil AK. Low-level laser therapy increases interleukin-1 β in gingival crevicular fluid and

- enhances the rate of orthodontic tooth movement. *AJO-DO*. 2018 ; 154(4): 535-544.
12. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: A clinical investigation. *AJO-DO*. 2012 Marzo; 141(3): 289-297.
 13. Lozada García J; Cañwtw Revé T; Naranjo Gracia A; Castro García RB. Aplicación del láser de baja potencia para el alivio del dolor en pacientes con tratamiento ortodóncico. *MEDISAN*. 2022; 26(1):70.
 14. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. *Int J Oral Sci*. 2016; 8(2):67-75.
 15. Tang Z, Zhou J, Long H, Gao Y, Wang Q, Li X, et al. Molecular mechanism in trigeminal nerve and treatment methods related to orthodontic pain. *Journal of oral rehabilitation* [Internet]. 2022 Feb [cited 2023 Apr 1]; 49(2):125–37. Available from: <https://search-ebscobhost-com.pbidi.unam.mx:2443/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=34586644&lang=es&site=eds-liv>
[e](#)
 16. Wu, S., Chen, Y., Zhang, J. et al. Effect of low-level laser therapy on tooth-related pain and somatosensory function evoked by orthodontic treatment. *Int J Oral Sci*. 2018; 10(22): 1-8.
 17. Acosta Pelayo AO; Gutiérrez Rojo JF. Uso de láser terapéutico para el dolor en el tratamiento ortodóncico. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. 2020.
 18. Figueiredo Deana N; Zaror C; Sandoval P; Alves N. Effectiveness of Low-Level Laser Therapy in Reducing Orthodontic Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Research and Management* [Internet]. 2017 Jan 1 [cited 2023 Apr 1];2017. Available from: <https://search.ebscobhost.com/login.aspx?direct=true&db=edsdoj&AN=edsdoj.f9d38a330ac74921bcf0804755da3811&lang=es&site=eds-live>
 19. Brito MH, Nogueira CQ, Cotrin P, Fialho T, Oliveira RC, Oliveira RG, Salmeron S, Valarelli FP, Freitas KMS, Cançado RH. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in Reducing Pain in the Initial Stages of Orthodontic Treatment. *Int J Dent*. 2022 Jun 14; 2022.
 20. Bezerra MCSM; Habib FAL; Soares LGP; Vitale MC. Comparative analysis of Laser and LED phototherapies pain

- control after insertion of elastomeric separators in orthodontics patients: Clinical trial. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2022; 233(112486).
21. Holmberg Peters F; Zaror Sánchez C; Faabres Suarez R; Sandoval Vidal P. Uso del láser terapéutico en el control del dolor en ortodoncia. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*. 2011; 4(3): 114-116.
 22. Turhani D; Scheriau M; Kapral D; Benesch T; Yonke E; Bantleon HP. Pain relief by single low-level laser irradiation in orthodontic patients undergoing fixed appliance therapy. *AJO-DO*. 2006; 130(3): 371-377.
 23. Altan AB; Bicakci AA; Mutaf HI; Ozkut M; Inan VS. The effects of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption. *Lasers Med Sci*. 2015 Nov; 30(8):2067-76.
 24. Ang Khaw CM; Dalsy O; Foley M; Petocz P; Darendeliler MA; Papadopoulou AK. Physical properties of root cementum: Part 27. Effect of low-level laser therapy on the repair of orthodontically induced inflammatory root resorption: A double-blind, split-mouth, randomized controlled clinical trial. 2018; 154(4): 326-336.
 25. Michelogiannakis D; Ak-Ahammery D; Akram Z; Rossouw PE; Javed Fawad R; Romanos GE. Influence of low-level laser therapy on orthodontically-induced inflammatory root resorption. A systematic review. *Archives of Oral Biology*. 2019; 100: 1-13.
 26. Keklikci HB; Yagcib A. Effects of different wavelengths of low-level laser therapy on orthodontically induced inflammatory root resorption in rats investigated with micro-computerized tomography. *AJO-DO*. 2021; 159(3): 245-251.
 27. Guimaraes Roscoe M; Cattaneo PM; Dalstra M; Melendres Ugarte O; Mereira JBC. Orthodontically induced root resorption: A critical analysis of finite element studies' input and output. *AJO-DO*. 2021; 159(6): 779-789.
 28. Kapila S; King GJ. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics*. Ravindra Nanda. 2° ed. 2015.
 29. Vasconcelos EC, Henriques JF, Sousa MV, de Oliveira RC, Consolaro A, Pinzan A, Henriques FP, Bronfman AN. Low-Level Laser Action on Orthodontically Induced Root Resorption: Histological and Histomorphometric Evaluation. *J Lasers Med Sci*. 2016 Summer; 7(3):146-151.

30. Doreen Ng, Chan AK, Papadopoulou AK, Dalci O, Petocz P, Darendeliler MA. The effect of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption: a pilot double blind randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*. 2018; 40(3): 317–325.
31. Holmberg F; Muñoz J; Holmberg F; Cordova P; Sandoval P. Uso del Láser Terapéutico en el Control del Dolor en Ortodoncia. *Int. J. Odontostomat*. 2010; 4(1):43-46.
32. Rosales MA; Torre G; Saavedra LH; Márquez R; Ruiz MS; Pozos AJ; Garrocho A. Usos del láser terapéutico en Odontopediatría: Revisión de la literatura. Reporte de casos. *ODOVTOS-Int. J. Dent. Sc*. 2018; 20(3): 51-59.
33. Donoso-Martínez FA; Bizcar B; Sandoval C; Sandoval Vidal P. Aplicación del Láser de Baja Potencia (LLLT) en Pacientes Pediátricos: Revisión de Literatura a Propósito de una Serie de Casos. *Int. J. Odontostomat*. 2018; 12(3).

REFERENCIAS DE FIGURAS.

1. Disponible en:
<https://www.forbes.com.mx/forbes-life/tendencias-frases-emblematicas-de-albert-einstein/>
2. Martínez Arizpe H. Odontología láser. 1a ed. México:Trillas; 2007.
3. Wieneke S, Gerhard C. Lasers in medical diagnosis and therapy : basics, applications and future prospects [Internet]. IOP Publishing; 2018 [cited 2023 Mar 26]. ([IOP release 5]). Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001002086540&lang=es&site=eds-live>
4. Disponible en:
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://rsef.es/images/Fisica/P2Luzlaser.pdf>
5. Disponible en:
6. Varella AM, Revankar AV, Patil AK. Low-level laser therapy increases interleukin-1 β in gingival crevicular fluid and enhances the rate of orthodontic tooth movement. *AJO-DO*. 2018 Oct; 154(4): 535-544.
7. Doshi-Mehta G, Bhad-Patil WA. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: A clinical investigation. *AJO-DO*. 2012 Marzo; 141(3): 289-297.
8. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. *Int J Oral Sci*. 2016 Jun 30;8(2):67-75.
9. Brito MH, Nogueira CQ, Cotrin P, Fialho T, Oliveira RC, Oliveira RG, Salmeron S, Valarelli FP, Freitas KMS, Cançado RH. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in Reducing Pain in the Initial Stages of Orthodontic Treatment. *Int J Dent*. 2022 Jun 14;2022.
10. ALSayed Hasan MMA, Sultan K, Hamadah O. Evaluating low-level laser therapy effect on reducing orthodontic pain using two laser energy values: a split-mouth randomized placebo-controlled trial. *European Journal of Orthodontics* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2023 Apr 11];40(1):23–8. Available from:
https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eds_ovi&AN=edsovi.10.1093.ejo%2fcjx013&lang=es&site=eds-live
11. Kapila S; King GJ. Esthetics and Biomechanics in Orthodontics. Ravindra Nanda. 2° ed. 2015.
12. Doreen Ng, Chan AK, Papadopoulou AK, Dalci O, Petocz P, Darendeliler MA. The effect of low-level laser therapy on orthodontically induced root resorption: a pilot double blind

randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*. 2018; 40(3): 317–325.

13. Disponible en:

<https://www.potentelaser.es/producto/deporte-uv-ir-laser-gafas-de-seguridad-190-nm-450-nm-y-800-nm-2000-nm/>