



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México

**Valores DIAGNOdent en Esmalte Permanente Irradiado con Láser Er:YAG
vs. Grabado Convencional**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

CIRUJANO DENTISTA

PRESENTA

P.C.D. MELANIE KAROLY ELIZALDE MOTA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. EN O. ROSALIA CONTRERAS BULNES

REVISORAS DE TESIS

DRA. EN C.S. LAURA EMMA RODRÍGUEZ VILCHIS

DRA. EN C.M. PAOLA ARISELDA SÁNCHEZ REYNA

TOLUCA, MÉXICO

ENERO 2017

FO

FACULTAD ODONTOLOGIA



Índice

	Pág.
Contenido	
1. Resumen	4
2. Antecedentes	5
3. Marco Teórico	6
3.1. Generalidades	6
3.2. Láser Er:YAG	6
3.3. Grabado convencional	13
3.4. DIAGNOdent	14
4. Planteamiento del problema	15
5. Justificación	16
6. Hipótesis	17
6.1. Hipótesis de trabajo	17
6.2. Hipótesis nula	17
7. Objetivos	18
7.1. Objetivo general	18
7.2. Objetivos específicos	18
8. Material y métodos	19
8.1. Tipo de estudio	19
8.2. Criterios de inclusión, exclusión y eliminación	19
8.3. Procedimientos	19
8.4. Variables de estudio	23
8.4.1. Variables dependientes	23
8.4.2. Variables independientes	23
8.5. Implicaciones bioéticas	24
8.6. Análisis estadístico	24
9. Resultados	25
10. Discusión	26
11. Conclusiones	28
12. Referencias	29
13. Anexos	33
13.1. Consentimiento informado	33
13.2. Formato de registro	34

1. RESUMEN

Objetivo: El propósito del presente estudio fue determinar los valores DIAGNOdent en esmalte permanente acondicionado con láser Er:YAG y el grabado convencional con ácido fosfórico al 35%. Marco Teórico: El láser Er:YAG se considera como un sistema de láser muy versátil dentro de los láser disponibles actualmente debido a sus diferentes usos dentro del campo de la Odontología tanto para tejidos duros como blandos, gracias a su muy reducido aporte calórico, el cual puede inducir cambios en las superficies dentales sin producir desmineralización. Material y Métodos: Para este estudio experimental *in vitro* se utilizó un total de 11 premolares sanos, obteniendo 4 especímenes por diente, con un total de 44 muestras divididas de forma aleatoria de la siguiente manera: Grupo I (n=11) no se sometió a ningún acondicionamiento, Grupo II (n=11) y III (n=11) fueron acondicionados con el equipo láser tipo Er:YAG (Lumenis Opus Duo TM Er:YAG+ CO₂, Yokneam, Israel) densidad de energía 12.7 J/cm² y 19.1 J/cm² respectivamente, una longitud de onda de 2.94 μm, una duración del impulso de 250- 450 μsec, una tasa de repetición del impulso de 10 Hz e irrigación constante con agua deionizada con 5ml/min. Por último el Grupo IV (n=11) fue acondicionado con ácido fosfórico al 35% (scotchbond etching gel, 3 M ESPE, St. Paul, MN, USA). Durante 15 seg. Se utilizó el dispositivo láser para la detección de caries (Diagnodent®, KaVo, Biberach, Alemania), el cual es utilizado para determinar el grado de desmineralización del esmalte. Cada órgano dentario fue evaluado inicialmente con láser DIAGNOdent para confirmar que se encontraba sano (valor 0-13) y nuevamente después del acondicionamiento. Resultados: Únicamente el grupo IV mostró diferencia estadísticamente significativa (p≤0.05) respecto al grupo control y demás grupos de estudio. Conclusiones: La irradiación láser Er:YAG produce un acondicionamiento más inocuo sin daño mineral a la estructura del esmalte dental que permanece sana, a diferencia del acondicionamiento con ácido fosfórico al 35%, el cual produce una desmineralización equivalente a caries de esmalte acorde a los valores DIAGNOdent.

2. ANTECEDENTES

Estudios previos, realizados en la Facultad de Odontología de la Universidad Autónoma del Estado de México, han reportado que:

La irradiación del esmalte con láser Er:YAG es efectiva para la prevención *in vitro* de lesiones de mancha blanca, dicho efecto puede ser incrementado al ser combinado con una solución remineralizante.¹

Las superficies rugosas y fracturas aisladas son cambios morfológicos que se presentan independientemente de la irradiación con láser Er:YAG en la disolución ácida del esmalte, por lo que la irradiación subablativa con láser Er:YAG no incrementa la resistencia ácida del esmalte.²

La microdureza del esmalte temporal tiende a disminuir en el esmalte acondicionado con ácido fosfórico al 37% mientras que el esmalte acondicionado con láser Er:YAG presenta una microdureza media mayor por lo que es probable que existan mayores efectos sobre superficie del diente acondicionado de manera convencional.³

Por otra parte el acondicionamiento del esmalte temporal mediante la técnica de autograbado produce una mayor disminución de la Microdureza de dicho tejido respecto al grabado con láser Er:YAG.⁴

Los valores DIAGNOdent en esmalte permanente acondicionados mediante el sistema de autograbado y láser Er:YAG se encuentran dentro del rango de diente sano.⁵

En tal sentido el acondicionamiento del esmalte temporal con láser Er: YAG presenta un menor grado de desmineralización que al ser grabado con el método convencional de ácido fosfórico en base a los valores DIAGNOdent.⁶

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades

La caries dental continua siendo un problema de salud a nivel mundial,⁷ por lo que se requieren tratamientos restauradores cuando una lesión se ha desarrollado al grado de ocasionar la ruptura en el esmalte dental.

El esmalte dental es un tejido de extrema dureza, cristalino y microporoso, caracterizado por su alta mineralización. Al ser avascular, aneuronal, acelular la única forma que posee de reaccionar ante cualquier tipo de agresión física, química o biológica es mediante la pérdida de su contenido mineral, la cual se encuentra en relación directa con la magnitud e intensidad del agente causal. Para la colocación de una restauración estética se requiere del acondicionamiento de los tejidos dentales, ya sea del esmalte o de la dentina. En la actualidad existen diversos métodos para el acondicionamiento de los tejidos entre los cuales se encuentran el láser Er:YAG y el grabado convencional o con ácido fosfórico, entre otros.

3.2 Láser Er:YAG

La historia del láser data desde el siglo I, Plinio menciona en uno de sus escritos la palabra “láser” para referirse a una planta herbácea la cual era usada por los romanos como medio curativo de diversas enfermedades. Existen evidencias de las culturas antiguas Mayas, Egipcias y Griegas las cuales utilizaban la luz del sol como medio terapéutico y curativo.

A finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX se utilizó por primera vez la luz artificial como un medio terapéutico, cuando el físico danés Niels Finsen creó un dispositivo el cual se le conoce como la lámpara de Finsen o luz de Finsen se obtenía al hacer pasar la luz solar o la luz obtenida mediante un arco voltaico a través de una solución amoniacal hecha de sulfato de cobre que

podía absorber los rayos amarillos, infrarrojos y rojos del espectro, es decir la radiación violeta y ultravioleta.

En 1901 el físico Alemán Max Planck propuso los principios físicos de la luz mediante la creación de la teoría cuántica. El físico danés Niels Bohr incorpora en 1913, aspectos energéticos derivados de las teorías de Planck y describe el átomo y los electrones. Sin embargo, fue hasta 1915 cuando Albert Einstein habló acerca de la emisión estimulada o inducida por la luz. Einstein nunca creó un láser pero elaboró la teoría del concepto de emisión estimulada que años después fue la base científica para la creación de la luz láser.

El físico suizo Felix Bloch logró hipotetizar la formulación de los principios teóricos sobre la inversión de poblaciones atómicas mediante el estudio de las propiedades de las radiaciones emitidas.

Por motivos bélicos, en los años 1930 – 1950 se desarrolló un gran interés alrededor de las experimentaciones de dispositivos que eran capaces de ampliar las microondas por medio de la emisión estimulada de radiaciones, específicamente durante la Segunda Guerra Mundial. En 1950, los físicos químicos neozelandeses Rutherford y Lamb realizaron investigaciones preliminares que sentaron las bases para que en 1951 y 1953 los estadounidenses Townes y Weber experimentaran la posibilidad de poder amplificar las microondas mediante el oscilador basado en la excitación oportuna de las moléculas de amoníaco.

Gracias a los estudios anteriormente citados, nace el *maser* que es un acrónimo en inglés de *Microwave Amplification by Estimulated Emission of Radiation*, se considera el precursor directo del láser, cuyo principal objetivo fue poder aprovechar los sistemas atómicos de gas o sólidos y moleculares, los cuales eran estimulados para poder producir ondas electromagnéticas mediante condiciones de inversión de poblaciones.

En 1956, Bloembergen hipotetiza la utilización de un *maser* en su estado sólido, mientras que en 1958 A. L. Shawlow y C. H. Townes proponen la ampliación del principio del *maser* hacia la porción óptica del campo electromagnético y surge el concepto de Láser.

LASER es un acrónimo de sus iniciales, de las cuales deriva la terminología técnica, es decir, *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (amplificación de la luz mediante emisión estimulada de radiación).

Fue hasta 1960, cuando Theodore H. Maiman construyó el primer láser de rubí en los laboratorios de Howard Hughes, cuya longitud de onda era de 694 nm. Con colaboraciones de Sorokin y Stevenson perfeccionaron un láser de uranio y samario en los laboratorios de International Business Machines (IBM).

En 1962, se fabricó el primer láser de diodo con emisiones infrarrojas, en 1963 Hellwarth y McClung logran perfeccionar el primer láser Q-switching, y en ese mismo año se comenzó a utilizar el láser de rubí en el campo odontológico, pero desafortunadamente producían la carbonización de la dentina y el esmalte. En 1964 se creó el primer láser molecular de anhídrido carbónico, en 1966 Sorokin y colaboradores efectuaron los primeros experimentos relacionados con la obtención de la luz láser obtenida mediante el bombeo de sustancias colorantes a través de lámparas de flash y así en 1967 se presentó el primer láser Ultra Violeta de nitrógeno molecular con un impulso de 10 ns sobre una longitud de onda de 3371 Å⁰ teniendo una potencia promedio de 100 miliwatts.

En 1968 Lobene realizó estudios sobre la acción del láser de CO₂ en esmalte y dentina, pero se estaba todavía muy lejos de poder utilizarlos de forma segura en los tejidos orales. En 1974 se comenzaron a utilizar los primeros láseres YAG. Dichas investigaciones fueron encabezadas por Yamamoto, Kantola, Stern Adrian; enfocadas principalmente en la utilización de forma segura del láser Nd:YAG. Los estudios sobre dicho láser influenciaron durante los

próximos 20 años, se cree que este tipo de láser era la mejor opción para el tratamiento sobre los tejidos duros.

En los años 80, se produjo la revolución del láser en el campo odontológico con la creación del láser Er:YAG. Hibst y Keller destacaron la posibilidad de poder utilizar este tipo de longitud de onda sobre los tejidos duros para la ablación de los mismos.^{8,9}

Se comenzó a utilizar el láser de CO₂ en el esmalte debido a que era muy bien absorbido por dicho tejido, ya que tenía una longitud de onda de 10,600 nm, se utilizaba primordialmente para el sellado de los surcos y para evitar la aparición de caries.

En 1985, Pick demostró que el uso del láser de CO₂ en cirugía periodontal podía favorecer la hemostasis durante la ablación de los tejidos duros, especialmente para pacientes con problemas de tipo hemorrágico.¹⁰

En 1987 investigaciones de Melcer y colaboradores concluyeron que el láser de CO₂ inducía la formación de dentina secundaria y en ese mismo año la Food and Drug Administration (FDA, por sus siglas en inglés) dio la autorización para la utilización de láser de CO₂ en cirugía oral.¹¹

El láser de erbio era usado únicamente dentro del campo médico, pero su interacción selectiva con el agua lo volvía utilizable para el campo dermatológico y dentario.

La luz de un láser de erbio es producida por un cristal (granate) compuesto de itrio y aluminio denominado YAG (Yttrium Aluminum Garnet, por sus siglas en inglés), agregándole a su vez erbio (Er) el cual es un lantánido como también lo son el neodimio, el holmio y el tulio. Es un láser que se encuentra en estado sólido cuyo medio activo es el erbio.

En 1997, la FDA aprobó el láser Er: YAG para la eliminación de caries, realizar la preparación de cavidades y el grabado del esmalte dental. Así mismo, la FDA realizó diversos estudios y demostró que el láser Er:YAG puede eliminar el esmalte y la dentina cariada con una profundidad de penetración térmica superficial.

Los tejidos en los cuales la concentración de agua será mayor (hueso y la dentina) resentirán en mayor grado la acción del láser que los tejidos que a pesar de su elevada mineralización (esmalte) será en menor grado.

Todos los láseres de erbio comparten una característica en común, las longitudes de onda presentan afinidad para ser altamente absorbidas por agua, hidroxiapatita y también por el colágeno.

Por lo que todas las máquinas que utilizan como sustancia activa el erbio contienen un spray que acompaña la emisión del láser. Dicho aporte de agua tiene como objetivo enfriar y aportar el sustrato sobre el cual la longitud de onda puede actuar. Claro está que en la medida que más cercanía exista entre la longitud de onda de emisión de la longitud de onda de absorción del agua, mejor será la acción ablativa del láser, por lo tanto menor será el efecto de sobrecalentamiento en los tejidos.^{9,10}

Cuando la energía del láser se enfoca sobre el diente, la capa superficial de la estructura del diente junto con el agua contenida en el mismo, es calentada rápidamente. Motivo por el cual el agua se vaporiza de forma casi instantánea y el vapor de agua produce un aumento en el volumen irradiado.

Cuando la energía del láser es aumentada, se reduce el umbral de ablación y a su vez, se acelera el proceso de ablación, dicho mecanismo produce una reducción de los efectos secundarios térmicos.¹¹

Las potencias utilizadas pueden llegar hasta los 10 W con unas frecuencias de repetición del pulso entre los 2 y los 60 Hz. Su capacidad de absorción del agua hace que este tipo de láser permita obtener ablaciones en algunos tejidos duros como lo son los huesos y los dientes, toda la energía que es administrada es aprovechada por el tejido objetivo con una reducida penetración tisular. La afinidad de los tejidos duros por el agua favorece que el tratamiento de dichos tejidos sea a través de un mecanismo de microexplosiones de las moléculas de agua que se encuentran relacionadas con la hidroxiapatita, por lo que se ha demostrado que no solo se pueden tratar tejidos duros dentales si no que también el hueso mismo.

El láser de erbio ha sido definido como un tipo de láser frío debido a su muy reducido aporte calórico en relación a los tejidos tratados.

Las longitudes de onda bien absorbidas en agua tienen un buen efecto bactericida incluso en la salida de baja densidad energética, razón por la cual el láser Er:YAG parece ser una alternativa eficiente de elección para tratamientos periodontales no quirúrgicos debido a que reduce significativamente la profundidad de sondeo, sangrado al sondeo y mejora los niveles de inserción clínica en comparación con el tratamiento quirúrgico tradicional, se ha demostrado que produce una disminución de endotoxinas y lipopolisacáridos sobre las superficies de las raíces con una reducción del 61% hasta un 93% , sin eliminar o desprender el cemento dental. En donde el láser llega a diferenciar entre el cálculo y el tejido del diente; de igual modo se ha demostrado que el láser Er:YAG es capaz de eliminar el cálculo dental.

El efecto bactericida del láser Er:YAG produce una disminución de los bacterias periodontales, como lo son; la Porphyromonas gingivalis y Actinobacillus actinomycetemcomitans (Ando et al., 1996), así como también la eliminación de lipopolisacáridos bacterianos (LPS) de las superficies radiculares (Yamaguchi et al., 1997).

La luz láser Er:YAG parece ser una alternativa para la desensibilización de la hipersensibilidad de la dentina cervical, la " teoría hidrodinámica " (Brännström 1963, Brännström *et al.*, 1967).¹⁰ Menciona como la posible etiología de la hipersensibilidad dentaria a los movimientos de fluidos dentro de los túbulos dentarios expuestos, responsables para que se produzca una estimulación de los mecanorreceptores pulpaes, así como también se mencionan otros factores etiológicos más comunes tales como la atrición que es producida por una falta de armonía oclusal, recesión gingival producida por problemas periodontales ó un trauma producido por un déficit en la técnica de cepillado. La aplicación de un láser Er:YAG ayuda a disminuir los movimientos de los fluidos producidos por la evaporación de la superficie de las capas de fluido dentinal, por lo que se recomienda una aplicación de 80 mJ / pulsaciones de 3Hz.^{12,13}

La ablación de los tejidos dentales más eficaz se alcanza con longitudes de pulso menores a 100 ms, los cambios morfológicos más relevantes en los tejidos dentales a la exposición del láser Er:YAG es la eliminación eficaz de la capa residual; por lo que se presenta una desnaturalización de la matriz orgánica de la dentina; así como también una reducción de los odontoblastos.

Debe ser evitado el sobrecalentamiento de los tejidos dentales, especialmente el daño pulpar ya que puede producirse una respuesta inflamatoria del tejido pulpar durante o después del tratamiento con láser. Se ha demostrado en análisis inmuo-histoquímicos que existen efectos similares en tratamientos con fresa convencional y tratamiento con láser, el tejido pulpar no muestra ningún tipo de sangrado durante la exposición directa durante el tratamiento con láser pero si una extravasación de sangre en el área cercana al lugar de exposición.¹⁴

La irradiación con láser Er:YAG produce un descenso del 20% en la solubilidad del Calcio en el esmalte formando finas grietas en la superficie de dicho tejido.¹⁵

Se ha demostrado que el láser Er:YAG es eficiente en la eliminación de restauraciones de composite, sin embargo, poco se sabe acerca de la capacidad de realizar la ablación de la cerámica dental, ionómeros de vidrio y oro. La ablación de la amalgama con láser debe ser evitada, ya que no es una opción eficiente debido a que conduce a la evaporación del mercurio.

Además de producir una calidad marginal perfecta del material de sellado, el láser Er:YAG proporciona una esterilización de las fosas y fisuras, sin embargo su limitación principal es el hecho de que si la longitud de trabajo no puede ser alcanzada por la punta de salida, no se producirá la desinfección.

3.3. Grabado Convencional (Efectos del ácido fosfórico sobre el esmalte dental)

La técnica de acondicionamiento con ácido fosfórico fue propuesta por Buonocore en 1995, dicha técnica se basa en el tratamiento ácido del esmalte, convirtiendo su superficie lisa y suave en una superficie acentuadamente irregular, por lo cual su energía superficial tiende a aumentar. Los sistemas adhesivos autograbables disuelven el barro dentinario y lo incorporan en el proceso adhesivo, proceso por el cual es inevitable que se presente una desmineralización parcial de la subsuperficie de la dentina.¹⁶

Una de las principales características que se han considerado para el éxito de una restauración es el grado de sellado que se alcanza en la interface diente-restauración; debido a que la principal manifestación de la pérdida de dicho sellado es la micro-filtración; lo cual conlleva al fracaso de la misma. La microfiltración permite el paso de bacterias así como también de fluidos orales e iones entre la pared de la cavidad y la restauración, es uno de los parámetros más importantes a evitar en el campo de la odontología adhesiva. Al lograr una excelente adhesión en el esmalte del ángulo cavo superficial de la preparación podríamos evitar así la aparición de la microfiltración; originando así diversos procedimientos que logren asegurar un patrón de grabado sobre el esmalte

dental. Un diente que ha sido expuesto a fluoruros presenta un comportamiento diferente al diente normal, debido a que el flúor logra producir un cambio en la microestructura cristalina del esmalte optimizándola en cuanto al tipo y calidad de la cristalinidad así como también a la cantidad de minerales que deberían ser disueltos durante el proceso de grabado en la superficie del esmalte con ácido fosfórico, lo cual afectaría a la unión mediante grabado ácido de resinas compuestas y/o sellantes.^{17,18}

3.4. DIAGNOdent

Hibst y Gall 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. Se sugirió que la caries asociada a las bacterias o sus subproductos podría ser la fuente de reacción a la creciente fluorescencia. Hibst et al. identificaron la fuente de fluorescencia roja presente en lesiones de caries como porfirinas, especialmente proto-porfirina IX, que son productos de las bacterias orales, tales como *Prevotella intermedia* y *P. gingivalis*. También sugirieron otra aplicación de la fluorescencia láser para la detección de cálculo. Hoy en día la tecnología en este campo se ha perfeccionado, el DIAGNOdent es utilizado para determinar el grado de desmineralización del esmalte.¹⁹⁻²¹

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caries dental continua siendo uno de los problemas más importantes en la salud mundial,⁷ por lo que aún se requiere de tratamientos restauradores para evitar la pérdida de la pieza dentaria.

Los tratamientos restauradores estéticos a su vez necesitan de un acondicionamiento de los tejidos ya sea en esmalte o dentina para la adecuada retención de las restauraciones. Durante muchos años se ha utilizado el grabado con ácido fosfórico, el cual ocasiona cambios en la estructura del esmalte y la dentina debido a su grado de agresividad química. Por otra parte, con el desarrollo de la tecnología láser surge la alternativa de grabar las superficies dentales con láser Er:YAG, sin embargo no se conocen los valores DIAGNOdent en el esmalte permanente después del acondicionamiento con láser Er:YAG vs. el grabado convencional. Es por ello que con el presente trabajo se pretende responder a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los valores DIAGNOdent en el esmalte permanente acondicionado con láser ER: YAG y grabado convencional?

¿Existen diferencias en los valores DIAGNOdent en el esmalte permanente acondicionado con láser ER:YAG y grabado convencional?

5. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio aportará conocimiento acerca de los valores DIAGNOdent en el esmalte acondicionado con láser Er:YAG y grabado convencional con la finalidad de cuantificar el contenido mineral del esmalte.

6. HIPÓTESIS

6.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

Existen diferencias en los valores DIAGNOdent en esmalte de dientes permanentes irradiados con láser Er:YAG vs. Grabado Convencional.

6.2. HIPÓTESIS NULA

No existen diferencias en los valores DIAGNOdent en esmalte de dientes permanentes irradiados con láser Er:YAG vs. Grabado Convencional.

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los valores DIAGNOdent en esmalte permanente grabado con láser Er:YAG y Grabado Convencional.

7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los valores DIAGNOdent en esmalte permanente del grupo control, grabados con láser Er:YAG y grabado con ácido fosfórico.
- Determinar las diferencias en los valores DIAGNOdent en esmalte permanente del grupo control, grabados con láser Er:YAG y con ácido fosfórico.

8. MATERIAL Y MÉTODOS

8.1. TIPO DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación es un estudio de tipo experimental que incluyó un total de 11 premolares sanos, erupcionados, extraídos por razones terapéuticas, seleccionados bajo los siguientes criterios:

8.2. CRITERIOS

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Premolares erupcionados superiores e inferiores sanos, extraídos por razones terapéuticas.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Premolares no erupcionados.

Fracturados o con daño evidente de la pieza dental durante la extracción.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

Premolares erupcionados superiores o inferiores que sufrieron algún deterioro durante el almacenamiento o preparación de la muestra.

8.3. PROCEDIMIENTOS

PREPARACION DE LA MUESTRA

Para el presente proyecto se solicitó a los pacientes de la clínica Odontológica Morelos del ISSEMyM la donación de sus premolares (ver anexo I) los cuales debieron estar indicados para extracción por razones terapéuticas. Se removieron los restos de tejidos blandos con una hoja de bisturí y fueron enjuagados con agua destilada; se colocaron en un recipiente cerrado herméticamente con timol al 0.2% a 4°C (wt/vol) y fueron etiquetados hasta la realización de las pruebas.

Los tejidos blandos de las piezas dentarias fueron removidos con una hoja de bisturí y para eliminar los restos de sangre se utilizó agua destilada.

Posteriormente las muestras fueron almacenadas en una solución de timol al 0.2% (wt/vol) a 4°C hasta su uso. Después se procedió a eliminar la raíz hasta la unión cemento-esmalte con discos de diamante (BesQual, USA) y un motor de baja velocidad (Brasseler, USA), irrigando con agua deionizada para evitar la deshidratación de las muestras.

Se procedió a fijar la corona de las piezas dentarias con resina epóxica termoplastificada (Allied, USA) a un portaobjetos de cristal sobre una plancha caliente (Corning, Japón). El portaobjetos se colocó entonces en la cortadora (South Bay Technology, Inc., USA). y se procedió a cortar la corona con una rueda de diamante (South Bay Technology, Inc., USA). Los cortes de la corona se realizaron en sentido mesiodistal y bucodental, obteniendo 4 especímenes por diente, con un total de 44 muestras divididas en los siguientes grupos:

- Grupo I (n= 11). Grupo control. No se sometieron a ningún acondicionamiento.
- Grupo II (n= 11). Energía de salida de 100 mJ, punta de zafiro de 0.1 μm de diámetro con una densidad de energía 12.7 J/cm^2 , tasa de repetición del impulso de 10 Hz e irrigación constante con agua deionizada con 5ml/min.
- Grupo III (n= 11). Energía de salida de 150 mJ, punta de zafiro de 0.1 μm de diámetro con una densidad de energía 19.1 J/cm^2 , tasa de repetición del impulso de 10 Hz e irrigación constante con agua deionizada con 5ml/min.

Para irradiar las muestras se utilizó un equipo láser tipo Er:YAG (Lumenis Opus Duo TM Er:YAG+ CO₂ , Yokneam, Israel) con una longitud de onda de 2.94 μm , y una duración del impulso de 250- 450 μsec . Los niveles de energía de irradiación se calibraron con el aditamento que para tal fin incluye el equipo, mientras que la energía liberada fue evaluada periódicamente con un medidor de potencia (Lasermater-P, Coherent Co., Santa Clara, CA, USA). El acondicionamiento del esmalte se realizó manualmente, la punta de zafiro se

colocó perpendicularmente. Para reducir el calentamiento, se irrigó con agua deionizada en spray (5mL/min) durante 5s. Se utilizó una pinza de acero inoxidable para sostener las piezas dentarias, con sus partes activas cubiertas con un protector de látex con la finalidad de evitar el reflejo de los rayos láser. Cada pieza dentaria fue irradiada una sola vez, a una distancia punta- bloque de 1mm. Para corroborar que tanto el diámetro de salida de la punta de zafiro como el del haz del láser sean iguales, se usó una placa sensible al infrarrojo (Lumitek International, Inc., USA).

- Grupo IV (n= 11). El esmalte fue acondicionado con ácido fosfórico al 35% (scotchbond etching gel, 3 M ESPE, St. Paul, MN, USA).

Se realizó lavado durante 15 seg con agua deionizada, posteriormente se secaron con aire comprimido libre de aceite 15 seg. y fue aplicado el grabador durante 15 seg. Frotándolo continuamente en la superficie del esmalte y posteriormente fue lavado con agua deionizada 10 seg. y fue secado con aire comprimido durante 10 seg.

EVALUACIÓN CON LÁSER FLUORESCENCIA (valores DIAGNOdent)

El esmalte de cada órgano dentario fue evaluado inicialmente con láser (DIAGNOdent pen, Kavo, USA) para confirmar que se encuentra sano (valor 0-13) y nuevamente después del acondicionamiento, de acuerdo a lo siguiente: El láser fue calibrado previo a la evaluación de la muestra fue recalibrado cada 10 muestras. Se utilizó la punta B específica para superficies proximales y lisas, se escaneó manualmente la superficie bucal, palatina o lingual, mesial y distal colocando la punta perpendicular a la superficie dentaria formando un ángulo de 60°. Los valores obtenidos fueron registrados en el anexo I.

Se consideraron los criterios de evaluación establecidos por el fabricante (DIAGNOdent pen, Kavo, USA) mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Valores establecidos para DIAGNOdent pen

Valor DIAGNOdent	DIAGNÓSTICO
0-13	Diente sano
14-20	Caries en esmalte
21-29	Caries profunda en esmalte
>30	Caries en Dentina

8.4. VARIABLES DE ESTUDIO

8.4.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Tabla 1 Definición Operacional y Conceptual de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Valores DIAGNOdent	Método de diagnóstico de caries dental a base de láser.	Método de diagnóstico que permite reconocer y diagnosticar 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

8.4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Acondicionamiento del esmalte	Proceso que utilizan los dentistas para lograr que los materiales dentales se adhieran a la superficie dental.	Diferentes sistemas de acondicionamiento dentales como: ▪ Láser Er:YAG ▪ Grabado convencional	Nominal	Nominal

8.5. IMPLICACIONES BIOÉTICAS

El presente estudio es una investigación con riesgo mínimo como es mencionado en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la salud en el capítulo único, título segundo de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos. Artículo 17, apartado II sobre estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes entre los que se consideran dientes extraídos por indicaciones terapéuticas, que serán utilizados en la investigación. El artículo 23 menciona que en caso de investigaciones con riesgo mínimo, la comisión ética, por razones justificadas, podría autorizar que el consentimiento informado se obtenga sin formularse por escrito, y tratándose de investigaciones sin riesgo, podrá dispensar al investigador la obtención del consentimiento informado.²²

El estudio se sujetó a las disposiciones de la declaración de Helsinki.²³

8.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS 20 IBM, (New York, NY, USA). La prueba de Kolmogorov-Smirnov se utilizó para evaluar la distribución de los datos y para establecer las diferencias entre grupos se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, ambas pruebas con un nivel de significancia $p \leq 0.05$.

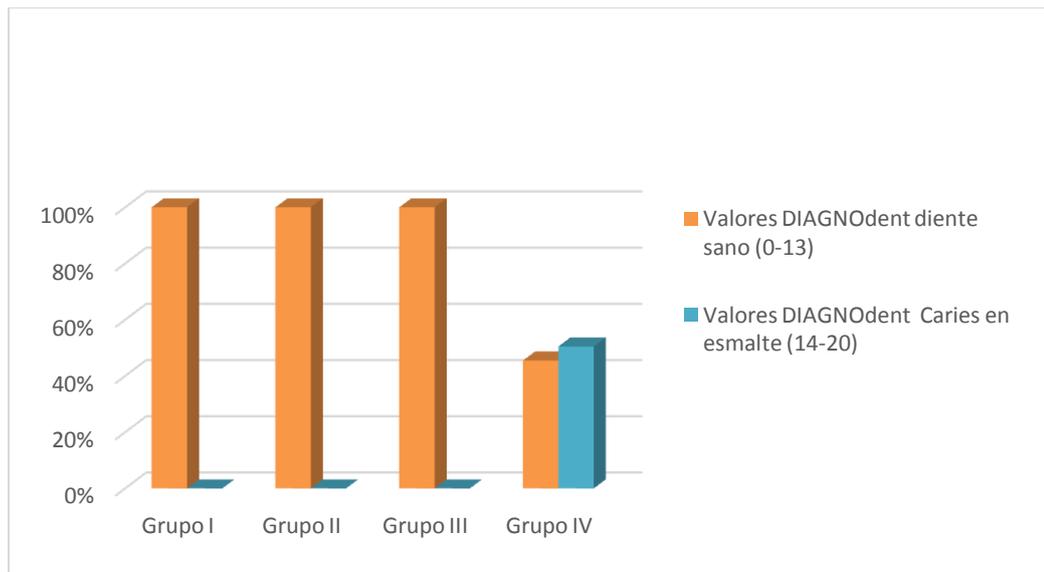
9. RESULTADOS

Únicamente el grupo IV mostró diferencia estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) respecto al grupo control y demás grupos de estudio. Ver tabla 1 y gráfica 1.

Tabla 1. Porcentaje de Valores DIAGNOdent por Grupo.

Valores DIAGNOdent	Grupos			
	GI	GII	GIII	GIV
0-13	100A	100A	100A	45.5 B
14-20	0	0	0	50.5

* Grupos con diferentes letras son estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$).



Gráfica 1 Porcentaje de Valores DIAGNOdent por Grupo.

La siguiente tabla muestra los valores DIAGNOdent obtenidos, el grupo IV presentó caries de esmalte (50.5%).

10. DISCUSIÓN

Los tratamientos restauradores estéticos necesitan de un acondicionamiento de los tejidos ya sea en esmalte o dentina para la adecuada retención de las restauraciones, el acondicionamiento de la superficie dental es esencial para poder aumentar la resistencia de la unión al tejido dental.^{18,24}

En el presente estudio, se observa una diferencia significativa entre el grupo de muestras de esmalte permanente acondicionado con ácido grabador. Únicamente en este último grupo se observa desmineralización del esmalte de acuerdo a los valores establecidos por DIAGNOdent.

Si bien el acondicionamiento del esmalte dental con ácido grabador al 35% permite convertir la superficie lisa y suave en una superficie acentuadamente irregular creando microporosidades, este agente presenta un considerable grado de agresividad química en virtud de un PH de aproximadamente 0.6.²⁵⁻²⁷ Sin embargo, Yazici et. al²⁸ mostraron que el grado de microfiltración en la interface de la resina y el diente fue definitivamente más bajo en todos los grupos que estaban acondicionados con el grabado ácido.

Armengol et. al²⁹ afirman que el grabado ácido es más eficiente en la reducción de la microfiltración comparada con el acondicionamiento de láser Er: YAG. Este tipo de láser se considera muy versátil dentro de los sistemas de láser disponibles actualmente debido a sus diferentes usos dentro del campo de la Odontología, tanto para tejidos duros como blandos.

Acorde a los resultados obtenidos en el presente estudio, la irradiación láser Er:YAG supone un acondicionamiento más inocuo. Los valores DIAGNOdent de los grupos II y III caen dentro del rango de diente sano, por lo que dichos acondicionamientos no producen un cambio estructural dañino al esmalte del diente, gracias a su muy reducido aporte calórico, el cual puede inducir cambios en las superficies dentales sin producir desmineralización.^{7,10}

De acuerdo al estudio de Güçlü et. al³⁰ mencionan que el uso de láser Er:YAG como acondicionamiento de superficies en el margen oclusal (esmalte) produce un aumento de microfiltración y esta logra disminuir en el margen gingival, por lo que sugieren su uso en dicha zona coincidiendo con lo reportado por Krmek.

Murat et. al³¹ mencionan que el uso del láser Er: YAG puede ser una alternativa viable ante el uso del grabado ácido, para la aplicación de selladores de fosas y fisuras en la odontología pediátrica.

La presente investigación muestra únicamente los valores de desmineralización establecidos por DIAGNOdent sin considerar otros factores, tales como agentes mineralizantes posteriores al acondicionamiento, microfiltración, desalajo de la restauración, tipo de aislamiento y restauración utilizada entre otros. Esta primera etapa, tuvo como objetivo comparar el grado de desmineralización del esmalte permanente entre ambos sistemas de acondicionamiento, al estudiar únicamente esta variable el grabado láser es superior al convencional con ácido fosfórico al 35%, sin embargo no se puede concluir cual sistema es mejor ante el otro, sin el estudio de los diversos factores previamente mencionados que permiten una evaluación integral.

Cabe resaltar que aún no se cuentan con publicaciones relevantes acerca de los valores DIAGNOdent de desmineralización del esmalte permanente con el sistema láser Er:YAG y el sistema de acondicionamiento convencional, mismos que pudieran permitir establecer una comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio, razón por la cual se sigue realizando estudios futuros.

11. CONCLUSIONES

1. El acondicionamiento con ácido fosfórico al 35%, produce una desmineralización equivalente a caries de esmalte, acorde a los valores DIAGNOdent.
2. La irradiación láser Er:YAG con una densidad de energía de 12.7 J/cm² y 19.1 J/cm² no produce daño a la estructura (contenido mineral) del esmalte dental.
3. La técnica de acondicionamiento con láser Er:YAG fue superior a la convencional de ácido fosfórico, acorde a las condiciones empleadas en el presente estudio.

12. REFERENCIAS

1. Sánchez-Rayón L. Prevención de lesiones de mancha blanca con láser Er:YAG y solución remineralizante: Estudio In vitro. [Tesis]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología 2009.
2. Rodríguez-Vilchis L. Efectos del láser Er:YAG en la Resistencia a la Disolución Ácida, Estructura y Morfológica del Esmalte Dental Humano [Tesis Doctoral]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología; 2010.
3. López- Hurtado I. Microdureza del esmalte temporal acondicionado con grabado convencional y láser Er:YAG [Tesis]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología; 2014.
4. Fernández Bobadilla A. Microdureza del esmalte temporal acondicionado con autograbado y láser Er:YAG [Tesis]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología; 2014.
5. García-Jurado A, Gómez-Guzmán A. Valores DIAGNOdent en esmalte acondicionado con láser Er:YAG vs autograbado. [Tesis]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología; 2014.
6. Tirado-Escalante D, Rodríguez-Rodríguez J. Valores DIAGNOdent en Esmalte Temporal Acondicionado con Laser Er: YAG VS. Grabado Convencional [Tesis]. México: Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Odontología; 2016
7. Contreras-Bulnes R, Scougall-Vilchis R. Salud y enfermedad bucal: avances científicos vol. 1. 1ª Ed. México: Eón; 2016.
8. Maggioni M, Attanasio T, Scarpelli F. Láser en Odontología. Venezuela: Amolca; 2010 35-50, 71-77, 89-112 p.
9. Bader C, Krejci I. Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. Am J Dent. 2006; 19(3): 178-86.
10. Mishra MK, Prakash S. A comparative scanning electron microscopy study between hand instrument, ultrasonic scaling and erbium doped:Yttrium garnet laser on root surface: A morphological and thermal analysis. Contemp Clin Dent. 2013; 4(2): 198-205.

11. Van As. G. Erbium laser in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004; 48(4): 1017-59.
12. Gaspirc B, Skaleric U. Morphology, chemical structure and diffusion processes of root surface after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation. *J Clin Periodontol.* 2001; 28(6): 508-16.
13. Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine. *J Clin Periodontol.* 2002; 29(3): 211-5.
14. Tezvergil-Mutluay A, Mutluay M, Seseogullari-Dirihan R, Agee K.A, Key W.O. Effect of Phosphoric Acid on the Degradation of Human Dentin Matrix. *J Dent Res.* 2013; 92(1).
15. Díaz-Monroy J.M, Contreras-Bulnes R, Olea-Mejía O, García-Fabila M.M, Rodríguez-Vilchis L.E, Sánchez-Flores I, Centeno-Pedraza C. Chemical Changes Associated with Increased Acid Resistance of Er:YAG Laser Irradiated Enamel. *SCIWorldJ.* 2014.
16. Bader M, Retamal J, Retamal F. Análisis descriptivo morfoestructural mediante microscopia electrónica de barrido del efecto sobre el esmalte de la técnica de grabado ácido convencional y una nueva técnica de grabado ácido aplicada en 2 tiempos operatorios. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2014; 7(2): 47-52.
17. Henostroza G. La adhesión en odontología 1.^a ed. Curitiba, Brasil: Editorial MAIO; 2003. 43-51, 72-81, 101-8, 114-31 p.
18. Gomes Moreira M.A. Sistemas adhesivos autograbadores en esmalte: ventajas e inconvenientes. *Av Odontoestomatol.* 2004; 193-198.
19. Mortensen D, Dannemand K, Twetman S, Keller MK. Detection of Non-Cavited Occlusal Caries with Impedance Spectroscopy and Laser Fluorescence as *In Vitro* Study. *Open Dent J.* 2014;8:28-32.
20. Nokhbatolfoghahaie H. Alikhasi N, Chiniforush N, Khoei F, Safavi N, Yaghoub Zadeh B. Evaluation of accuracy od Diagnodent in Diagnosis of Primary and Secondary Caries in Comparison to Conventional Methods. *J Lasers Med Sci.* 2013; 4(4): 159–167.
21. Berg JH. Dental caries detection and caries management by risk assessment. *J Esthet Restor Dent.* 2007; 19(1): 49-55.

22. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Publicada en el Diario Oficial de la Federación (7 de febrero de 1984). Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html>.
23. Declaración de Helsinki de la Asamblea Médica Mundial (AMM). Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Disponible en: <http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3>.
24. Contreras-Bulnes R, Scougall-Vilchis RJ, Rodríguez-Vilchis LE, Centeno-Pedraza C, Olea-Mejía OF, Alcántara-Galena M del CZ. Evaluation of Self-Etching Adhesive and Er:YAG Laser Conditioning on the Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets. *SCIWorldJ*. 2013.
25. Zhang L, Tang T, Zhang Z, Liang B, Wang X, Fu B. Improvement of enamel bond strengths for conventional and resin-modified glass ionomers: acid-etching vs. conditioning. *Journal of Zhejiang University Science B*. 2013;14(11):1013-1024.
26. Daza Pulido, Luz Mireya; Güiza Cristancho, Edgar Humberto; Sarmiento Bejarano, Laura Rocío; 2005. "Determinación del patrón de grabado con láser y ácido ortofosfórico al 37% sobre el esmalte dental". *Universitas Odontológica*, num. Julio-Septiembre, pp. 31-40
27. Arbabzadeh F, Samimi P, Birang R, Eskini M, Bouraima SA. Assessment of Microleakage of Class V Composite Resin Restoration Following Er:YAG Laser Conditioning and Acid Etching with Two Different Bonding Systems. *J Lasers Med Sci* 2013; 4(1):39-47
28. Yazici AR, Frentzan M, Dayangac B. In vitro analysis of the effects of acid or laser etching on microleakage around composite resin restorations. *J Dent* 2001; 29(5): 355-61.
29. Armengol V, Jean A, Enkel B, Assoumou M, Hamel H. Microleakage of class V composite restorations following Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation compared to acid-etch: an in vitro study. *Lasers Med Sci* 2002; 17(2): 93-100.
30. Güçlü ZA, Dönmez N, Tüzüner T, Odabaş ME, Hurt AP, Coleman NJ. The impact of Er:YAG laser enamel conditioning on the microleakage of a new hydrophilic sealant—UltraSeal XT® hydro™. *Lasers in Medical Science*. 2016;31:705-711.

31. Unal M, Hubbezoglu I, Zan R, Oznurhan F. The effect of Er:YAG laser and different surface conditioning procedures on microtensile bond strength of the fissure sealant containing amorphous calcium phosphate after artificial aging. Dental Mater J. 2014;33(1)21-26.

13. ANEXOS

13.1. Consentimiento Informado



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Estimado paciente:

Como usted sabe, la caries dental continua siendo uno de los mayores problemas de salud bucal en la población, por esta razón la Universidad Autónoma del Estado de México desarrolla proyectos de investigación, cuya finalidad es buscar nuevas alternativas para su prevención. Es por lo anterior que solicitamos su apoyo y autorización para que las piezas que le serán extraídas puedan ser donadas a un proyecto de investigación. Las piezas serán sometidas a la aplicación de láser Er:YAG y ácido fosfórico y después estudiadas en laboratorio.

Acepto Nombre y firma del paciente

Donar las piezas dentarias que serán extraídas para el apoyo al proyecto Valores DIAGNOdent en Esmalte de Dientes Permanentes Irradiado con Láser Er:YAG VS Grabado Convencional .

Nombre y firma del padre, madre o tutor (únicamente para menores de edad en la cual el padre o tutor también deberá firmar)

Nombre y firma del padre, madre o tutor

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

Dirección _____

Dirección _____

Relación con la persona _____

Relación con la persona _____

Datos adicionales del paciente	
Edad	
Sexo	
Fecha de extracción	
Registro de dientes extraídos	

13.2. Formato de Registro

Grupo I. Grupo control	
Muestras	Valor DIAGNOdent
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Grupo II. Láser Er:YAG	
DENSIDAD DE ENERGÍA 12.7 J/cm²	
10 Hz	
Muestras	Valor DIAGNOdent
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	

Grupo III. Láser Er:YAG	
DENSIDAD DE ENERGÍA 19.1 J/cm²,	
10 Hz	
Muestras	Valor DIAGNOdent
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	

Grupo IV. Ácido fosfórico al 35%	
Muestras	Valor DIAGNOdent
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	