



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Odontología

**Láser fluorescencia en dientes temporales posterior de la irradiación con láser
Er:YAG bajo diferentes densidades de energía**

Tesis

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

Presentan

María del Carmen Benítez Jaimes
Brenda Fabiola Vilchis Díaz

Directores

Dra. en C. S. Laura Emma Rodríguez Vilchis
Dra. en O. Rosalía Contreras Bulnes

Revisores de Tesis

M. en C.O. Nayeli Lovera Rojas
Dr. en C. Ignacio Sánchez Flores

Toluca, Estado de México, Abril 2019

FO

Facultad de Odontología

Índice

Contenido	No. página
1. Antecedentes	3
2. Planteamiento del Problema	18
3. Justificación	19
4. Hipótesis	20
5. Objetivos	21
6. Material y Métodos	22
7. Resultados	29
8. Discusión	30
9. Conclusión	32
10. Referencias	33
11. Anexos	37

1. Antecedentes

La fluorescencia es un proceso de emisión, en la que los átomos o las moléculas se excitan mediante la absorción de un haz de radiación electromagnética.¹

Desde hace más de un siglo el uso de la fluorescencia fue sugerida para la detección de caries en odontología, sin embargo, las técnicas ópticas actuales surgieron con la introducción de la tecnología láser en el campo de la odontología. En la década de los ochenta fue desarrollado un método de detección visual para su aplicación clínica, este método se enfocó en la fluorescencia verde natural del tejido dental. La técnica usó un 488 nm de longitud de onda de excitación de un láser argón-ion, para discriminar la fluorescencia verde brillante del tejido dental sano de la escasa fluorescencia en lesiones de caries. La técnica fue desarrollada más adelante en la década de 1990, en lo que es ahora conocido como fluorescencia cuantitativa inducida por la luz (QLF), utilizando la digitalización de imágenes fluorescentes para cuantificar la pérdida de fluorescencia verde como medida indirecta de pérdida de minerales.² El dispositivo fue desarrollado en Ámsterdam Holanda. El sistema de luz visible es capaz de detectar las lesiones tempranas de caries y luego monitorear longitudinalmente su progresión o regresión, el cual, a través de la tecnología de láser fluorescencia ha demostrado una buena sensibilidad y excelente reproducibilidad en la detección de caries dental.³⁻⁵

Por otra parte, Hibst y Gall ⁶ desarrollaron un dispositivo láser para la detección de caries (Diagnodent®, KaVo, Biberach, Alemania), que utiliza la fluorescencia inducida por láser: 655 nm InGaAsP láser diodo. Inicialmente y como la caries se encuentra asociada con

las bacterias o sus subproductos, esto podría ser la fuente de reacción a la creciente fluorescencia. Sin embargo, años después se identificó la fuente de fluorescencia roja presente en lesiones de caries, como porfirinas, especialmente proto-porfirina IX, que son productos de las bacterias orales, como *Prevotella intermedia* y *P. gingivalis*. Hoy en día la tecnología en este campo se ha perfeccionado, el Diagnodent® es utilizado para determinar el grado de desmineralización de las lesiones de caries.⁷

Actualmente con el uso de índices detallados y validados parece mejorar la precisión del método visual en la detección de caries.^{8,9} Sin embargo, los métodos eléctricos y la fluorescencia láser podrían ser complementos útiles para los exámenes viso-táctiles y radiográficos, especialmente en las superficies oclusales de los molares permanentes y primarios.¹⁰ Asimismo se ha recomendado de acuerdo a la sensibilidad y especificidad informadas en los diferentes estudios, que DIAGNOdent es una herramienta adecuada para la detección de caries como método complementario junto a otros y su uso solo para obtener un plan de tratamiento no es suficiente.¹¹ Estudios más recientes indican la importancia de este instrumento, para la identificación temprana de caries en estadios iniciales previos a la ruptura del esmalte y formación de una cavidad que junto con los métodos convencionales incrementarían la identificación de las lesiones oclusales durante las visitas clínicas de rutina.¹²

Historia del Desarrollo de la Tecnología Láser

El desarrollo de la teoría básica que postula la producción de luz intensa con una configuración específica, surge con el primer láser desde hace cuarenta años.

La caracterización de la luz como un haz de partículas se le atribuye a Newton (1704), quien caracterizó la luz como un haz de partículas, mientras que el experimento de

interferencia de Young en 1803 y el descubrimiento de la polaridad de la luz, convenció a científicos de que la luz era emitida en forma de ondas. La radiación electromagnética como concepto fue descrito desde el punto de vista matemático (la luz es un ejemplo), por Maxwell en 1880. Esta teoría electromagnética de Maxwell, explica la luz como campos de vibraciones rápidas de radiación electromagnética por la oscilación de partículas cargadas. Posteriormente diversos trabajos como el del Hertz entre otros, sentaron las bases, hasta 1922 el físico danés Niels Bohr describe el concepto de Emisión Estimulada de Radiación, la cual postula que alrededor del núcleo de un átomo giran los electrones a una fase estable. Este movimiento constante, hace que el núcleo se cargue de energía y pase a una fase de excitación que provoca que el átomo se vuelva inestable y libere una pequeña cantidad de energía (fotón) para después regresar espontáneamente a su fase inicial, a este proceso se le llama Emisión Espontánea. La luz LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ocurre a través de la amplificación de la emisión estimulada de radiación que da el principio de la Teoría Cuántica, de acuerdo con Albert Einstein (1917). Dicha teoría refiere que cuando los electrones de un átomo durante su fase de reposo, pasan a una fase excitada, al regresar a su fase inicial, liberan el doble de la cantidad de energía, es decir, 2 fotones con longitud de onda idéntica que se mueven a través de una onda coherente en una misma dirección, a este proceso se le llama Emisión Estimulada. Estos fotones tienen la capacidad de energizar más átomos y producir más fotones, dando como resultado una amplificación de la energía produciendo la luz láser. Esta luz es monocromática, no divergente y coherente. Como consecuencia, el que sea coherente y no divergente, resulta en alta densidad energética y que la longitud de onda sea monocromática y direccional, define el destino de absorción. ¹³⁻¹⁵

A partir del desarrollo del láser Rubi por Maiman en 1960, diversos equipos han sido desarrollados con diferentes aplicaciones en el campo de la medicina, oftalmología y odontología. Específicamente en odontología podemos encontrar diferentes equipos láser entre los que se encuentran el CO₂, Láser argón, Neodimio: YAG, (Nd:YAG) los del grupo erbium o erbio Erbio:YAG (Er:YAG), Erbio:YSGG(Er:YSGG), Erbio, cromo:YSGG (Er,Cr:YSGG), entre otros. ^{14,16}

Interacción del láser con los tejidos dentales

Cuando la luz láser llega a un tejido puede ser reflejada (pequeña o ninguna absorción), dispersada (la luz viaja en diferentes direcciones con efectos térmicos menos precisos e intensos), absorbida (convertida en calor) o transmitida a los tejidos circundantes.^{17,18} En el tejido biológico, la absorción se debe principalmente a la presencia de moléculas de agua, proteínas, pigmentos y otras macromoléculas o sustancias que son capaces de absorber la luz .¹⁹

El coeficiente de absorción depende de la longitud de onda de la irradiación láser, así que el coeficiente de absorción (α : cm⁻¹) de 0.61 para láser Nd:YAG (1064 nm), 12.000 para el Er: YAG (2,940 nm) y 860 para el CO₂ láser (láser de dióxido de carbono) (10.600 nm).¹⁸

El efecto térmico del calor producto de la absorción del láser por los tejidos depende de la composición de éstos (cantidad de agua, componentes orgánicos e inorgánicos) y de su tiempo de exposición. Entonces, el incremento en la temperatura del tejido puede producir cambios en su estructura y composición, que van desde una desnaturalización

a la vaporización, carbonización e incluso a la fusión seguida por la recristalización, en el caso de tejidos duros.²⁰

Interacción del láser con los tejidos blandos

La radiación láser puede interactuar con un tejido biológico por medio de tres procesos: reflexión, transmisión y absorción.

La magnitud relativa de cada proceso depende de las propiedades del láser y el tejido biológico; en los últimos años se han descubierto algunas evidencias de cambios irreversibles después de una exposición prolongada, como son:

- Capacidad de cortar, coagular, realizar ablación o vaporizar los elementos tisulares.
- Sellado de los pequeños vasos sanguíneos (campo seco en cirugía).
- Sellado de pequeños vasos linfáticos (reducción del edema postoperatorio).
- Esterilización de tejido (debido a la acumulación de calor y la producción de la capa de escara y destrucción de las formas bacterianas).
- Disminución de la contracción del tejido postoperatorio (disminución de la cantidad de cicatrices).
- Interacción del láser con los tejidos duros.
- Capacidad para realizar la ablación selectiva de caries dental (ablación más rápida debido al mayor contenido de agua).
- Reducción del agrietamiento perioperatorio en comparación con la instrumentación rotatoria.
- Posibilidad de restauración mínimamente invasiva en el tratamiento de las caries tempranas.

- Reducción en el aumento de la temperatura de la pulpa.
- Esterilización de cavidad.¹⁹

El láser Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet (Er:YAG) fue introducido por Zharicov en 1975. El medio activo de este láser es un cristal sólido de itrio-aluminio-granate revestido con erbio. El cual opera en una longitud de onda cercana a la frontera del infrarrojo y medio infrarrojo de 2.94 μm (2,940 nm) y es altamente absorbido por el agua. Su coeficiente de absorción de agua es 10 veces mayor que el CO_2 10.6 μm (10,600 nm) y de 15,000-20,000 veces más que el de Nd:YAG 1.064 μm (1,064 nm).¹⁶ El láser Er:YAG fue aprobado hasta 1997 por la US Food and Drug Administration (FDA) para la eliminación de caries y preparación cavitaria,¹⁴ en 1999 para la cirugía de tejidos blandos, limpieza surcular y en 2004 para cirugía ósea.¹⁸ El Er:YAG es quizás el más versátil de todos los tipos de láser disponibles en el mercado actualmente, debido a las múltiples aplicaciones en Odontología tanto para tejidos duros como blandos, aunque quizás, una de sus limitaciones sea su efectividad en la coagulación respecto a otros.¹⁴

Esmalte

Generalidades

El esmalte o también denominado tejido adamantino cubre a la dentina en su porción coronaria, protegiendo al tejido conectivo subyacente. También el tejido más duro del organismo, constituido por prismas mineralizados en todo su espesor. Además, es el material más denso del sistema de los vertebrados, es acelular y casi desprovisto de material orgánico, es un sistema químico activo que participa en diversas reacciones

como el transporte de soluciones e iones desde la saliva a la dentina y procesos de desmineralización y remineralización.

La organización en el esmalte sigue niveles estructurales. Los elementos más grandes son los bastoncitos o prismas, formando un conjunto densamente empaquetado desde la unión de esmalte-dentina hacia la superficie exterior. Sus propiedades, como densidad y dureza se derivan de la distribución de estos vástagos compuestos de cristalitas alargados.

Los bastoncitos o prismas están a su vez formados por cristales y cada cristalito se compone de miles de subunidades denominadas: células unitarias. Los cristalitas incipientes aparecen desordenados y a medida que maduran se engrosan y se hacen más ordenados. La longitud media de un bastoncito se halla limitada por el espesor de la capa de esmalte, generalmente de 1-3 mm. Los cristalitas de esmalte presentan modelos de difracción de los rayos X que son característicos de las estructuras de apatito. El hidroxiapatito es uno de los minerales de apatito, algunos naturales o sintetizados. En los apatitos naturales se encuentran iones de sodio, potasio, fosfatos hidrogenados y carbonatos.

El agua en el esmalte se encuentra en un 3% y menos de 1% es materia orgánica, su composición es compleja, al estar formado de iones de: Ca, P, CO₃, Mg, Na, K, Cl, F, Ca/P y grandes cantidades de carbonato. El agua es un componente importante, pero se sabe poco sobre sus moléculas. Su composición química varía considerablemente de uno a otro individuo incluso de un diente a otro. Las concentraciones de los diversos elementos son distintas a diferentes distancias de la superficie dental. La concentración por ejemplo de flúor es más alta en regiones externas del esmalte y disminuye al separarse de la superficie en dirección a la unión esmalte-dentina; el carbonato es más

bajo en la superficie y aumenta en la unión esmalte-dentina. El estroncio esta uniformemente distribuido en toda la profundidad del esmalte.^{21,22}

Características

- Embriológicamente deriva del ectodermo.
- La matriz orgánica es proteica con polisacáridos
- Las células secretoras del tejido adamantino: los ameloblastos desaparecen durante la erupción dentaria, esto implica que no hay crecimiento de esmalte después de la erupción.
- El esmalte maduro es una estructura acelular, avascular y sin inervación.
- Es incapaz de repararse, no posee poder regenerativo, aunque puede darse en el fenómeno de remineralización.

El esmalte en los dientes erupcionados está cubierto por una película primaria cuya función es de protección, que desaparece al entrar en oclusión; posteriormente se cubre con una película secundaria de origen salival.

En el cuello dentario el esmalte se relaciona con la encía por medio de la unión dentogingival. En general el espesor del esmalte decrece desde incisal hacia cervical, presenta mayor espesor por vestibular que por lingual. Su espesor máximo es de 2-3 mm en las zonas con grandes impactos masticatorios.

Propiedades físicas del Esmalte:

- Dureza: es la resistencia superficial, dada por la diferente orientación y cantidad de cristales en las distintas zonas del prisma.
- Elasticidad: es muy escasa, es un tejido frágil cuando no tiene un apoyo dentinario.
Es mayor en la zona del cuello.

- Color y transparencia: es translúcido, el color varía entre un blanco amarillento (delgado) a un color blanco grisáceo (mayor espesor). Depende de la dentina; a mayor mineralización mayor translucidez.
- Permeabilidad: es escasa, permitiendo la difusión del agua y de algunos iones, por ejemplo, los iones de flúor lo tornan menos soluble a los ácidos.
- Radioopacidad: es la oposición al paso de los rayos Roentgen, es muy alta por su alto grado de mineralización.

Composición química

El esmalte está constituido químicamente por una matriz orgánica 1-2%, una matriz inorgánica 95% y agua 3-5%.²¹

La matriz orgánica en el esmalte maduro comprende principalmente dos grupos únicos de proteínas. Alrededor del 90% se agrupan como no amelogenina.²³

- Matriz orgánica de naturaleza proteica, destacando las amelogeninas que disminuyen en la madurez del esmalte, enamelinas, ameloblastinas: que se localizan en las capas más superficiales del esmalte, la tuftelina que se localiza al comienzo del proceso de formación del esmalte. La parvalbúmina cuya función es el transporte de calcio intracelular al extracelular.
- Matriz inorgánica: constituida por sales minerales cálcicas como carbonatos y sulfatos, y oligoelementos.
- Agua: constituyendo la denominada capa de hidratación que disminuye con la edad.²¹
- El agua representa alrededor del 3% en peso del esmalte (aproximadamente 5-10% en volumen). El agua está relacionada con la porosidad del tejido.²³

Estructura histológica

El esmalte está constituido por unidades estructurales básicas y secundarias.

- Unidad estructural básica del esmalte: son los prismas del esmalte, que en conjunto forman el esmalte prismático, que va desde la unión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte. En los prismas podemos distinguir dos regiones: la cabeza o cuerpo y la cola. La posición de las cabezas entre las colas y las colas entre las cabezas confiere mayor resistencia al esmalte. La cabeza soporta los choques de las fuerzas masticatorias, las colas las distribuyen y las disipan. Además, se encuentran constituidos por cristales de hidroxiapatita, paralelos en la cabeza, y se van inclinando en la zona de unión de la cabeza con la cola hasta una posición perpendicular, su orientación es compleja por su recorrido sinuoso en hileras, o planos circunferenciales; tienen un aspecto diferente en dientes primarios y dientes permanentes, así mismo pueden variar en cada zona o sector de un elemento dentario. ²³

En algunas regiones del diente, el esmalte puede carecer de prismas (esmalte aprismático). Este se localiza en la superficie externa del esmalte prismático, está presente en todos los dientes primarios y en el 70% de los dientes permanentes; en las regiones cervicales y fisuras.

- Unidades estructurales secundarias del esmalte: son aquellas estructuras o variaciones estructurales dentro de las cuales se encuentran las siguientes:
Estrías de Retzius: aparecen en forma de bandas de color parduzco y claras, son numerosas en la región cervical. Marcan la sucesiva aposición de capas de tejido durante la formación de la corona. ²¹

Líneas Incrementales: el esmalte se forma rítmicamente con periodos de actividad, alternando con períodos de reposo, dando por resultado la aparición de líneas incrementales. Hay dos tipos principales de línea incremental: las que se forman durante un período corto (estriaciones cruzadas) y un periodo largo (estrías de esmalte).

Estrías Cruzadas

Las estrías cruzadas son diurnas y se forman cada 24 horas. Las estrías cruzadas aparecen como líneas que cruzan los prismas del esmalte en ángulos rectos, con una separación aproximada de 4 μm .

Estrías del Esmalte

Las estrías del esmalte representan líneas incrementales aproximadamente semanales y se ven en secciones longitudinales de la corona como líneas prominentes que corren oblicuamente a través de los prismas del esmalte a la superficie. En las secciones horizontales forman anillos concéntricos.²³

Penachos Adamantinos o de Linderer: son estructuras muy semejantes a las microfisuras, se extienden en el tercio interno del esmalte, se forman durante el desarrollo del esmalte debido a la orientación de algunos ameloblastos. Están formados por tejido poco mineralizado es decir están hipomineralizados contiene una cantidad importante de proteínas. Son parecidos a los mechones de pasto, parecen viajar en la misma dirección que los prismas y debido a su alineación, se visualizan mejor en secciones transversales.^{21,23}

Bandas de Hunter-Schreger: son unas bandas claras y oscuras denominadas respectivamente; parazonas y diazonas, están en las cuatro quintas partes del esmalte, en todos los dientes permanentes; su origen no está absolutamente explicado.

El esmalte nudoso es una zona del esmalte prismático en regiones de las cúspides, formado por una compleja interrelación de prismas adamantinos se localiza en las zonas más expuestas a la masticación.²¹

Así mismo encontramos, Periquimatias y líneas de imbricación Pickerill, línea Neonatal entre otros.

La unión entre el esmalte y dentina representa el límite entre el esmalte y la dentina y se conoce como la unión esmalte-dentina. Tiene una forma ondulada o festoneada la cual es particularmente evidente debajo de cúspides y de borde incisal. Las convexidades de las ondas se proyectan desde el esmalte hasta la dentina. Las características observadas en la unión de esmalte dentina incluyen husos de esmalte, penachos de esmalte y laminillas o lamelas de esmalte. ^{21,23}

Formación del Esmalte (Amilogénesis)

La formación del esmalte incluye cinco etapas que a continuación se describen:

1. Pre-secretoria

Es la etapa que conduce a la secreción de la matriz del esmalte. Las señales iniciales de la diferenciación ocurren en la punta de cúspide o el borde incisal y se separan gradualmente abajo de los lados de la corona.

2. Secretora

La etapa secretora se caracteriza por la síntesis y secreción de la matriz de esmalte y su mineralización inicial.

3. Transición

El esmalte joven que se deposita inicialmente tiene un alto contenido de agua, proteína, bajo en contenido mineral y es poroso. La maduración del esmalte es llevada a cabo por el ameloblasto, sin embargo, para que este proceso suceda el ameloblasto cambia de secretor a maduración y a esta etapa se le denomina transición.

4. Maduración

Es la etapa que se caracteriza por el incremento de minerales y una pérdida cuantitativa de la matriz orgánica del 30% al 1%.

5. Post maduración

Una vez que la maduración del esmalte finaliza, los ameloblastos sufren más cambios en su morfología asociados a los cambios en su función, los cuales se consideran como la etapa de post-maduración. Las células se aplanan y una capa de proteína, delgada y amorfa, de la cutícula de la primaria del esmalte separa las células del esmalte. Esta cutícula puede ser considerada como la lámina basal y la distal.²³

Durante la formación del esmalte dental y posterior a la erupción pueden ocurrir alteraciones patológicas que incluyen:

Defectos de formación del esmalte:

a) Defectos en la formación del esmalte (amelogenesis) afectan la formación del esmalte y cuya etiología puede ser de origen genético o medio ambiental; pueden afectar solo un área o toda la superficie del diente, puede ser localizada en uno o dos dientes o generalizada afectando a todas las piezas. Las dos alteraciones más características son la hipoplasia (amelogenesis defectuosa, ausencia parcial o total de matriz adamantina) y la hipo calcificación que es la deficiencia en el mecanismo de mineralización, presenta manchas opacas en la superficie.

b) Patología neoplásica: los ameloblastos pueden proliferar neoplasicamente, el tumor originado se llama ameloblastoma formado por masas celulares sólidas y quistes, su localización más frecuente es la región molar de la mandíbula.

c) Caries dental: es una enfermedad multifactorial, donde interviene un proceso dinámico de desmineralización del esmalte por debajo de la superficie del mismo; al avanzar dicha afectación se origina una cavitación progresiva, hay tres zonas preferenciales

1) Fosas y surcos: en caras oclusales

2) Superficies proximales y libres: son zonas de difícil limpieza

3) Unión amelocementaria: afecta al cemento expuesto.²¹

Los dientes temporales a diferencia de los permanentes presentan un menor espesor de esmalte con un promedio de 1,14 mm en los temporales y 2,58 mm en los dientes permanentes, mientras que el diámetro de la cabeza del prisma es similar, la densidad

numérica de los prismas del esmalte es mayor en los dientes temporales y el contenido de calcio y fosforo es mayor en los dientes permanentes. ²⁴ Las imágenes SEM del esmalte de los dientes primarios muestran que el esmalte es liso con pequeñas áreas de irregularidad, mientras que en el permanente no es perfectamente liso y existen surcos e irregularidades de profundidad y ancho variable.²⁵

Efectos del láser Er:YAG en la Irradiación del Esmalte

Diversos cambios se han observado en el esmalte al ser irradiado con el láser Er:YAG, estos incluyen cambios en tanto en la composición química del esmalte como en su morfología. Dentro de los cambios químicos se ha notado que las concentraciones de carbonato disminuyen, y relación calcio y fosforo se incrementa. En lo que respecta a los cambios morfológicos en ambas denticiones, se observa la formación de cráteres, recristalización y fusión, entre otros. ²⁶⁻³⁰

2. Planteamiento del Problema

El desarrollo de la tecnología láser se inicia en 1960 y no es hasta 1997 que se aprueba el uso del láser Er:YAG por la *US Food and Drug Administration (FDA)*, para diferentes aplicaciones, principalmente para la preparación de cavidades, la eliminación de caries y otros usos tanto para tejidos blandos como duros.¹⁴

En la actualidad su aplicación representa diferentes retos para su uso eficiente en la práctica clínica, tanto para la eliminación de caries, acondicionamiento del esmalte y su posible uso en la prevención de caries dental. Por otra parte, es importante destacar que existen diferencias estructurales entre los dientes temporales en comparación con los permanentes.^{24,25} Por lo que es importante considerar su uso en la dentición temporal.

Por otra parte, no existe información respecto a los valores de láser fluorescencia en dientes temporales bajo diferentes densidades de energía por lo que con el presente trabajo se pretende contestar a la siguiente pregunta.

¿Cuáles son los valores de láser fluorescencia en dientes temporales posterior a la irradiación con láser Er:YAG bajo diferentes densidades de energía?

3. Justificación

Desde hace más de un siglo el uso de la fluorescencia fue sugerida para la detección de caries en odontología. Sin embargo, las técnicas ópticas actuales surgieron con la introducción de la tecnología láser en el campo de la odontología. En la década de los ochenta fue desarrollado un método de detección visual para su aplicación clínica, este método se enfocó en la fluorescencia verde natural del tejido dental. La técnica usó 488 nm de longitud de onda de excitación de un láser argón-ion, para discriminar la fluorescencia verde brillante del tejido dental sano de la escasa fluorescencia en lesiones de caries.² Posteriormente Hibst y Gall ⁶ desarrollaron un dispositivo láser para la detección de caries (Diagnodent®, KaVo, Biberach, Alemania), que utiliza la fluorescencia inducida por láser: 655 nm InGaAsP láser diodo. Hoy en día, la tecnología en este campo se ha perfeccionado y el Diagnodent® es utilizado para determinar el grado de desmineralización de las lesiones de caries.⁷

Por lo que con el presente proyecto, se pretende aportar información respecto a la pérdida mineral que ocurre en los dientes temporales después de la irradiación con el láser Er:YAG bajo diferentes densidades de energía, con lo cual en un futuro quizás puede ser aplicado en la prevención de caries dental.

4. Hipótesis

Hipótesis de Trabajo

A mayor densidad de energía aplicada, mayores serán los valores de láser fluorescencia, es decir mayor pérdida mineral.

Hipótesis Nula

A mayor densidad de energía aplicada, los valores de láser fluorescencia no serán mayores, es decir la pérdida mineral no será mayor.

5. Objetivos

General

Determinar la láser fluorescencia del esmalte en dientes temporales posterior a la irradiación con láser Er: YAG bajo diferentes densidades de energía.

Específicos

Obtener los valores de láser fluorescencia, previos a la irradiación de los dientes temporales

Evaluar los valores de láser fluorescencia, posteriores a la irradiación de los dientes temporales bajo las diferentes densidades de energía aplicadas.

Comparar los valores de fluorescencia de los diferentes grupos después de la irradiación y disolución ácida.

6. Material y Métodos

Diseño de estudio

El presente estudio fue experimental in vitro, en el cual se incluyeron 30 dientes temporal seleccionadas bajo los siguientes criterios.

Criterios de inclusión

- Dientes deciduos extraídos por estar próximos a exfoliar, por prolongada retención o por indicación ortodoncia u ortopédica.
- Dientes deciduos con esmalte sano (DIAGNO dent, KaVo. Valor 0 – 13).

Criterios de exclusión

- Dientes deciduos con fluorosis u otras alteraciones del esmalte.
- Dientes deciduos con fracturas y obturaciones.

Criterios de eliminación

- Muestras que presenten algún otro defecto de la superficie del esmalte al analizarlas con el microscopio estereoscópico, antes de irradiar el esmalte con el láser Er:YAG.

Tabla 1.- Definición Conceptual y Operacional de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Tipo de variable	Escala de medición	Análisis Estadísticos
<i>Variable Independiente de Agrupación</i>					
<i>Irradiación Láser Er:YAG</i>	Cantidad total de energía por superficies de área.	Cantidad total de energía liberada sobre un área específica de la superficie del esmalte (J/cm ²).	Cuantitativa	Razón	No aplica
<i>Variable dependiente</i>					
<i>Láser Fluorescencia (DIAGNOdent)</i>	Láser utilizado para diagnóstico de caries el cual determina el grado de desmineralización.	Valores DIAGNOdent Método de diagnóstico que permite evaluar la pérdida mineral en los tejidos dentarios, bajo los siguientes valores: 0 - 13: Sano. 14 - 20: Caries en Esmalte. 21 – 29: Caries Profunda en Esmalte. >30: Caries en Dentina.	Cualitativa	Ordinal	Wilcoxon

Procedimientos

Selección y preparación de las muestras

Los dientes se obtuvieron, con el consentimiento informado del paciente y de los padres. Una vez obtenidos dichos órganos dentarios se colocaron en solución de timol al 0.2 % y se transportaron al laboratorio.

Los especímenes recolectados se limpiaron con agua deionizada, los restos de tejido blando se retiraron con un bisturí. Las coronas se cepillaron suavemente con un cepillo suave (Sulcus, Oral-B, México), se enjuagaron con agua deionizada y se almacenaron a 4° C en solución de timol al 0.2 % hasta su análisis. Posteriormente, las coronas se enjuagaron con agua desionizada, se secaron con aire para ser observadas bajo el microscopio estereoscópico y el sistema láser de detección de caries DIAGOdent pen® (KaVo, Biederach, Alemania).

Irradiación del esmalte con Láser Er:YAG

Un sistema láser Er:YAG (Lumenis OPUS DUO™ Er:YAG + CO₂, Yokneam, Israel) se usó (Figura 1). Para irradiar las muestras, a una longitud de onda fija de 2.94 μm , un pulso de energía de 100 a 200 (dependiendo del grupo experimental), pulso de repetición de 7 Hz, un pulso de duración de 250 a 400 μs con una punta de zafiro de 1.0 mm y 1.3 mm de diámetro.



Figura 1. Er:YAG (Lumenis OPUS DUO™ Er:YAG + CO₂, Yokneam, Israel

La irradiación se llevó a cabo de forma manual a lo largo de la muestra completa, de tal manera, que la punta escaneó la muestra suavemente en una sola dirección y perpendicular a ella. Cada muestra fue irradiada por 13 segundos en modo enfocado a una distancia de 1 mm con irrigación de agua desionizada 5 mL/min. Los niveles de energía fueron calibrados con un dispositivo incluido en el equipo, la energía liberada fue medida periódicamente con un medidor de potencia (LaserMate-P, Coherent Co., Santa Clara, CA).

Treinta dientes temporales fueron divididos en 3 grupos (n=10). Grupo I, irradiado a 100 mJ (7.5 J/cm²); Grupo II, irradiado a 100 mJ (12.7 J/cm²); Grupo III, irradiado a 200 mJ (39.8 J/cm²) se irradiaron con irrigación de agua deionizada 5 mL/min (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de radiación láser para los grupos experimentales.

Grupo	Condiciones de irradiación
G I	100 mJ (7.5 J/cm ²) punta 1.3, 7 Hz, 13 s, 5 ml/min.
GII	100 mJ (12.7 J/cm ²) punta 1.0 7 Hz, 13 s, 5 ml/min.
G III	200 mJ (39.8 J/cm ²) punta 0.8 7 Hz, 13 s, 5 ml/min.

Evaluación con láser Fluorescencia (DIAGNOdent)

El esmalte de cada órgano dentario fue evaluado inicialmente con láser (DIAGNOdent pen, Kavo, USA) (Figura 2) y nuevamente después de la irradiación, de acuerdo a lo siguiente: el láser calibrado previo a la evaluación de la muestra y recalibrado cada 10 muestras. La punta específica para superficies planas se utilizó escaneando manualmente la superficie bucal, con la punta colocada perpendicularmente a la superficie dentaria, formando un ángulo de 60°. Los valores obtenidos fueron registrados en el anexo II.



Figura 2. DIAGNOdent (DIAGNOdent pen, Kavo, USA)

Implicaciones Bioéticas

En la presente investigación se contemplaron los principios éticos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (64ª Asamblea General de octubre de 2013)

En el Artículo 7 de este documento se establece que “la investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover y asegurar el respeto a todos los seres humanos, proteger su salud y sus derechos individuales”. La donación de órganos dentarios no representó daño alguno para los sujetos participantes, pues fue por indicación terapéutica o exfoliación natural. Asimismo, se atendieron todas las disposiciones vertidas en las leyes y reglamentos vigentes en México, entre las que destacan algunas consideraciones estipuladas en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Salud.

De acuerdo al Artículo 17, la presente investigación se consideró “con riesgo mínimo”, debido a que involucró la obtención de dientes deciduos y permanentes exfoliados o extraídos por indicación terapéutica. El paciente menor de edad firmó un escrito de asentimiento informado, conforme a lo establecido en el Artículo 37, su representante legal y dos testigos firmaron el consentimiento informado que reúne los requisitos enunciados en el Artículo 22.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS 24 (SPSS IBM., New York, NY). Para evaluar la distribución de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y para establecer las diferencias antes y después de la irradiación se aplicó la prueba de Wilcoxon con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

7. Resultados

Los resultados de los valores de láser fluorescencia (DIAGNOdent) antes y después de la irradiación por grupo, se presentan en la Tabla 3, en donde observamos que el grupo I y III alcanzaron valores promedio de 8.36 ($p=0.04$) y 30.24 ($p=0.00$) respectivamente, con diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de antes y después de la irradiación por grupo

Grupo	n	Antes de la Irradiación	Después de la Irradiación
I	10	6.38 ± 2.56	*8.36±2.61
II	10	5.52 ± 2.41	5.59±1.92
III	10	5.24 ± 2.31	*30.24±15.00

*Diferencias estadísticamente significativas ($p\leq 0.05$)

8. Discusión

Actualmente la tecnología láser fluorescencia en el campo del diagnóstico se ha perfeccionado y el DIAGNOdent es utilizado para determinar el grado de desmineralización del esmalte.⁷ En el presente estudio se evaluaron los efectos del láser Er:YAG en dientes temporales utilizando esta tecnología. En los resultados podemos observar que existe un cambio importante en los valores de láser fluorescencia, sobre todo en el grupo III, al cual se le aplicó la densidad de energía más alta. Con respecto al grupo II se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio, de antes y después de la irradiación, lo cual se puede deber a la diferencia en estructura de los dientes de ese grupo y no es relevante ya que el equipo trabaja en rangos, considerando sano de 0-13, es decir en ambos grupos se conservan en el rubro de sano. Por otra parte los efectos del láser Er:YAG sobre la superficie del esmalte pueden variar de acuerdo a las condiciones empleadas pero en la mayoría de los estudios ya sea en dientes permanentes o temporales se ha observado, un incremento en la rugosidad cambios en la composición química, alteraciones morfológicas entre otros.²⁶⁻

³¹Lo importante en este trabajo es que si se utiliza la energía en el nivel del grupo III evidentemente se produce una desmineralización importante de acuerdo a los valores de fluorescencia, que indicarían una lesión de caries en dentina, por lo que no sería adecuado utilizar esta densidad de energía con fines de prevención, sin embargo, en un reporte³¹ en dientes permanentes en donde se aplicó una densidad de energía similar, y en el que se estudió la rugosidad del esmalte y la adherencia de las principales bacterias involucradas en el desarrollo de caries como *S. mutans* and *S. sanguinis*. Concluyeron que incremento en la rugosidad no incrementa la adherencia de ambas bacterias, y es

probable que esto se deba al cambio químico producido por la irradiación. Pero quizás esto no suceda de la misma manera en los dientes temporales ya que existen diferencias en la estructura entre las que se encuentran: Los dientes temporales presentan un menor espesor de esmalte con un promedio de 1,14 mm en los temporales y 2,58 mm en los dientes permanentes, la densidad numérica de los prismas del esmalte es mayor en los dientes temporales y el contenido de calcio y fosforo es mayor en los dientes permanentes.²⁴ Las imágenes SEM del esmalte de los dientes primarios muestran que el esmalte es liso con pequeñas áreas de irregularidad, mientras que en el permanente no es perfectamente liso y existen surcos e irregularidades de profundidad y ancho variable.²⁵

En otros estudios en donde se evaluaron los efectos de la irradiación en dientes temporales con fluorescencia y aplicaron densidades 19.9 y 19.1 J/cm², el mayor porcentaje de las muestras ubico en sano de acuerdo a los valores de laser fluorescencia.

32,33

9. Conclusión

Los grupos I y II presentan promedios que se ubican dentro de los parámetros de láser fluorescencia como sanos, mientras que en el grupo III, los valores promedio son mayores a 30, lo que se significa que existe una lesión en dentina.

10. Referencias

1. Skoog, D.A. Holler, F J and Crouch S.R.Nieman T.A. Principles of Instrumental Analysis. 7th edition, Cengage Learning . USA. 2018.
2. Parker S. Verifiable CPD paper: low-level laser use in dentistry.Br Dent J 2007;202:131-138
3. Stookey GK. Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. Dent Clin North Am 2005;49(4):753-70.
4. Pretty IA: Caries detection and diagnosis: novel technologies. J Dent 2006;34(10):727-39.
5. Berg JH. Dental caries detection and caries management by risk assessment. J Esthet Restor Dent 2007;19(1):49-55.
6. Hibst R,Gall, R: Development of a diode laser based fluorescence caries detector. Caries Res 1998; 32: 294.
7. Hibst R, Paulus R, Lussi A: Detection of occlusal caries by fluorescence: basic and clinical investigations. Med Laser 2001;16: 205–213
8. Gimenez T, Piovesan C, Braga MM, Raggio DP, Deery C, Ricketts DN4, Ekstrand KR, Mendes FM. Visual Inspection for Caries Detection: A Systematic Review and Meta-analysis. J Dent Res 2015 94;(7):895-904.
11. Hoskin ER, Keenan AV. Can we trust visual methods alone for detecting caries in teeth? Evid Based Dent 2016;17(2):41-2.
12. Twetman S, Axelsson S, Dahlén G, Espelid I, Mejåre I, Norlund A, Tranæus S. Adjunct methods for caries detection: a systematic review of literature. Acta Odontol Scand. 2013;71(3-4):388-97

13. Nokhbatolfoghahaie H, Alikhasi M, Chiniforush N, Khoei F, Safavi N, Yaghoub Zadeh B. Evaluation of Accuracy of DIAGNOdent in Diagnosis of Primary and Secondary Caries in Comparison to Conventional Methods. *J Lasers Med Sci.* 2013 ;4(4):159-67.
12. Kucukyilmaz E, Sener Y, Botsali MS. In Vivo and In Vitro performance of Conventional Methods, DIAGNOdent, and an Electronic Caries Monitor for Occlusal Caries Detection in Primary Teeth. *Pediatr Dent.* 2015;37(4):E14-22
13. Parker S. Introduction, history of lasers and laser light production. *Brit Dent J.* 2007; 202: 21-31.
14. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000; 44:717-752.
15. Martínez H. *Odontología Laser.* México D.F: Trillas; 2007:11-56.
16. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA. Potential applications of Erbium:YAG laser in periodontics. *J Periodont Res* 2004;39:275-85.
17. Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D, et al.. The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent.* 2003;24:935-48.
18. Aoki A, Sasaki K M, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol 2000.* 2004;36:59-97.
19. Parker S. Laser-tissue interaction. *Brit Dent J.* 2007; 202: 73-81.
20. Dederich DN, Bushick. RD. Lasers in dentistry: Separating science from hype. *JADA* 2004; 135:204-12.

21. Gómez de Ferraris ME, Campos M.A. Histología y embriología bucodental. 2a ed. Madrid: Panamericana; 2007:238-269.
22. Menaker L, Morhart R.E, Navia J.M. Bases biológicas de la caries dental. Barcelona: Salvat; 1986:239-275.
23. Berkovitz BKB, Moxham BJ, Linden RWA, Sloan AJ. Master Dentistry Volume Three Oral Biology. China: Elsevier; 2011: 161-163.
24. De Menezes Oliveira MA, Torres CP, Gomes-Silva JM, Chinelatti MA, De Menezes FC, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. Microsc Res Tech. 2010 ;73(5):572-7.
25. Lucchese A, Storti E. Morphological characteristics of primary enamel surfaces versus permanent enamel surfaces: SEM digital analysis. Eur J Paediatr Dent. 2011 ;12(3):179-83.
26. Liu Y, Hsu CY, Teo CM, Teoh SH. Subablative Er:YAG Laser Effect on Enamel Demineralization. Caries Research. 2013; 47: 63-68.
27. Diaz JM, Contreras R, Olea OF, Garcia MM, Rodriguez LE, Sánchez I, Centeno C. Chemical Changes Associated with Increased Acid Resistance of Er:YAG Laser Irradiated Enamel. The Scientific World Journal. 2014; 1-6.
28. Apel C, Meister J, Götz H, Duschner H, Gutknecht N. Structural Changes in Human Dental Enamel after Subablative Erbium Laser Irradiation and Its Potential Use for Caries Prevention. Caries Research. 2005; 39: 65-70.

29. Rodríguez LE, Contreras R, Sanchez I, Cuauhtémoc E. Acid Resistance and Structural Changes of Human Dental Enamel Treated with Er:YAG Laser. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2010; 28 (2): 207-211.
30. Zamudio CM, Contreras R, Scougall RJ, Morales RA, Olea OF, Rodríguez LE, García MM. Morphological and Chemical Changes of Deciduous Enamel Produced by Er:YAG Laser, Fluoride, and Combined Treatment. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2014; 32(5): 252-259.
31. Teutle-Coyotecatl B, Contreras-Bulnes R, Scougall-Vilchis RJ, Almaguer-Flores A, García-Pérez VI, Rodríguez-Vilchis LE, Arenas Alatorre J. Adhesion of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* on Er:YAG Laser Irradiated Dental Enamel: Effect of Surface Roughness. *Photomed Laser Surg*. 2018;12 (36):660-666.
32. Rodríguez- Rodríguez JJ. Tirado Escalante AD. Valores DIANGNOdent en Esmalte Temporal Acondicionado con Laser Er : YAG VS. Grabado Convencional.[Tesis]. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México; 2016.
33. Avilés- Hurtado MA, Zepeda- Flores LG. Valores DIAGNOdent en esmalte temporal después de la irradiación con láser Er:YAG vs. CO₂. [Tesis]. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México; 2017.

11. Anexos

Anexo I



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Odontología

Asentimiento Informado Paciente Menor de Edad para la Donación de Órganos Dentarios

Nombre(s) del paciente

Apellido paterno

Apellido materno

en forma voluntaria y sin alguna presión asiento en donar _____ órgano(s) dentario(s).

Estoy de acuerdo en que mis dientes sean utilizados en algún proyecto de investigación de la **Facultad de Odontología de la UAEM**, que contribuya al conocimiento para la prevención y tratamiento de las enfermedades dentales.

Declaro que no he recibido dinero por la donación que hago y sé que las muestras no serán vendidas o distribuidas con fines comerciales.

Se me ha hecho saber que todos mis datos personales serán guardados en secreto y confidencialidad.

He sido informado(a) acerca del proyecto de investigación vigente en el que podrían ser incluidos los dientes que dono, entiendo claramente toda la información de este documento y me han sido aclaradas todas las dudas que tenía sobre mi participación.

Nombre(s) del padre o tutor

Apellido paterno

Apellido materno

Además, mi padre/madre conoce las condiciones de la presente donación y cuento con su consentimiento informado por escrito.

Fecha de nacimiento del paciente: _____

Género: masculino femenino

Anexo II



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Odontología

Consentimiento Informado del Padre o Tutor del Paciente Menor de Edad para la
Donación de Órganos Dentarios

Nombre(s) del padre o tutor

Apellido paterno

Apellido materno

como representante legal de _____, en
Nombre(s) del paciente Apellido paterno Apellido materno

forma voluntaria y sin alguna presión consiento que él (ella) done _____ órgano(s) dentario(s).

Autorizo que los dientes donados sean utilizados en algún proyecto de investigación de la **Facultad de Odontología de la UAEM**, que contribuya al conocimiento para la prevención y tratamiento de las enfermedades dentales.

Declaro que no he percibido alguna retribución económica debido a la donación y es de mi conocimiento que las muestras no serán vendidas o distribuidas con fines de lucro. Se me ha hecho saber que mi identidad y la del paciente menor de edad al que represento serán guardadas en estricta confidencialidad. Además, he sido informado(a) acerca del proyecto de investigación vigente en el podrían ser incluidas las muestras donadas, he comprendido toda la información del presente documento y me han sido aclaradas todas las dudas acerca de éste.

Ciudad:

Fecha:

Firma del padre o tutor

Testigos:

Relación con el paciente: _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Firma: _____

Relación con el paciente: _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Firma: _____

Anexo III

Valores DIAGNOdent

Muestra	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						