



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Enfermería y Obstetricia

Doctorado en Ciencias de la Salud

**“Efecto del grabado con ácido fosfórico,
autograbado de 7º generación y láser Er:YAG
en la microdureza, morfología y composición química
del esmalte temporal”**

TESIS

Para Obtener el Grado de:
Doctora en Ciencias de la Salud

Presenta:

Mtra. en C.S. María del Carmen Zoila Alcantara Galeana

Comité Tutorial:

Dra. en O. Rosalía Contreras Bulnes

Tutor Académico

Dra. en C.S. Laura Emma Rodríguez Vilchis

Tutor Interno

Dr. en C.M. Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira

Tutor Externo



Toluca, Estado de México, Diciembre de 2017

Este trabajo se realizó en:

El Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (C.I.E.A.O.)

“Dr. Keizaburo Miyata”

Facultad de Odontología

Universidad Autónoma del Estado de México

Los Laboratorios de Microscopía Electrónica

Departamento de Tecnología de Materiales

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (I.N.I.N.), SENER

El Instituto de Investigación en Materiales

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Facultad de Odontología

Universidad Nacional Autónoma de México

Agradecimiento a:

La Universidad Autónoma del Estado de México (U.A.E.Mex.)

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

El Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología (C.I.E.A.O.)

“Dr. Keizaburo Miyata”

El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (I.N.I.N.), SENER

La Universidad Nacional Autónoma de México (U.N.A.M.)

por su apoyo en este proyecto.

Agradezco a todas las personas que contribuyeron en el desarrollo y elaboración de esta tesis.

Un agradecimiento muy especial para:

Dra. en O. Rosalía Contreras Bulnes

Dra. en C.S. Laura Emma Rodríguez Vilchis

Dr. en C.M. Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira

Dr. en C.M. Miguel Ángel Camacho López

Dr. en O. Rogelio Scougall Vilchis

M. en O. Claudia Centeno Pedraza

Dr. en C.S. Ulises Velázquez Enríquez

*“A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar, pero el mar sería
menos si le faltara esa gota.”*

Madre Teresa de Calcuta

VOTOS APROBATORIOS



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Enfermería y Obstetricia

Doctorado en Ciencias de la Salud

Fecha: 26 de Octubre, 2017

DICTAMEN DE VOTOS APROBATORIOS TESIS

Los docentes que integran el **COMITÉ DE TUTORES** de la maestro (a): María del Carmen Zoila Alcántara Galeana, egresado(a) del programa del Doctorado en Ciencias de la Salud de la generación Agosto 2013 - Julio 2016, quien realizó el trabajo de tesis titulado: "Efecto del grabado con ácido fosfórico, autograbado de 7ª. Generación y láser Er:YAG en la microdureza, morfología y composición química del esmalte temporal", bajo la Tutoría Académica del(la) Dr(a). Rosalía Contreras Bulnes, ha sido dirigido, revisado y discutido, por lo que se ha considerado **DICTAMINARLO COMO APROBADO**, ya que reúne los requisitos que exige el Artículo 75 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

Dra. Rosalía Contreras Bulnes

Tutor Académico
(nombre y firma)

Dra. Laura Emma Rodríguez Vilchis

Tutor Interno
(nombre y firma)

Dr. Manuel Eduardo Espinosa Pesqueira

Tutor Externo
(nombre y firma)

Paseo Tolloca s/n esq. Jesús Carranza
col. Moderna de la Cruz. C.P. 50180
Toluca, Estado de México
Tel. (722) 2706270 / 2702357
feyo@uaemex.mx



ÍNDICE

	Pág.
Introducción	1
1. Antecedentes	3
2. Planteamiento del problema	23
Justificación	24
3. Hipótesis	25
4. Objetivos: General y específicos	26
5. Diseño metodológico	27
6.1 Diseño del estudio	27
6.2 Universo y Muestra	28
6.3 Procedimientos	29
6.4 Criterios de inclusión	34
6.5 Criterios de exclusión	34
6.6. Instrumentos	35
6.7 Recolección de datos	35
6.8 Análisis de datos	35
6.9 Aspecto ético	36
7. Resultados	39
7.1 Artículo aceptado	39
7.1.1 Título del artículo aceptado	39
7.1.2 Página frontal de la publicación del artículo	40
7.1.3 Carta de aceptación	41
7.1.4 Resumen	42
7.2 Artículo enviado	43

7.2.1	Título del artículo enviado	43
7.2.2	Carta de envío del artículo	44
7.2.3	Resumen	45
8.	Discusión general	46
9.	Conclusiones generales	52
10.	Bibliohemerografía utilizada	62
11.	Anexos	94

INTRODUCCIÓN

Los problemas de salud dental han alcanzado una gran diseminación en los países industrializados, afectando de manera especial a los niños. De acuerdo con cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la caries afecta entre un 60 y un 90% de la población escolar mundial, por lo que es necesario eliminar el proceso carioso y establecer el plan de tratamiento adecuado al diagnóstico establecido.

En los casos indicados se puede realizar la obturación directa de dientes temporales, existiendo en el mercado un gran número de materiales, que van desde las tradicionales amalgamas hasta las resinas compuestas, siendo estas el material de elección para dicho fin, ya que cuentan con mejores sistemas adhesivos y estética.

Convencionalmente la adhesión de las resinas al diente se realiza mediante grabado con ácido fosfórico, sin embargo a través de los años se han desarrollado otros auxiliares en el área odontológica como los agentes de autograbado y recientemente el láser Er:YAG, del cual se ha mencionado en la literatura que puede ser un agente de grabado que favorezca mayores fuerzas de adhesión al esmalte permanente y temporal.

La introducción del láser en Odontología ha permitido que evolucionen las técnicas de atención para los pacientes, sobre todo infantiles. A principios de 1997, la Food and Drug Administration (FDA) aprobó la utilización del Láser Er:YAG, pero la aplicación específica en niños se aprobó hasta octubre de 1998. Su uso va dirigido a la preparación de cavidades, eliminación de caries y otros beneficios para tejidos blandos y duros.

Sin embargo, con el láser Er:YAG no existen estudios suficientes que respalden su efectividad en el grabado de esmalte de dientes temporales, por lo que es menester realizar investigaciones en el área odontopediátrica.

1. Antecedentes

Esmalte

Estructura

El esmalte es una de las estructuras más importantes de los dientes, tanto desde el punto de vista funcional y estético,¹ que una vez formado no sufre remodelación como otros tejidos duros.²

Es un biocompuesto nanoestructurado duro que forma la capa externa del diente, ofreciendo protección contra daños mecánicos durante las funciones dentales, es el tejido más altamente mineralizado en vertebrados, y contiene 95% a 98% en peso de sustancias inorgánicas. La hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) en la forma de una red cristalina es el mayor constituyente mineral (90-92% en volumen). Otros minerales y elementos traza están presentes en cantidades mucho más pequeñas. Los constituyentes remanentes son materia orgánica y agua.^{3,4}

Morfología

El esmalte está constituido de cristales de esmalte, que a su vez están estructurados de prismas de esmalte. En el esmalte de los dientes permanentes, los prismas están orientados perpendicularmente a la superficie del esmalte. En dientes deciduos, los prismas de esmalte están organizados oblicuamente a la superficie del esmalte en ángulos que varían de 40 a 60 grados.⁵

Los cristales de hidroxiapatita están constituidos por celdas unitarias con una configuración cristalográfica de tipo hexagonal, en cuyos vértices existen iones de calcio y en el centro se localiza el grupo hidroxilo.⁴

La desviación de los cristales en el esmalte de los dientes deciduos es significativamente menor que la observada en los dientes permanentes. Por lo tanto, la organización oblicua de los prismas de esmalte y su significativamente más pequeña desviación cristalina resulta en una clara y cuantificable diferencia entre la orientación cristalina de la superficie y la subsuperficie de los dientes deciduos. Esto no se ha encontrado en el esmalte permanente donde la organización de los cristales en la superficie del esmalte es bastante análoga a lo que se observa en la subsuperficie del esmalte. Además, el esmalte primario es más suave, tiene una mayor porosidad, y es menos elástico que el esmalte permanente

El esmalte dental se puede dividir en capas prismáticas y aprismáticas, histológicamente diferentes una de la otra. En cuanto a la organización cristalina del esmalte aprismático, la capa más externa difiere en los dientes permanentes y deciduos. En los dientes permanentes, el esmalte aprismático se compone de dos estratos diferentes. Uno se presenta como una banda continua similar a la observada en la dentición temporal. El otro exclusivamente visto en dientes permanentes, tiene su estructura cristalina similar a escamas.^{5,6}

Grabado dental

Grabado ácido

En 1955, Buonocore introdujo por primera vez la unión de la resina al esmalte grabado, y lo llamó técnica de grabado ácido, lo que cambió casi totalmente el rumbo de la odontología en

especial la restauración, posibilitando la simplificación de técnicas operatorias y conservación de tejido dental sano.⁷⁻¹⁰

Marcaba así, probablemente, uno de los hitos más importantes en la odontología, desde los tiempos de G.V. Black, inaugurando la era de la “odontología adhesiva”.⁸

A esta técnica se han incorporado diversas modificaciones, han variado los tipos y concentraciones de los ácidos utilizados para preparar el esmalte y sus tiempos de aplicación, han aparecido nuevos polímeros, ha variado radicalmente la forma de polimerizar el material y se ha incorporado el grabado ácido de la dentina como un procedimiento clínico rutinario. Así pues, la técnica actual de “grabado total” utiliza básicamente ácido fosfórico (H_3PO_4) en concentración variable, entre 10% y 50%, la más utilizada es 37% durante 15 a 30 segundos,^{8,11-15} algunos autores mencionan hasta 1 minuto, utilizándose de acuerdo a las indicaciones del fabricante, ya que si se sobrepasa el tiempo indicado se produce una desnaturalización excesiva de las proteínas, se prosigue con el lavado de los residuos, secado ligero^{9,16,17} y aplicación de una resina que formará una capa híbrida con el colágeno de la dentina y tags en las microrretenciones provocadas en el esmalte.⁸

Lo fundamental de la técnica de grabado ácido permanece invariable desde sus comienzos: se aplica ácido para crear una superficie rica en microporosidades en el esmalte produciendo una disolución de la cabeza de los prismas o de la periferia, para eliminar el barro dentinario y abrir los túbulos de la dentina, permitiendo que las microporosidades del esmalte, el colágeno expuesto y la porción más externa de los túbulos dentinarios sirvan de retención a la resina adhesiva, asegurando el sellado de los túbulos y los márgenes de la obturación. Este procedimiento obliga al clínico a usar diferentes componentes y seguir un procedimiento de varias etapas para preparar esmalte y dentina a fin de lograr una adhesión eficaz. En esmalte,

la adhesión se logra preparando la superficie seca, mediante la aplicación de ácido fosfórico por 15 segundos.^{9,11,15}

La superficie lisa del esmalte no tratado cambia dramáticamente cuando se graba con ácido fosfórico.¹³ Éste logra disolver y penetrar las zonas inter o intraprisimáticas, de manera que crea un área socavada, originando patrones de desmineralización característicos en esmalte. Estos sitios luego se impregnan con la resina adhesiva, produciendo al polimerizar, una unión íntima con el esmalte que asegura la unión a la resina compuesta y el sellado de los márgenes de la restauración. Esta técnica se ha usado por décadas, con excelentes y comprobados resultados clínicos.⁸

En dentina, en cambio, los resultados son más variables y el procedimiento más complejo. La desmineralización deja una malla de colágeno expuesta y abre parcialmente la porción más externa de los túbulos dentinarios. La red de colágena y la zona expedita de los túbulos se impregnan con resina adhesiva, la que al polimerizar origina la capa híbrida y los tags de resina, responsables de la adhesión, dando una retención de alta calidad en condiciones ideales. Sin embargo, esta adhesión dentinaria puede verse afectada por diversos factores, como la profundidad de la desmineralización y la mayor o menor difusión e impregnación con los monómeros. Si la profundidad de la zona desmineralizada es mayor que la zona en que se ha difundido la resina, queda un sector de fibras colágenas sin impregnarse de polímeros y, en consecuencia, no se hibridiza. Esta zona puede ser inestable y estudios in vitro sugieren que se hidroliza con el tiempo. Otros autores indican que la durabilidad de la unión a la dentina es excelente cuando la resina encapsula los cristales en la base de la zona híbrida. Se cree también que la unión es más estable con una penetración uniforme de los primers y la resina, aunque ésta no sea muy profunda, ya que es probable que la fuerza de unión esté vinculada al área de superficie unida, más que a la penetración de la resina.⁸

El uso del grabado ácido debe ser considerado en los casos donde la prioridad es el incremento en la fuerza de adhesión.¹²

Autograbado

Actualmente los cambios continúan, orientados a simplificar los pasos operatorios disminuyendo etapas de la técnica de grabado.⁹ Se han desarrollado los sistemas de agentes de autograbado que han sustituido el ácido fosfórico como acondicionador, reemplazándolo con un primer ácido y resina adhesiva, usados en uno o dos tiempos operatorios y que no requieren lavado ni remueven el barro dentinario, sino que lo incorporan a la capa híbrida.

Sus ventajas son:

1. Reduce la pérdida de esmalte (es más conservador que el ácido fosfórico), previene la contaminación con saliva y humedad, son rápidos de aplicar por lo que ahorran tiempo.^{8,13}
2. Los procesos de desmineralización e infiltración de la resina ocurren simultáneamente, generando una infiltración uniforme y completa de los polímeros en dentina.⁸
3. Una de las variables más difíciles de manejar, la deshidratación excesiva de la dentina posterior al lavado, que puede colapsar la red de colágena expuesta e influir negativamente en la fuerza de unión por la pobre infiltración de resina en la malla de colágena, no tiene efecto en este caso, ya que como no hay necesidad de lavar y secar la dentina, el colapso sencillamente no se produce.⁸

Los componentes reactivos de los agentes de autograbado son ésteres de alcoholes bivalentes con ácido metacrílico, fosfórico o derivados. Actualmente existen varios en uso comercial y en etapa experimental.⁸

La solución del polímero ácido penetra a través del agua que rodea las partículas del barro dentinario. Este último, a su vez dificulta y restringe el grado de penetración dentro de la dentina subyacente, y se ha visto que el medio adhesivo invade más la dentina sobre los túbulos que la zona intertubular. Pese a esta limitante en la introducción del adhesivo, Ferrari realizó un estudio *in vivo* en 1996, y concluyó que estos sistemas son igualmente capaces de formar una capa híbrida, pero de menor grosor, incluyendo la formación de tags de resina laterales más pequeñas en las paredes dentinarias cercanas a la pulpa.⁸

En el autograbado no hay necesidad de lavar subproductos de la reacción o residuos del éster de ácido fosfórico, ya que ambos polimerizan en la capa adhesiva. La profundidad de la desmineralización y la penetración del agente de enlace deben ser idénticas, dado que ambos procesos son simultáneos. Estas propiedades de los monómeros evitan la aparición de espacios vacíos que quedan al aplicar sucesivas capas de productos, con etapas intermedias de lavado y/o secado del esmalte. Lo que se pretende es lograr una capa uniforme, mejorando teóricamente, la calidad de la unión resina-esmalte/dentina.⁸

Estudios *in vivo*, aplicando agentes de autograbado en dentina sana, coinciden en mostrar una dentina sin cambios morfológicos significativos después de la aplicación de los productos, con una imagen de microscopía electrónica de barrido que evidencia un área cubierta de barro dentinario y residuos, sin apertura evidente de los túbulos dentinarios. Por otra parte, la aplicación de agentes autograbantes en dentina esclerótica, muestra una ausencia esporádica de capa híbrida y/o tags de resina. Las características ultraestructurales apreciadas en estas

investigaciones, obligan a rediseñar los procedimientos al enfrentar la utilización de estos autograbantes en esta situación, ya que se observa que el aumento de los tiempos de grabado o la eliminación de las capas superficiales de dentina esclerótica, no son técnicas efectivas en incrementar la retención de las restauraciones.⁸

En algunos agentes de autograbado hay evidencia de cierta actividad antimicrobiana. Estudios recientes muestran actividad contra *Streptococcus mutans* y *Actinomyces viscosus*.⁸

Los agentes de autograbado han mostrado ser una buena opción para desplazar el grabado convencional, con una reducción de 65% de tiempo. Aunque han aparecido recientemente en la profesión dental, ya son empleados por el 20% de los dentistas en Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, algunos estudios no muestran diferencias significativas en la fuerza de adhesión entre los autograbantes y los agentes de grabado convencional.¹³

Los sistemas adhesivos de autograbado aún requieren de una importante evaluación clínica para ser incorporados al armamento odontológico, o para ser modificados, de acuerdo con el resultado de las pruebas, ya que la mayoría de los tests que arrojan resultados compatibles con la clínica han sido realizados *in vitro*.⁸

Estas modificaciones inquietan y confunden a los clínicos ante la preocupación de que se sacrifique la resistencia y la calidad de unión al esmalte y/o dentina, en un esfuerzo por simplificar la acción clínica.⁸

Grabado láser

En la literatura científica, se encuentran numerosas aplicaciones odontológicas del láser Er:YAG. Se ha aceptado que su irradiación, afecta el acondicionamiento de la dentina, mejorando sus propiedades de adhesión.¹¹

En estudios recientes se ha observado que con la irradiación láser se obtienen patrones similares al grabado con ácido ortofosfórico. La superficie rugosa obtenida tras la aplicación de este láser produce de un 70% a un 90% de retención, en relación con el ácido ortofosfórico, valores suficientes para asegurar un buen sellado de la cavidad y acondicionamiento de la dentina para obturaciones con adhesivos. Hay reportes de que la irradiación del láser Er:YAG en dentina proporciona resultados de fuerzas adhesivas mejores que el grabado ácido y sugieren que el tratamiento láser puede sustituirlo como un procedimiento de pretratamiento para la adhesión dentinaria. Al observar al microscopio electrónico de barrido la dentina irradiada, se aprecia un sustrato microscópico rugoso sin desmineralización, túbulos dentinarios expuestos, una ausencia total de barrillo dentinario y esterilización de la superficie dentinaria. Este tipo de superficie de la preparación es similar a la que se obtiene tras la aplicación de ácido ortofosfórico y sus características son óptimas para posteriormente colocar los adhesivos dentinarios.^{11,18}

Natera y cols. plantean que la fuerza de adhesión de los materiales de obturación se incrementa al realizar el grabado del esmalte con el Er:YAG, debido a que permite un aumento de superficie por las rugosidades producidas. A nivel dentinario, el Er:YAG produce un acondicionamiento que ofrece mayores fuerzas de adhesión que el instrumental rotatorio convencional, mejorando la unión de las resinas.¹⁹

La longitud de onda de 2.94 micrones del láser Er:YAG cae en un área del espectro electromagnético donde el agua y el OH⁻ tienen sus picos de absorción. Esta energía emitida es bien absorbida por la hidroxiapatita, y se ha demostrado que remueve los tejidos dentales duros más eficazmente que otros sistemas láser. Muy poco daño térmico ha sido reportado, especialmente cuando se utiliza con irrigación.¹¹

De acuerdo a Hibst y Keller, dependiendo de la energía emitida, la irradiación del láser Er:YAG de los tejidos dentales puede promover remoción parcial de la substancia dental a través de evaporación de agua, microexplosiones y expulsión de partículas tanto inorgánicas como orgánicas, en consecuencia un patrón de microrretenciones en la superficie radiada.^{14,19}

Francischetti, realizó un estudio en 180 pacientes, en el que se realizó todo tipo de cavidades con Er:YAG las cuales posteriormente fueron obturadas con resina, sin utilizar bases en las lesiones profundas y sin grabar el esmalte o la dentina con ácido fosfórico. En todos los casos se realizó un decorticado alrededor de la cavidad con el mismo láser pero desfocalizado y con energía reducida para evitar microfiltración marginal posterior en las restauraciones. El tiempo promedio de la realización de las cavidades fue de 45 segundos. Ninguna de las restauraciones requirió anestesia. Al cabo de ocho meses todas las restauraciones permanecían en boca y sin recidiva de caries.¹⁹

Bertrand y cols. estudiaron los efectos de la radiación del Láser de Er:YAG sobre la microdureza de la dentina humana, encontrando una disminución del 16.5% de la dureza de la dentina en los casos tratados con láser vs 12.6% en los casos tratados con grabado ácido. La disminución de la microdureza fue de 19.5% cuando la radiación con láser era seguida por grabado ácido.

Ramos y cols. estudiaron el efecto del Láser de Er:YAG en la fuerza adhesiva de la dentina utilizando diferentes sistemas adhesivos, encontrando una disminución en la fuerza de adhesión en todos los casos en los cuales, la superficie dentinaria fue tratada con Er:YAG, sin embargo los niveles variaban dependiendo del material utilizado (agentes autoacondicionantes y agentes adhesivos convencionales).¹⁹

Similares fueron las conclusiones de los estudios de Munck y cols. quienes demostraron que las cavidades preparadas con este láser son menos receptivas a las restauraciones adhesivas que las cavidades preparadas con turbina, y los estudios de Golcalves y cols. quienes determinaron que el tratamiento con Er:YAG en esmalte dental, no incrementa la resistencia de adhesión de las resinas.

Navarro y cols. realizaron pruebas de fuerza adhesiva del esmalte y la dentina tratados con Er:YAG y agente de autograbado o sistema adhesivo convencional. Encontraron mejores resultados en el esmalte tratado con el agente de autograbado, mientras que en la dentina los resultados fueron similares, tanto en los casos tratados con sistemas adhesivos convencionales, como en los casos tratados con el agente de autograbado.¹⁹

Legramandi y cols. recomiendan el uso de grabado con ácido fosfórico, posterior a la aplicación del Láser Er:YAG para obtener mejor unión entre la dentina y las resinas, según los resultados de su estudio acerca de los efectos de este láser en la adhesión de las resinas.

Souyias y cols. estudiaron el efecto del Láser Er:YAG y los instrumentos rotatorios en preparaciones de resina, obteniendo microfiltración marginal en menor grado a nivel oclusal y mayor grado a nivel cervical utilizando el Láser Er:YAG para la preparación cavitaria.¹⁹

Ramos y cols. evaluaron la microfiltración marginal en restauraciones clase V de dientes primarios preparados con Er:YAG y otros preparados convencionalmente con instrumental rotatorio de alta velocidad, obturados con ionómero de vidrio y resina compuesta. Los menores grados de microfiltración se obtuvieron en los casos tratados con Láser Er:YAG y obturados con resina compuesta.

Chimello y cols. estudiaron el efecto del Láser Er:YAG y el aire abrasivo en la fuerza de adhesión de dos sistemas restauradores, encontrando que el tipo de tratamiento superficial en la dentina influye en la fuerza adhesiva del sistema restaurador; la sola utilización del Láser Er:YAG no proporciona una efectiva fuerza adhesiva y el aire abrasivo de óxido de aluminio puede mejorar la adhesión, dependiendo del material utilizado.¹⁹

Otro estudio compara el uso de instrumental rotatorio convencional, aire abrasivo y Láser de Er:YAG en cavidades clase V restauradas con resina. Al microscopio electrónico, el mejor sellado marginal en la región oclusal, se obtuvo en las preparaciones con turbina y grabado ácido, y en las preparaciones con Er:YAG y grabado ácido convencional. El mayor grado de microfiltración se obtuvo en el grupo preparado con Er:YAG tanto para la eliminación de caries como para el grabado de la superficie. A nivel cervical, los mejores resultados se obtuvieron con la utilización de la turbina y el grabado ácido. Este estudio demuestra que la utilización de aire abrasivo o el Láser Er:YAG, no eliminan la necesidad de realizar el grabado ácido.¹⁹

Esto está respaldado por los trabajos de Walden y cols. quienes estudiaron la fuerza adhesiva en esmalte después de recibir tratamiento y acondicionamiento del Láser de Er:YAG, encontrando que el acondicionamiento con láser no mejora la fuerza adhesiva en el esmalte y el trabajo de Proto y cols. que evaluó la tensión de la fuerza adhesiva de diferentes sistemas en

dentina irradiada con Er:YAG, concluyendo que los mejores valores de adhesión se logran con grabado de ácido fosfórico al 37%.^{8,11-15,19}

Con los láser Er:YAG y Er,Cr:YSGG se obtienen patrones similares al grabado con ácido ortofosfórico. La superficie rugosa obtenida tras la aplicación de estos láseres produce de un 70% a un 90% de retención, en relación con el ácido ortofosfórico, valores más que suficientes para asegurar un buen sellado de la cavidad.¹⁹

En estudios previos se ha irradiado dentina con una energía de pulso de 180 mJ, duración de pulso de 250µseg bajo irrigación y la tasa de repetición escogida ha sido de 2 Hz. El haz del láser se ha enviado sin contactar, y el tamaño de la punta ha sido 1mm de diámetro.¹¹

Tecnología Láser

Principios Generales

La palabra láser es un acrónimo de “Light Amplification by the Stimulation Emission of Radiation” (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación), cuyo principio físico fue desarrollado a partir de la teoría de Einstein en 1917, como concepto básico para la amplificación de la luz. Un haz de luz está compuesto por paquetes de fotones, los cuales son producidos por un foco o cualquier otra fuente de luz. La luz láser se produce al estimular un átomo con una fuente externa de energía para emitir un fotón antes de que el proceso espontáneo ocurra. La emisión espontánea de un fotón por un átomo estimulado libera un segundo fotón, ambos fotones son capaces de estimular la emisión de más fotones y cada uno de ellos formará una luz con características especiales como la luz láser, que a diferencia de la luz normal tienen

una misma longitud de onda, energía y color (monocromáticos), ondas sincrónicas (coherente) y rayos paralelos (colimada).

Para llevar a cabo este procedimiento de amplificación de la luz se requiere de un medio activo para estimular la emisión de fotones, este medio puede ser un gas, un líquido o un material sólido que contenga un tubo de cerámica o vidrio. La longitud de onda específica de cada uno de los equipos láser depende del estado de energía del electrón cuando el fotón es liberado y en particular las propiedades de cada láser dependen precisamente de la longitud de onda.

Cuando la luz láser (Fig. 1) 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.²⁰

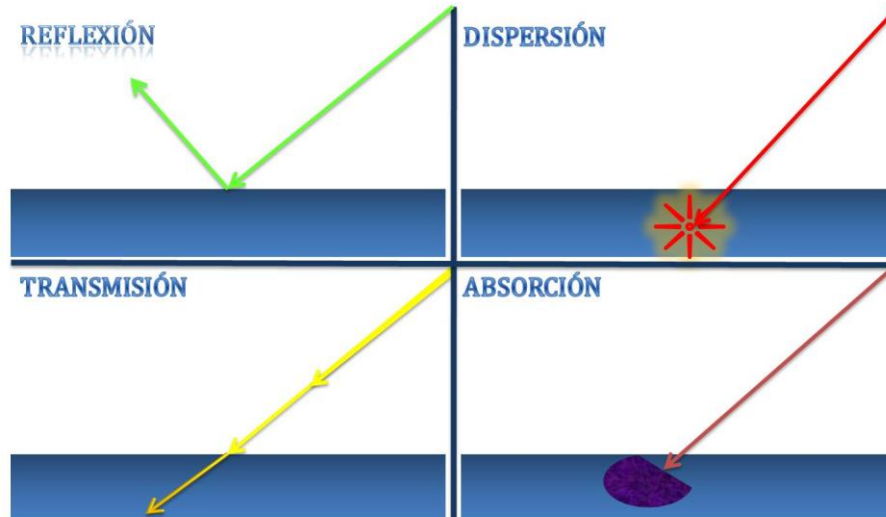


Fig. 1. Efecto de la irradiación laser sobre los tejidos.²⁰

El efecto térmico del calor generado producto de la absorción del láser por los tejidos, depende de: la composición de los tejidos (cantidad de agua, componentes orgánicos e inorgánicos) y del tiempo de exposición del tejido. El incremento en la temperatura del tejido, entonces 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

Desarrollo de la Tecnología Láser

El primer dispositivo láser fue creado en 1960 por Maiman, desde entonces los láser han sido utilizados en diversas áreas de medicina, particularmente en oftalmología, otorrinolaringología, dermatología y cirugía.

El láser fue introducido para su uso en Odontología en 1964 por Stern, Sognaes, y Goldman, Hornby, Meyer y Goldman. Las primeras pruebas de laboratorio realizadas *in vitro* por Stern y Sognaes estuvieron limitadas al uso del láser rubí. Posteriormente con el avance de la tecnología nuevos equipos láser son desarrollados, como el láser Argón ion, CO₂ (disponible a partir 1969) entre otros, sin embargo, no fue hasta 1990 que el Nd:YA desarrollado por Myers y Myers fue aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) para cirugía intraoral de tejidos blandos y es reconocido como el primer láser específicamente diseñado para Odontología General. Actualmente se cuenta con una gran variedad de equipos láser, para aplicación en odontología, con diferentes longitudes de onda y cuyos usos incluyen desde el diagnóstico de caries, el curado de resinas, blanqueamiento dental, eliminación de tejido cariado, preparación de cavidades, diversos procedimientos quirúrgicos incluyendo los periodontales, eliminación de cálculo, etc. (Tabla 1).²⁰

Láser Diagnóstico

La tecnología de láser fluorescencia, para la detección de caries ha sido ampliamente estudiada y ha demostrado una buena sensibilidad y excelente reproductibilidad. Por otra parte la flujometría Doppler (variación de la longitud de onda) láser ha sido usada para monitorear el flujo sanguíneo pulpar y gingival, la evaluación de la vitalidad pulpar, y la movilidad dental entre otros.²⁰

Láser Er:YAG

Generalidades

En 1975 Zharicov introduce el láser Erbium: Ytrium-Aluminum-Garnet (Er:YAG). 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 (Fig. 2) de 2.94 μm (2,940 nm) y es altamente absorbido por el agua. Teóricamente el coeficiente de absorción (Fig. 3) de agua es 10 veces mayor que el CO₂ 10.6 μm (10,600 nm) y de 15,000-20,000 veces más que el Nd:YAG 1.064 μm (1,064 nm). El láser Er:YAG fue aprobado hasta 1997 por la US Food and Drug Administration (FDA) para la eliminación de caries y preparación cavitaria, en 1999 para la cirugía de tejidos blandos, limpieza surcular y en 2004 para cirugía ósea. El Er:YAG es quizás el más versátil de todos los láseres 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.²⁰

Tipo de Láser	Medio Activo	Longitud de onda	Aplicaciones
Dióxido de Carbono CO ₂	Gas	10,600 nm	Tejidos Blandos: Incisión y ablación. Ventajas: Excelente homeostasis y efecto bactericida, dolor postoperatorio mínimo o ninguno.
Argón láser	Gas	457 a 502 nm	Tejidos Blandos: Incisión y ablación, curado de resinas y blanqueamiento. Ventajas: Excelente homeostasis.
Gallium-Arseniuro	Diodo	904 nm	Tejidos Blandos: Incisión y ablación, hipersensibilidad dentinaria, pulpotomía, desinfección radicular, eliminación de pigmentación gingival por melanina.
Neodimio:YAG (Nd:YAG)	Sólido	1,064 nm	Tejidos Blandos: Incisión y ablación, eliminación de tejido cariado, produce una buena homeostasis.
Erbium:YSGG (Er,Cr:YSGG)	Sólido	2,780 nm	Grabado del esmalte, eliminación tejido cariado, preparación cavitaria, preparación del canal radicular.

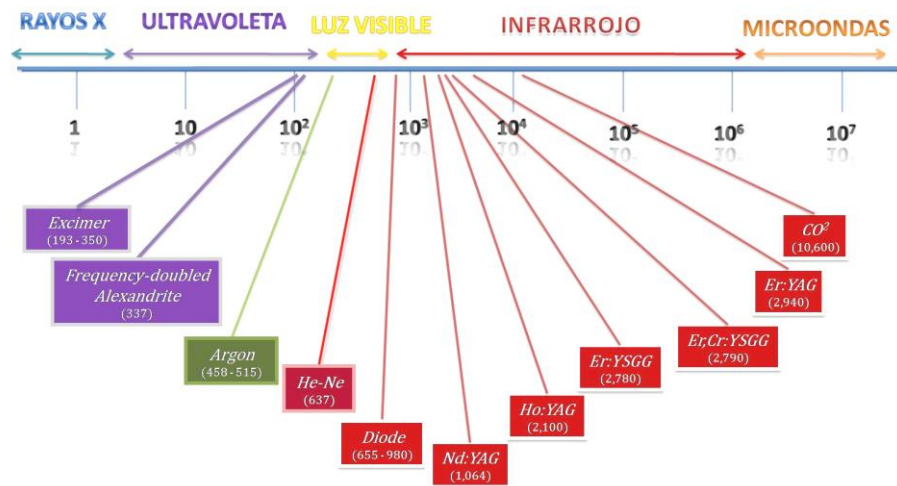


Fig. 2. Espectro electromagnético y longitud de onda de diferentes láseres.²⁰

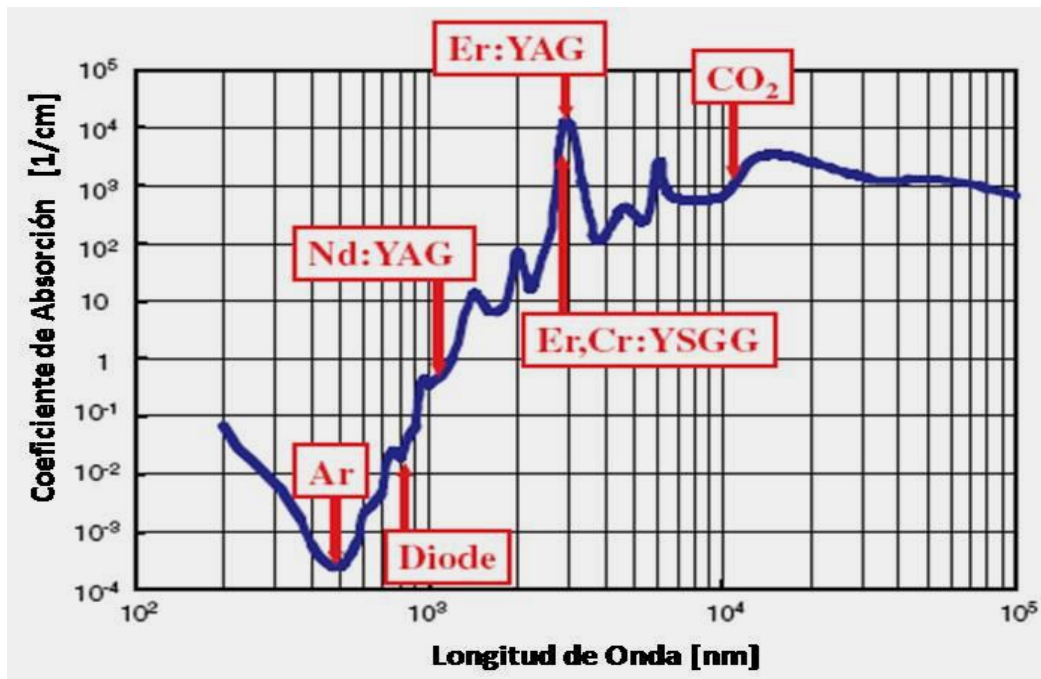


Fig. 3. Espectro de absorción de agua.²⁰

Durante la ablación de un tejido con láser Er:YAG, la energía es absorbida selectivamente por moléculas de agua y los componentes hídricos orgánicos de los tejidos, ocasionando la evaporación del agua y de los componentes orgánicos, como resultado de los efectos térmicos generados por el proceso de calentamiento (evaporación fototérmica). En los tejidos duros, el vapor de agua producido incrementa la presión interna dentro del tejido, dando lugar a una expansión explosiva llamada "microexplosión". El efecto dinámico produce un colapso mecánico en los tejidos, resultando una ablación termomecánica o fotomecánica.²⁰

Microdureza

La dureza es una propiedad mecánica de los materiales, consistente en la dificultad que existe para rayar o crear marcas en la superficie mediante la penetración de una punta. La dureza se mide utilizando un durómetro para el ensayo de penetración.⁴

La microdureza de superficie es una propiedad física que evalúa el efecto de los agentes físicos y químicos sobre los tejidos duros de los dientes (esmalte, dentina y cemento),^{21,22} midiendo los cambios en la resistencia estructural superficial.²¹

El propósito de la evaluación de microdureza superficial fue apoyada por el hallazgo de una fuerte correlación entre la remineralización medida por esta técnica y las técnicas radiográficas. Featherstone reportó una buena correlación entre la microdureza del esmalte y la pérdida de minerales en lesiones de caries.²²

Existen métodos de prueba estándar comunes para expresar la microdureza de un material. Cada uno de ellos se divide en un rango de escalas, definidas por una combinación de las cargas aplicadas y la geometría del indentador.⁴

La microdureza por indentación proporciona un método relativamente simple, rápido y no destructivo en los estudios de desmineralización y remineralización.^{21,23}

Las pruebas de microdureza son de tres tipos, las cuales incluyen: el número de dureza Knoop (KHN), el número de dureza Vickers VHN, y número de dureza de Brennel o Brinell (BHN). El VHN generalmente es adoptado como la base para la investigación sobre el KHN porque la forma cuadrada de la indentación obtenida en VHN es más exacta. Incluso los cambios minúsculos en la forma de la indentación cuadrada obtenidos después de la prueba pueden ser fácilmente detectados.^{21,23}

El método de prueba de dureza Vickers (HVN por sus siglas en inglés Hardness Vickers Number) consiste en marcar el material de prueba con un indentador de diamante, que tiene

forma de una pirámide recta con una base cuadrada y un ángulo de 136° entre caras opuestas, sometidas a una carga de 1 a 100 kg/f.⁴

La carga normalmente aplicada en el esmalte dental es de 10, 25 y 50 g por 10, 20 y 30 s, utilizando el indentador Vickers. Las dos diagonales de la indentación en la superficie del material después de la remoción de la carga se miden usando un objetivo del microscopio incorporado al microdurómetro. Se calcula el área de la superficie de la muesca que forma una pendiente. Es adecuado para aplicarse con el fin de determinar la microdureza de áreas pequeñas y para materiales muy duros.⁴

Collys et al, sugirieron una carga de 50 g y más para estudios de dureza en dientes, ya que encontraron que cargas más bajas influyen en el tamaño de la indentación. Qasim et al recomendaron una carga de 100 g, porque da una clara indentación para observarse bajo el microscopio.²³

La fórmula de la microdureza (MD) es la siguiente:

$$HV_N = \frac{(1.845)F}{d^2}$$

Donde:

HVN es el número de microdureza Vickers

1.845; es la constante de microdureza

F; es la carga aplicada en gramos

d^2 ; es la distancia media de las diagonales (horizontal y vertical)

Las pruebas de microdureza se usan mucho y tienen una aplicación importante en odontología. La prueba de microdureza puede evaluar el grado de mineralización de un sustrato dental. Una fuerza específica aplicada durante un tiempo y una distancia específicas proporcionan datos importantes.

Se utiliza un aparato que tiene como aditamento diferentes puntas de diamante, al aplicar una carga definida, la punta de diamante se hace incidir sobre una superficie, luego se retira la punta y se mide, localizando el indentador con ayuda de los objetivos del microscopio (40X, 10X), luego se determina la diagonal de la muesca que se dejó sobre la superficie, este aparato es conocido como Microdurómetro. Se utiliza en estudios que evalúan la capacidad de remineralización del esmalte y la dentina después de diferentes tratamientos, como ocurre en situaciones no equilibradas de desmineralización y remineralización.⁴

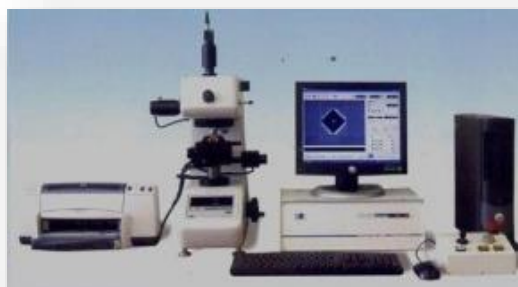


Fig. 4. Microdurometro²⁴

2. Planteamiento del Problema

La adhesión dental ha sido un tema de gran interés en la investigación desde hace varias décadas. Los primeros intentos para restaurar los dientes hicieron hincapié en la remoción quirúrgica de tejido sano, hasta 1955 cuando Buonocore descubre el primer agente de grabado o acondicionador, el ácido fosfórico, el cual se convirtió en una técnica rutinaria para las restauraciones dentales.²⁵

El uso de los agentes de grabado o acondicionadores de esmalte tienen una amplia difusión en odontología, sin embargo la aparición de productos y tecnologías novedosas como los agentes de autograbado y el láser Er:YAG ha sido motivo de investigación, sobre todo en el área odontopediátrica ya que no se tiene suficiente información sobre los efectos que producen sobre el esmalte temporal donde se sugiere aplicarlos.

Sin embargo debido a la alta reactividad de los tejidos dentales temporales duros a los acondicionadores,²⁶ es necesario el uso de diferentes protocolos para los dientes primarios y permanentes,²⁷ éstos podrían ser aplicados por periodos de tiempo más cortos comparados con los dientes permanentes.²⁶

Por esta razón, es importante conocer el efecto de los acondicionadores de esmalte temporal y compararlos con el agente de grabado tradicional.

Pregunta de investigación:

¿Cuáles son los cambios en la microdureza, morfología, composición química, y superficie del esmalte temporal grabado con ácido fosfórico, autograbado de 7^o generación y láser Er:YAG?

3. Justificación

No existe suficiente información en la literatura sobre los efectos de los agentes acondicionadores en el área odontopediátrica. A pesar de las diferencias químicas y micromorfológicas entre los dientes primarios y permanentes, tradicionalmente los conocimientos adquiridos en el laboratorio o *in vivo* en dientes permanentes se extrapola a los temporales, ya que los mismos protocolos están indicados para ambos sustratos.²⁸

Es por ello que la mayoría de los informes de los efectos de los agentes de grabado en esmalte se refieren a la dentición adulta, por lo que existe poca evidencia de los cambios que se presentan en los tejidos primarios.

Recientemente se han propuesto tipos alternativos de tratamiento de la superficie dental antes del protocolo de adhesivo, entre ellos la irradiación con láser Er:YAG que también se utiliza para preparación de la cavidad,¹⁴ y los sistemas de autograbado de un solo paso para simplificar y acortar los procedimientos de adhesión, que son especialmente benéficos para el tratamiento de pacientes potencialmente no cooperativos como los niños.²⁹

Por lo anteriormente mencionado el presente proyecto pretende aportar información científica sobre los efectos de los tres acondicionadores dentales en la superficie del esmalte temporal.

4. Hipótesis

Hipótesis de investigación

Fase I

- El acondicionamiento del esmalte temporal con ácido fosfórico, autograbado de 7^o generación y láser Er:YAG disminuye su microdureza.
- Los cambios morfológicos predominantes en esmalte temporal después del grabado con ácido fosfórico, autograbado de 7^o generación y láser Er:YAG serán prismas expuestos, fracturas, cráteres y fusión.
- No habrá diferencias significativas en el porcentaje atómico (%at) de los elementos químicos y las relaciones calcio fósforo (Ca/P) que componen al esmalte temporal sin acondicionamiento y con grabado de ácido fosfórico, autograbado de 7^o generación y láser Er:YAG.

Fase II

- Todos los agentes de grabado ocasionaran pérdida de la superficie del esmalte temporal, siendo el menos agresivo el agente de autograbado de 7^o generación, y el que mayor pérdida ocasionara será el láser Er:YAG.

5. Objetivos

Objetivo General

Determinar la microdureza, morfología, composición química y pérdida del esmalte de los dientes temporales humanos sanos y evaluar los cambios producidos por el efecto del grabado con ácido fosfórico, autograbado de 7º generación y láser Er:YAG.

Objetivos Específicos

Fase I

- Determinar la microdureza del esmalte temporal sano y grabado con ácido fosfórico, autograbado de 7º generación y láser Er:YAG con un indentador Vickers a 20 g^f durante 15s.
- Describir y analizar la morfología observable al microscopio electrónico de barrido en la superficie del esmalte de los dientes temporales sanos y grabados con ácido fosfórico, autograbado de 7º generación y láser Er:YAG.
- Determinar semicuantitativamente los %at de C, O, P y Ca que componen al esmalte de los dientes incisivos y calcular las relaciones Ca/P.

Fase II

- Medir la pérdida de tejido con el microscopio electrónico de barrido en la superficie del esmalte de los dientes temporales grabados con ácido fosfórico, autograbado de 7º generación y láser Er:YAG.

6. Diseño metodológico

6.1 Diseño del Estudio

El estudio fue dividido en dos fases. Fase I (Figura 5.1) y fase II (Figura 5.2)

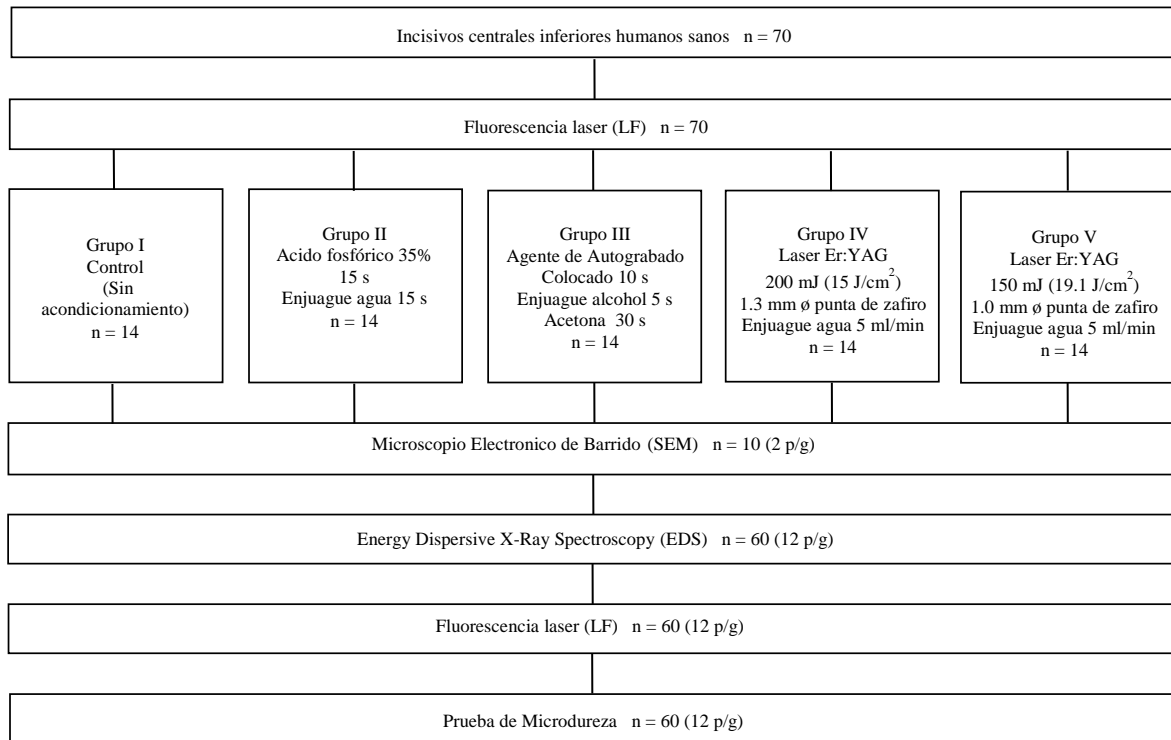


Fig. 5.1 Diagrama del Diseño del Estudio Fase I

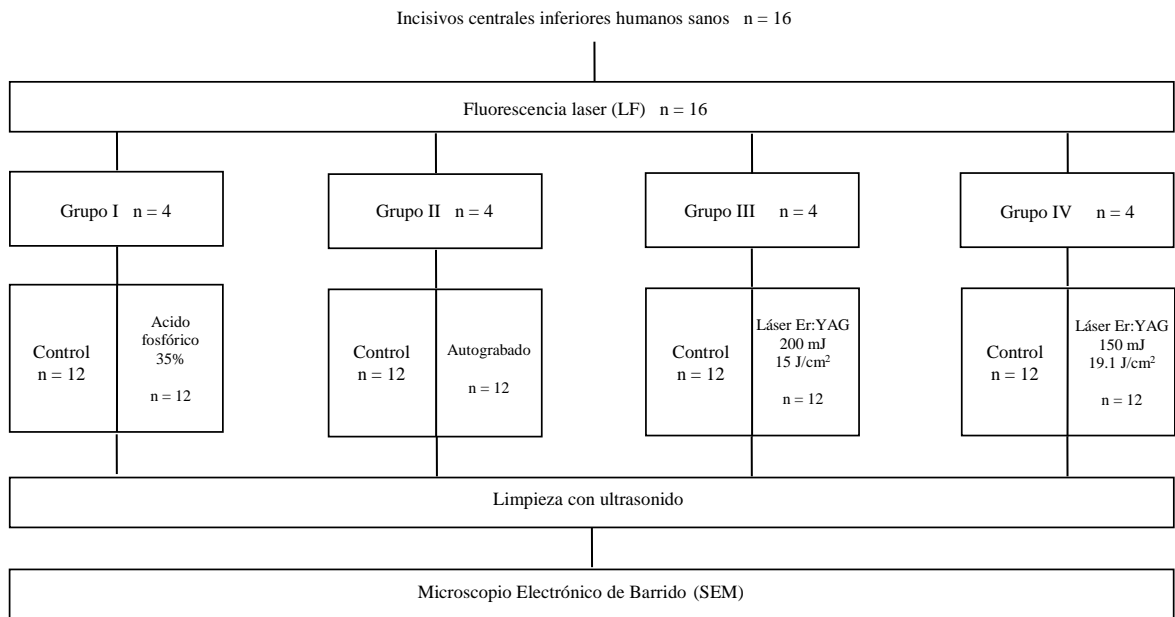


Fig. 5.2 Diagrama del Diseño del Estudio Fase II

Tipo de Estudio

En ambas fases es un estudio experimental, prospectivo, longitudinal.

6.2 Universo y muestra

En ambas fases se utilizaron dientes incisivos temporales de niños residentes en el Estado de México.

Método de Muestreo

En ambas fases el muestreo fue probabilístico, aleatorio simple.

Tamaño de Muestra

Fase I

El tamaño de la muestra fue de 70 dientes temporales (incisivos centrales inferiores).

Fase II

El tamaño de la muestra fue de 16 dientes temporales (incisivos centrales inferiores).

6.3 Procedimientos

6.3.1. Procedimientos de la *Fase I*

Selección de los dientes y preparación de las muestras

Los órganos dentarios temporales incisivos, exfoliados o extraídos por persistencia en la cavidad bucal, se obtuvieron de pacientes de las Clínicas de Ortodoncia y Odontopediatría de la Facultad de Odontología de la UAEM y del Centro de Especialidades Odontológicas del Instituto Materno Infantil del Estado de México (IMIEM). Los dientes recolectados no presentaron evidencia de caries, fluorosis, fracturas u obturaciones. Las donaciones se realizaron mediante previo consentimiento informado de alguno de los padres/tutores del paciente y asentimiento informado de los menores de edad (Ver Anexos 1 y 2). Los dientes fueron colocados sin ser enjuagados en un frasco con timol al 0.2% inmediatamente después de su recolección y posteriormente fueron transportados en un lapso de 15 días al laboratorio del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología “Dr. Keizaburo Miyata”. Las coronas fueron cepilladas gentilmente con un cepillo suave (Sulcus, Oral-B, México) y finalmente enjuagadas con agua destilada. El almacenamiento se llevó a cabo a 4°C en solución de timol al 0.2% hasta su análisis.

Posteriormente, las coronas se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar al aire. Los especímenes fueron escaneados con un sistema fluorescente de detección de caries DIAGNOdent® pen (KaVo, Biederach, Alemania) y setenta incisivos fueron seleccionados para el estudio por presentar valores entre 0 y 13 (materia sana).

Grabado dental

Setenta especímenes se distribuyeron de manera aleatoria en cada uno de los siguientes grupos:

Grupo I. Control (n = 14), sin acondicionamiento.

Grupo II. Ácido fosfórico al 35% (n = 14) (Scotchbond Gel grabador 3M ESPE, USA), se grabó 15 segundos, se lavó mediante irrigación con chorro de agua durante 15 segundos y se secó.

Grupo III. Agente de Autograbado de 7° generación (n = 14), se aplicó agente de autograbado 10 segundos (Adper Prompt L-Pop 3M ESPE, USA), se lavó con acetona y agua deionizada alternativamente durante 10 segundos y se secó.

Grupo IV. Láser Er:YAG 200mJ-15J/cm² (n = 14), (Lumenis OPUS DUO™ Er:YAG+CO², Yokneam, Israel). Para el manejo de las muestras del grupo IV, se fijaron en una pinza cubierta con un protector y se irradiaron a un milímetro de distancia. El nivel de energía que se utilizó fue de 200 mJ, repetición de pulso de 15 Hz, densidad de energía de 15J/cm², y una punta de zafiro de 1.3 mm, se utilizó agua en spray como sistema de enfriamiento.

Grupo V. Láser Er:YAG 150mJ-19.1J/cm² (n = 14), (Lumenis OPUS DUO™ Er: YAG + CO², Yokneam, Israel). Para el manejo de las muestras del grupo V, se fijaron en una pinza cubierta con un protector y se irradiaron a un milímetro de distancia. El nivel de energía que se utilizó

fue de 150 mJ, repetición de pulso de 15 Hz, densidad de energía de 19.1J/cm², y una punta de zafiro de 1.0 mm, se utilizó agua en spray como sistema de enfriamiento.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Después del grabado dental se tomaron micrográficas de dos especímenes seleccionados de cada grupo con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM; JSM, 6610LV, JEOL, Pleasanton, CA, USA).

Espectroscopía de Rayos X por Dispersión de Energía (EDS)

La composición química del esmalte temporal se analizó en doce muestras seleccionadas de cada grupo con Espectroscopía de Rayos X por Dispersión de Energía (EDS).

Prueba de Microdureza

Para medir la microdureza de los especímenes se utilizó un indentador Vickers (MXT30-ULTM, Matsuzawa, Akita, Japan), con una fuerza repetida de 20 g^f durante 15s en todos los casos, y el objetivo 40X. Los especímenes se montaron en cubos de acrílico para facilitar su manipulación en las mordazas del microdurometro.

6.3.2 Procedimientos de la *Fase II*

Selección de los dientes y preparación de las muestras

Incisivos temporales extraídos por retención prolongada, sin evidencia obvia de caries, sin fluorosis ni fracturas u obturaciones, fueron obtenidos mediante el mismo procedimiento de consentimiento y asentimiento informado que en la *Fase I* del presente estudio, tomando en cuenta las mismas consideraciones en la recolección y con la participación del personal y pacientes de las clínicas antes mencionadas (Anexos 1 y 2). Inmediatamente después de la

extracción, los dientes fueron recolectados en una solución de timol al 0.2% y transportados al laboratorio. Los especímenes fueron lavados con agua destilada. Las coronas fueron cepilladas gentilmente con un cepillo suave (Sulcus, Oral-B, México) y finalmente enjuagadas con agua destilada. El almacenamiento se llevó a cabo a 4°C en solución de timol al 0.2% hasta su análisis.

Posteriormente, las coronas se enjuagaron con agua destilada y se dejaron secar al aire. Los especímenes fueron escaneados con un sistema fluorescente de detección de caries DIAGNOdent® pen (KaVo, Biederach, Alemania) y dieciséis incisivos fueron seleccionados para el estudio por presentar valores entre 0 y 13 (materia sana).

Grabado dental

Dieciséis especímenes se distribuyeron de manera aleatoria en 4 grupos de acondicionamiento. Se protegió la mitad de cada órgano dentario con cinta de celuloide con el fin de utilizarlo como control.

Grupo I. Ácido fosfórico al 35% (n = 4) (Scotchbond Gel grabador 3M ESPE, USA), se grabó la mitad del incisivo central durante 15 segundos, se lavó mediante irrigación con chorro de agua durante 15 segundos y se secó.

Grupo II. Agente de Autograbado de 7° generación (n = 4), se aplicó agente de autograbado en la mitad del órgano dentario 10 segundos (Adper Prompt L-Pop 3M ESPE, USA), se lavó con acetona y agua deionizada alternativamente durante 10 segundos y se secó.

Grupo III. Láser Er:YAG 200mJ-15J/cm² (n = 14), (Lumenis OPUS DUO™ Er:YAG+CO², Yokneam, Israel). Para el manejo de las muestras del grupo IV, se fijaron en una pinza cubierta con un protector y se irradió la mitad del diente a un milímetro de distancia. El nivel de energía

que se utilizó fue de 200 mJ, repetición de pulso de 15 Hz, densidad de energía de 15J/cm², y una punta de zafiro de 1.3 mm, se utilizó agua en spray como sistema de enfriamiento.

Grupo IV. Láser Er:YAG 150mJ-19.1J/cm² (n = 14), (Lumenis OPUS DUO™ Er: YAG + CO², Yokneam, Israel). Para el manejo de las muestras del grupo V, se fijaron en una pinza cubierta con un protector y se irradió la mitad del diente a un milímetro de distancia. El nivel de energía que se utilizó fue de 150 mJ, repetición de pulso de 15 Hz, densidad de energía de 19.1J/cm², y una punta de zafiro de 1.0 mm, se utilizó agua en spray como sistema de enfriamiento.

Limpieza con Ultrasonido

Se realizó la limpieza de las muestras por 5 minutos en contenedores separados llenos de agua destilada en un baño ultrasónico (Quantrex Q140, L&R Ultrasonics, N.J., EUA) y después fueron secadas al aire.

Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Se tomaron micrografías de los especímenes de cada grupo con el Microscopio Electrónico de Barrido (SEM; JSM, 6610LV, JEOL, Pleasanton, CA, USA), y se realizaron las mediciones del control y grabado correspondiente de cada espécimen.

6.4 Criterios de inclusión

Fase I y II

En el estudio se incluyeron órganos dentarios temporales erupcionados:

- incisivos centrales inferiores, exfoliados o extraídos por persistencia en la cavidad bucal.

- sin caries, fracturas, obturaciones o daños observables a simple vista.
- sin fluorosis dental.
- no seccionados durante la extracción quirúrgica (en los casos de persistencia).
- que en la prueba de DIAGNOdent® presentaron un valor de 0 a 13 (materia sana).

6.5 Criterios de exclusión

Fase I y II

Se eliminaron del estudio los órganos dentarios que sufrieron daños durante la preparación de la muestra.

6.6 Instrumentos

- Dientes incisivos y molares temporales.
- DIAGNOdent® pen (KaVo, Biederach, Alemania).
- Láser Er:YAG (Lumenis OPUS DUO™ Er:YAG+CO², Yokneam, Israel).
- Microscopio electrónico de barrido (SEM; JSM, 6610LV, JEOL, Pleasanton, CA, USA).
- Indentador Vickers (MXT30-UL™, Matsuzawa, Akita, Japan).
- Baño ultrasónico (Quantrex Q140, L&R Ultrasonics, N.J., EUA)

6.7 Recolección de Datos

Los resultados se integraron en las hojas de control.

6.8 Análisis de datos

Los datos se analizaron en el paquete estadístico SPSS 21 y 23 para Windows Statistical (IBM, New York, USA).

6.9 Aspecto ético

Con lo que respecta a los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y de acuerdo a los principios de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (48° Asamblea General de octubre del 2000) y vertidos en el reglamento de la ley General de Salud en Materia de Investigación, se contará con el consentimiento de los pacientes para la donación de sus órganos dentarios.

De acuerdo al artículo 13, prevalecerá el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar de los pacientes que acepten donar sus órganos dentarios.

De acuerdo al artículo 16, que respecto a las investigaciones en seres humanos, se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo sólo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

Considerando que esta investigación se encuentra en el esquema del Título Segundo, Capítulo I, artículo 17, inciso II: Investigación con riesgo mínimo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental, cuyos datos serán vertidos en los formatos específicos.

Por tratarse de una investigación con riesgo mínimo, y de acuerdo al artículo 23 del Capítulo II que menciona que en el caso de investigaciones con riesgo mínimo, la Comisión de Ética, por

razones justificadas, podrá 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.

En el presente trabajo se elaboró el consentimiento informado de acuerdo al artículo 22 del mismo capítulo que a la letra dice: “El consentimiento informado deberá formularse por escrito y deberá reunir los siguientes requisitos:

I. Será elaborado por el investigador principal, indicando la información señalada en el artículo anterior y de acuerdo a la norma técnica que emita la Secretaría;

II. Será revisado y, en su caso aprobado por la Comisión de Ética de la institución de atención a la salud;

III. Indicará los nombres y direcciones de dos testigos y la relación que estos tengan con el sujeto de investigación;

IV. Deberá ser firmado por dos testigos y por el sujeto de investigación o su representante legal, en su caso. Si el sujeto de investigación no supiere firmar, imprimirá su huella digital y a su nombre firmará otra persona que el designe, y

V. Se extenderá por duplicado quedando un ejemplar en poder del sujeto de investigación o su representante legal.²⁰

VI. Mecanismo para la obtención del consentimiento informado

Durante las citas de rutina se obtuvo el consentimiento para la donación de los órganos dentarios que se les extrajeron a los pacientes por razones terapéuticas (Anexo 1 y 2).

7. Resultados

7.1 Artículo aceptado

7.1.1 Título del artículo aceptado

Microhardness, structure and morphology of primary enamel after phosphoric acid, self-etching adhesive, and Er:YAG laser etching

7.1.2 Página frontal de la publicación del artículo

Hindawi
International Journal of Optics
Volume 2017, Article ID 3041798, 8 pages
<https://doi.org/10.1155/2017/3041798>



Research Article

Microhardness, Structure, and Morphology of Primary Enamel after Phosphoric Acid, Self-Etching Adhesive, and Er:YAG Laser Etching

Maria del Carmen Zofia Alcantara-Galeana,¹ Rosalia Contreras-Bulnes,¹
Laura Emma Rodríguez-Vilchis,¹ Manuel Edmundo Espinosa-Pesquera,²
Cecilia Carlota Barrera-Ortega,³ Itzel Monserrat López-Hurtado,¹
and Adriana Fernández-Hobedilla¹

¹Facultad de Odontología, Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados en Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México, P.O. Carreras Zapata Paseo Tollocan, Colonia Universitaria, 5050 Toluca, MEX, México

²Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), SENIP, Laboratorio de Microscopía Electrónica,

Departamento de Tecnología de Materiales, Carretera México-Toluca S/N, Km 36.5, La Magdalena, 52750 Coaxacoac, MEX, México

³Facultad de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Escolar s/n Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04530 Ciudad de México, México

Correspondence should be addressed to Rosalia Contreras-Bulnes; rcb@redbo.uamex.mx

Received 21 September 2016; Accepted 9 February 2017; Published 9 March 2017

Academic Editor: Subramaniam Wadi Haran

Copyright © 2017 Maria del Carmen Zofia Alcantara-Galeana et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Background: Phosphoric acid is the traditional etching agent, self-etching adhesives and Er:YAG laser are alternative methods. Knowledge of deciduous enamel etching is required. **Aim:** To evaluate primary enamel microhardness, structure, and morphology after phosphoric acid, self-etching, and Er:YAG laser etching. **Design:** Seventy primary incisors were assigned to five groups (n = 14): I (control), II (37% phosphoric acid), III (self-etching adhesive), IV (Er:YAG laser at 15 J/cm²), and V (Er:YAG laser at 18.1 J/cm²). Microhardness was evaluated by Vickers indentation. Chemical composition was analyzed by energy dispersive X-ray spectroscopy and morphological changes by scanning electron microscopy. One-way ANOVA, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U, and Pearson bivariate correlation were employed (α = 0.05). **Results:** Vickers microhardness showed differences and no correlation with Ca/P ratio. Group II showed differences in carbon, oxygen, and phosphorus atomic percent and group V in Ca/P ratio. Morphological changes included disorganized prisms, fractures, cracks, and fusion. **Conclusions:** Enamel treated with phosphoric acid showed different chemical characterization among groups. Self-etching and Er:YAG laser irradiation at 15 J/cm² showed similar microhardness and chemical characterization. Er:YAG laser irradiation at 15 J/cm² maintained microhardness as untreated enamel. Er:YAG laser irradiation at 18.1 J/cm² enhanced mineral content. Morphological sensitive changes were specific to each type of etching protocol.

1. Introduction

Although the adhesion to enamel produced by phosphoric acid etching has been considered strong and highly durable, the value of this technique in recent years has taken a secondary position with the introduction of self-etching adhesive systems as alternative methods [1, 2]. These adhesive systems have simplified bonding procedures in clinical use [3], because they do not require separate phosphoric

acid etching, water rinsing, or superficial moist controlling steps [2]. Moreover, self-etching adhesive systems combining primers and bonding agents such that priming and bonding can be achieved by applying either a one- or two-step procedure [3]. However, studies evaluating self-etching adhesives disagree on the efficacy of etching because morphological analyses of enamel surface treated with self-etching primers have shown surfaces that are not very demineralized and unetched areas [2].

7.1.3 Carta de aceptación

7634739: Your manuscript has been accepted



Recibidos x



Sulaiman Wadi Harun ijo@hindawi.com a través de amazonses.com

9 feb. (hace 12 días) ☆ ↶

para rcontrerasb, swharun, doc_alcantara, mi, manuel.espinosa, ccb099, i_tzel, cd.adrianafer

Dear Dr. Contreras-Bulnes,

The review process of Research Article 7634739 titled "Microhardness, structure, and morphology of primary enamel after phosphoric acid, self-etching adhesive, and Er:YAG laser etching" by María del Carmen Zoila Alcantara-Galeana, Rosalia Contreras-Bulnes, Laura E. Rodríguez-Vilchis, Manuel Eduardo Espinosa-Pesqueira, Cecilia Carlota Barrera-Ortega, Itzel Monserrat López-Hurtado and Adriana Fernández-Bobadilla submitted to International Journal of Optics has been completed. I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in the journal.

The publication process of your manuscript will be initiated upon the receipt of electronic files. Please log in to the Manuscript Tracking System at the link below using your username and password, and upload the electronic files of your final accepted version within the next 2-3 days.

<http://mts.hindawi.com/author/7634739/upload.files/>

The electronic files should include the following:

- 1- Source file of the final accepted manuscript (Word or TeX/LaTeX).
- 2- PDF file of the final accepted manuscript.
- 3- Editable figure files (each figure in a separate EPS/PostScript/Word file) if any, taking into consideration that TIFF, JPG, JPEG, BMP formats are not editable.

Thank you again for submitting your manuscript to International Journal of Optics.

Best regards,

Sulaiman Wadi Harun

swharun@um.edu.my

7.1.4 Resumen

Antecedentes: El ácido fosfórico es el agente de grabado tradicional, el autograbado y el láser Er:YAG son métodos alternativos. Se requiere conocimiento del grabado de esmalte temporal.

Objetivo: Evaluar la microdureza, morfología y estructura del esmalte primario después del grabado con ácido fosfórico, autograbado y láser Er:YAG.

Diseño: Setenta incisivos primarios se asignaron a cinco grupos (n = 14). I (control), II (ácido fosfórico 35%), III (autograbado), IV (láser Er:YAG 15 J/cm²), y V (láser Er:YAG 19.1 J/cm²).

La microdureza se evaluó mediante la indentación Vickers. La composición química se analizó mediante espectroscopía de rayos X por dispersión de energía y los cambios morfológicos mediante microscopía electrónica de barrido. Se emplearon correlación univariada ANOVA, Kruskal-Wallis, U de Mann-Whitney y Pearson ($\alpha = 0.05$).

Resultados: la microdureza Vickers mostró diferencias y ninguna correlación con la relación Ca/P. El grupo II mostró diferencias en el porcentaje atómico de carbono, oxígeno y fósforo, el grupo V en relación Ca/P. Los cambios morfológicos incluyeron prismas expuestos, fracturas, cráteres y fusión.

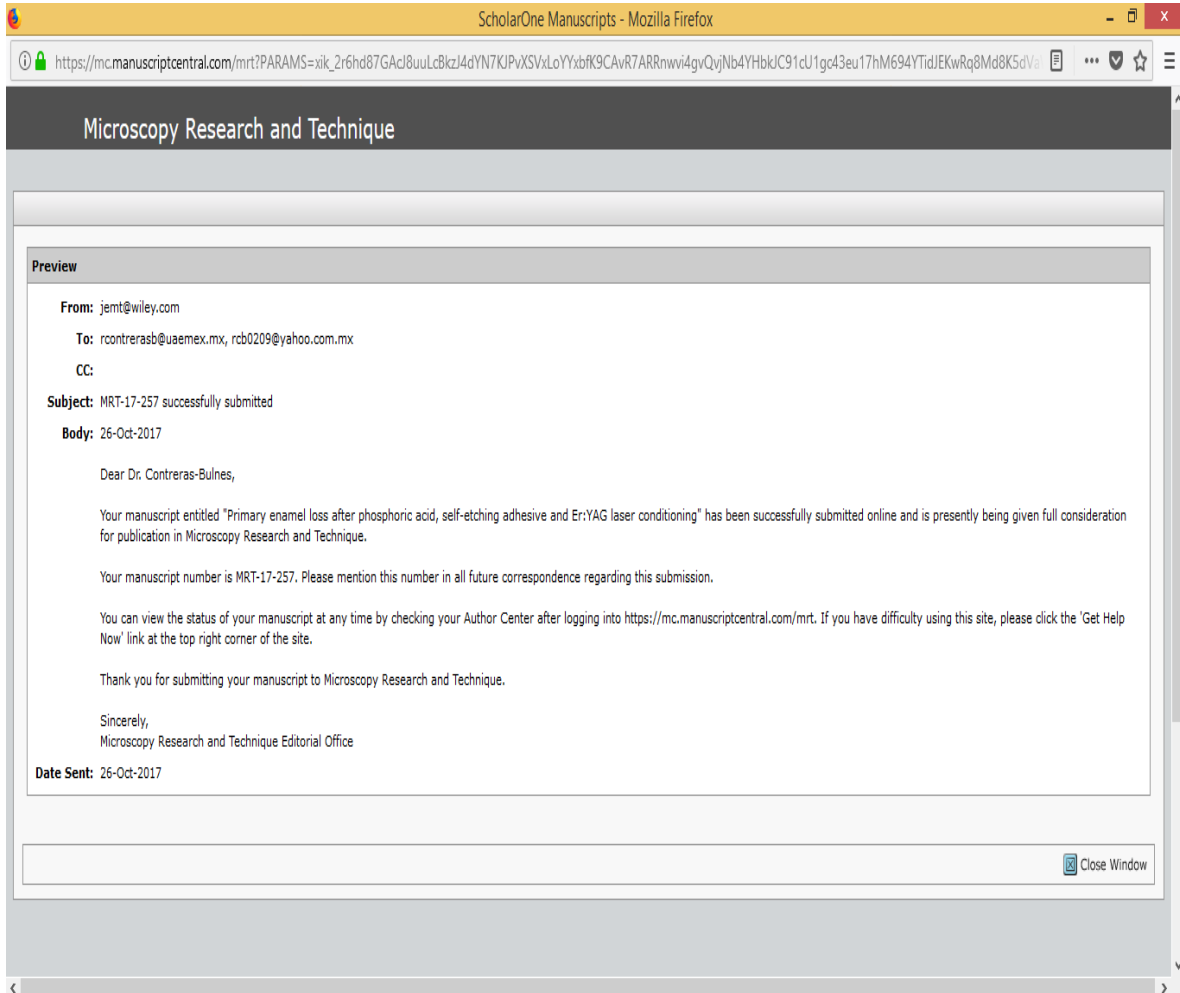
Conclusiones: El esmalte tratado con ácido fosfórico mostró diferentes caracterizaciones químicas comparadas con los otros grupos. La irradiación con láser Er: YAG a 19,1 J / cm² y autograbado mostró una microdureza y una caracterización química similares. La irradiación con láser Er:YAG 15 J/cm² mantuvo la microdureza como el esmalte sin tratar. La irradiación con láser Er:YAG a 19,1 J/cm² aumento el contenido mineral. Los cambios morfológicos retentivos fueron específicos para cada tipo de protocolo de grabado.

7.2. Artículo enviado

7.2.1 Título del artículo enviado

Primary enamel loss after phosphoric acid, self-etching adhesive and Er:YAG laser conditioning.

7.2.2 Carta de envío y/o recepción del artículo



The screenshot shows a Mozilla Firefox browser window with the title "ScholarOne Manuscripts - Mozilla Firefox". The address bar contains the URL: https://mc.manuscriptcentral.com/mrt?PARAMS=xiik_2r6hd87GAcJ8uuLcBkzJ4dYN7KJPvXSvXLoYYxbfK9CAvR7ARRnwi4gvQyjNb4YHbkjC91cU1gc43eu17hM694YTidJEKwRq8Md8K5dVa. The page header reads "Microscopy Research and Technique".

Preview

From: jemt@wiley.com
To: rcontrerasb@uamex.mx, rcb0209@yahoo.com.mx
CC:
Subject: MRT-17-257 successfully submitted
Body: 26-Oct-2017

Dear Dr. Contreras-Bulnes,

Your manuscript entitled "Primary enamel loss after phosphoric acid, self-etching adhesive and Er:YAG laser conditioning" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Microscopy Research and Technique.

Your manuscript number is MRT-17-257. Please mention this number in all future correspondence regarding this submission.

You can view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging into <https://mc.manuscriptcentral.com/mrt>. If you have difficulty using this site, please click the 'Get Help Now' link at the top right corner of the site.

Thank you for submitting your manuscript to Microscopy Research and Technique.

Sincerely,
Microscopy Research and Technique Editorial Office

Date Sent: 26-Oct-2017

Close Window

7.2.3 Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la pérdida de esmalte primario después del acondicionamiento con ácido fosfórico, agente de autograbado y láser Er:YAG. Dieciséis incisivos centrales temporales humanos sanos se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos ($n = 4$). Grupo I, ácido fosfórico 35%; Grupo II, agente de autograbado 7^o generación; Grupo III, láser Er:YAG 200 mJ (15 J/cm^2); y Grupo IV, láser Er:YAG 150 mJ (19.1 J/cm^2). Posteriormente, se aplicó el agente acondicionador correspondiente en la mitad de cada muestra de superficie de esmalte siguiendo las instrucciones del fabricante. En la otra mitad de la muestra, el esmalte no fue grabado. La pérdida de esmalte se midió con el microscopio electrónico de barrido (SEM) después del acondicionamiento ($n = 40$). Los datos se analizaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para realizar la distribución de datos ($P \leq 0.05$). El análisis de varianza de una vía (ANOVA) se utilizó para comparar la pérdida de esmalte entre los grupos. Las pruebas post hoc de T2 de Tamhane se aplicaron para los grupos I, II y III, mientras que la prueba U de Mann Whitney se utilizó para el grupo IV. Todos los análisis estadísticos se expresaron en $P \leq 0.05$. El acondicionamiento con esmalte láser Er:YAG 15 J/cm^2 dio como resultado una mayor pérdida de esmalte que otros grupos ($P < 0.05$), seguido de láser Er:YAG a $19,1 \text{ J/cm}^2$, ácido fosfórico y autograbado, respectivamente. Conclusiones: la pérdida de esmalte primario fue específica para cada protocolo de acondicionamiento. El protocolo menos invasivo fue el del agente de autograbado, seguido del ácido fosfórico 35%. La irradiación con láser Er:YAG fue un procedimiento más invasivo, específicamente cuando se aplicó una menor densidad de energía.

8. Discusión General

En la *Fase I* nuestro objetivo fue determinar la microdureza, morfología y composición química de la superficie del esmalte de los dientes temporales humanos sanos.

Independientemente del método empleado, las irregularidades son necesarias para la unión adecuada al esmalte. Sin embargo, se han sugerido varios métodos para preservar la integridad del esmalte.³⁰ La irrigación se utilizó para los grupos de láser Er:YAG como agente refrigerante para limitar el aumento de la temperatura en los tejidos dentales, así como para evitar la formación de fases químicas indeseadas.³¹ Se usaron densidades de alta y baja energía para emular el grabado químico convencional y el autograbado suave.

En cuanto a las propiedades mecánicas, como la microdureza, deben considerarse al evaluar la superficie del esmalte grabada. No obstante, la investigación en este sentido es escasa. Además, la microdureza de los dientes primarios no se ha estudiado adecuadamente. Se ha prestado una atención mínima a las propiedades mecánicas de los dientes primarios en comparación con las de los permanentes porque los dientes primarios existen durante un tiempo limitado en la infancia, mientras que los dientes permanentes permanecen de siete a ocho veces más.³²

En este estudio, la microdureza del esmalte primario se probó usando un indentador Vickers, ya que es más adecuado que un indentador Knoop para comparar las variaciones en las propiedades mecánicas de un material anisotrópico, como el esmalte dental.³³ Este tejido está organizado en prismas, y esta orientación afecta a las propiedades mecánicas.³⁴

La irradiación con láser Er: YAG a 15 J/cm^2 fue un agente apropiado para el grabado del esmalte primario porque proporcionaba una estructura de esmalte más fuerte para restaurar (reducción de la microdureza del 10% en comparación con el control). Sin embargo, se requieren estudios complementarios para evaluar la resistencia al descementado de los materiales adhesivos bajo esta condición de grabado.

Como se esperaba, el 35% de ácido fosfórico empleado con pH 0.6 resultó en el valor de microdureza más bajo (reducción en 82% en comparación con el grupo de control), que se asoció con prismas completamente abiertos, una característica observada únicamente en este grupo.

Las alteraciones químicas inducidas que resultan del tratamiento de grabado son importantes para la evaluación y la mejora adicional de los sistemas de adhesión.³⁵ En este estudio, la composición química de la superficie del esmalte se midió mediante EDS. La caracterización de la superficie del esmalte bajo varias alternativas de grabado no ha sido reportada previamente en la literatura.

Los resultados obtenidos por EDS mostraron que el grupo II presentó las diferencias más notables y significativas en la composición química entre todos los grupos. El ácido fosfórico induce una disminución tanto en el contenido de carbonato de la apatita como en la formación de iones HPO_4^{2-} .³⁵ Adicionalmente, Torres Rodríguez et al.³⁶ informó que el grado o la mineralización del esmalte bovino eliminado por el ácido fosfórico se mantiene constante, lo que indica que los componentes minerales y orgánicos se pierden a la misma velocidad.

El autograbado y la irradiación con láser Er:YAG (15 J/cm²) mostró una caracterización química similar. Además, ambos protocolos de grabado son más suaves que el grabado con ácido fosfórico. Van Meerbeek y cols. reportaron que los adhesivos de autograbado actúan sin desmineralizar la superficie del diente con demasiada profundidad, preservando así la hidroxiapatita.³⁷ Además, los análisis morfológicos microscópicos mostraron menos superficies de grabado profundo.³⁸

Con respecto al grupo irradiado con láser Er:YAG a alta densidad de energía (19.1 J/cm²), la composición química fue similar al grupo de control en todos los elementos evaluados. Sin embargo, la relación Ca/P aumentó. A pesar de que no hubo una reducción significativa en el %P, este valor fue suficiente para aumentar la relación Ca/P cercana a 1.9, que excedió el valor estequiométrico de hidroxiapatita (1,67).³¹

La evaluación morfológica del esmalte acondicionado también es importante para el análisis y la mejora de los sistemas adhesivos.³⁹ Para el grupo de control, la superficie del esmalte primario sin tratar se analizó mediante SEM, mientras que los grupos experimentales se observaron después del protocolo de grabado. El grupo de control mostró un patrón "principalmente liso con algunos surcos". Este patrón es un tipo morfológico principal reportado por Zamudio et al., que explica que el esmalte saludable no tratado es irregular³⁹ y el "esmalte aprismatico" está presente en la capa más externa de los dientes deciduos, donde los cristales se disponen regularmente paralelos entre sí.⁴⁰ Además, los surcos bien definidos que se encuentran en algunos dientes primarios se han atribuido a los procesos de abrasión que sufren todos los

dientes en erupción, como los causados por el cepillado dental, la alimentación o ciertos hábitos del niño.³¹

La evaluación SEM reveló una disolución preferencial en el centro de los prismas en el grupo de ácido fosfórico. Este hallazgo fue consistente con el patrón de grabado tipo 1 de Galil y Wright (1979),⁴¹ que es equivalente al patrón tipo 1 de Silverstone (1975).⁴² Sin embargo, Boj et al.⁴¹ informaron disolución preferencial en la periferia de los prismas como patrón principal (patrón de grabado tipo 2 de Galil y Wright, equivalente al patrón tipo 2 de Silverstone) para dientes primarios.

En cuanto al grupo III, se utilizó el Adper Prompt L-Pop. Este agente de autograbado de 7° generación se ha relacionado con una buena capacidad de grabado y produce uno de los patrones de grabado más cercanos al del ácido fosfórico.³⁸ En el grupo III, se observó una superficie moderadamente grabada en comparación con el grupo de ácido fosfórico, ya que el autograbado es un material conservador.^{13, 37, 43, 44}

El grabado con láser Er:YAG se conoció como una alternativa de grabado a mediados de la década de los 90's.⁴⁵ El láser Er:YAG causa cambios morfológicos como resultado de una reacción fototérmica. Sin embargo, algunos estudios han informado que la apariencia irregular de la superficie después de la irradiación con láser es similar a la obtenida por el grabado ácido convencional, microfisuras y pequeñas áreas aisladas de la ablación del esmalte se muestran como efectos adversos producidos por el grabado con láser de esmalte^{46, 47}

En la *Fase II* se analizó la pérdida de esmalte asociada a algunos procedimientos dentales. Normalmente los dientes se desgastan gradualmente en respuesta a la dieta, la patosis o el cepillado.⁴⁸

Actualmente no existen estudios previos en dientes temporales para evaluar la pérdida superficial del esmalte después de aplicar diferentes tipos de agentes acondicionadores. La mayoría de los estudios se han centrado en el efecto del ácido fosfórico,⁴⁹ agente de autograbado^{50, 51, 52} o irradiación con láser Er:YAG⁵³ sobre la resistencia de la unión a la superficie del esmalte. Sin embargo, los resultados de este estudio revelaron que el acondicionamiento químico (ácido fosfórico y autograbado) produce menos pérdida de estructura del esmalte en comparación con el inducido por el efecto fototérmico del laser Er:YAG empleadas en este estudio para el acondicionamiento del esmalte.

Específicamente, el autograbado produjo la mínima pérdida de esmalte de los protocolos evaluados (0.4 μm), aunque se considera adhesivo de autograbado "fuerte" porque tiene un $\text{pH} \leq 1$ ³⁷ los fabricantes indican que este producto tiene un pH de 1.⁵⁴

El grupo de ácido fosfórico, mostró una pérdida de esmalte 10 veces mayor que la producida por el agente de autograbado, se considera como un ácido fuerte debido a su valor de pH (0,6) de acuerdo con la descripción del fabricante, que tiene una concentración de ácido del 35%.⁵⁵

El acondicionamiento con láser produjo la mayor pérdida de esmalte, especialmente cuando se aplicó la densidad de energía más baja. Parece que una mayor densidad de energía produce cambios morfológicos en la superficie del esmalte, como la fusión y la recristalización, que

promueve una menor pérdida de estructura en comparación con la producida por una menor densidad de energía. Sin embargo, debemos considerar que el acondicionamiento con láser es una técnica más selectiva ya que tiene un control preciso durante la irradiación por parte del operador, por lo que podría ser un procedimiento más conservador si consideramos el área de pérdida de esmalte y no solo la profundidad, adicional.

Los dientes deciduos permanecen en la boca durante un corto tiempo en comparación con los dientes permanentes. Los objetivos principales de la odontología pediátrica son el mantenimiento de la integridad de la dentadura y la transición adecuada de la dentición primaria a la permanente para el crecimiento y el desarrollo de una oclusión ideal y saludable.

Los resultados de este estudio deben tenerse en cuenta para la selección del protocolo de acondicionamiento, antes del uso de materiales adhesivos en odontología pediátrica, se deben considerar varios aspectos para tomar la decisión más adecuada según los casos clínicos específicos

9. Conclusiones Generales

Fase I

Respecto a la microdureza, el acondicionamiento con el laser Er:YAG a menor densidad de energía (15 J/cm^2) mantuvo la microdureza del esmalte semejante al grupo control, seguido del autograbado de 7° generación y el laser Er:YAG a una irradiación de 19.1 J/cm^2 , los cuales además mostraron una caracterización química similar.

Morfológicamente, los cambios retentivos fueron específicos para cada tipo de grabado, siendo el grupo del ácido fosfórico el que mostró el patrón de grabado más agresivo, la menor microdureza y una caracterización química diferente a los otros grupos.

Químicamente, el grupo de autograbado de 7° generación y los grupos láser mostraron una caracterización química similar, excepto por la relación Ca/P del grupo laser Er:YAG de 19.1 J/cm^2 , el cual aumentó respecto a los otros grupos.

Fase II

La pérdida de esmalte temporal es específica a cada tipo de acondicionamiento utilizado, siendo mayor cuando se utiliza el grabado con láser a menor densidad de energía (15 J/cm^2), seguida del laser a mayor densidad de energía (19.1 J/cm^2).

El grupo menos agresivo fue el grupo del autograbado de 7° generación y el del ácido fosfórico 35%.

10. Bibliografía utilizada

1. Sabel N. Enamel of primary teeth-morphological and chemical aspects. *Swed Dent J Suppl* 2012;222:1-77, 2p preceding i.
2. Schlittler HRH, R. de Sousa ML, Cypriano S. Prevalence of enamel defects and the relationship to dental caries in deciduous and permanent dentition in Indaiatuba, São Paulo, Brazil. *Cad Saúde Pública* 2007;23(2):435-44.
3. Tanaka R, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T. Mineralization Potential of Polarized Dental Enamel. *PLoS ONE* | www.plosone.org 2 June 2009;4(6):1-6.
4. Barrera OCC. Efecto de los compuestos fluorados en el esmalte dental subsuperficial en condiciones de pH cíclico [Tesis Maestría]. México:UNAM:2011.
5. Zimmerman JN, Custodio W, Hatibovic-Kofman S, Ho LY, Xiao Y, Siqueira WL. Proteome and Peptidome of Human Acquired Enamel Pellicle on Deciduous Teeth. *Int J Mol Sci* 2013;14:920-34.
6. Wang LJ, Tang R, Bonstein T, Bush P, Nancollas GH. Enamel Demineralization in Primary and Permanent Teeth. *J Dent Res* 2006;85(4):359-63.
7. Ikemura K, Endo T. A review of our development of dental adhesives - Effects of radical polymerization initiators and adhesive monomers on adhesion. *Dent Mater J* 2010;29(2):109–21.

8. Aguilera MA, Guachalla PJ, Urbina SG, Sierra FM, Valenzuela AV. Sistemas Adhesivos de Autograbado. Rev Dent Chile 2001;92(2):23-8.
9. Sol SE, Espasa SDE, Boj QJR. Influencia de diferentes sistemas de profilaxis en la adhesión de un sellador de fisuras al esmalte. RCOE 2005;10(2):177-82.
10. Sabatoskia MA, Maruoa IT, Souza CE, Guariza FO, Motohiro TO, Maruoc H. Influence of Natural Bovine Enamel Roughness on Bond Strength after Etching. Angle Orthod 2010;80(3):562-9.
11. Ceballos L, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Marshall GW. Bonding to Er-YAG-laser treated Dentin. J Dent Res 2002;81(2):119-22.
12. Scougall VRJ, Zárata DC, Kusakabe S, Yamamoto K. Bond strengths of different orthodontic adhesives after enamel conditioning with the same self-etching primer. Aust Orthod J 2010;26(1):84-9.
13. Scougall VRJ, Yamamoto S, Kitai N, Hotta M, Yamamoto K. Shear bond strenght of a new fluoride releasing orthodontic adhesive. Dent Mat J 2007;26(1):45-51.
14. Silva SLE, Brugnera JA, Zanin F, Tavares PMT, Martin AA. Molecular analysis of Er:YAG laser irradiation on dentin. Braz Dent J 2006;17(1):15-9.

15. Martínez-Insua A, Da Silva Domínguez L, Rivera FG, Santana-Penín UA. Differences in bonding to acid-etched or Er:YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *J Prosthet Dent* 2000;84(3):280-8.
16. Jiménez Romera MA. Odontopediatría en atención primaria I. España 2008. p. 143-9.
17. Anusavice KJ. Ciencia de los materiales dentales de Phillips. México 1998. p. 26.
18. Revilla GV, Aranabat DJ, España TAJ, Gay EC. Aplicaciones de los láseres de Er:YAG y de Er,Cr:YSGG en Odontología. *RCOE* 2004;9(5):551-62.
19. Natera GAE, Uzcátegui GGM. Usos del rayo láser Erbium:YAG (Er:YAG) en odontología restauradora. II Parte. *Rev Lat Ort Odontol* 2002;2:1-11.
20. Rodríguez VLM. Efectos del Láser Er:YAG en la resistencia a la disolución ácida, estructura y morfología del esmalte humano [Tesis Doctoral]. México:UAEM: 2010.
21. Priyadarshini S, Raghu R, Shetty A, Gautham PM, Reddy S, Srinivasan R. Effect of organic versus inorganic fluoride on enamel microhardness: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2013;16(3):203-7.
22. Jabbarifar SE, Salavati S, Akhavan A, Khosravi K, Tavakoli N, Nilchian F. Effect of Fluoridated Dentifrices on Surface Microhardness of the Enamel of Deciduous Teeth. *Dent Res J* 2011;8(3):113-7.

23. Ramamoorthi S, SureshBabu NM, Pranav VP. Effect of two different chemomechanical caries removal agents on dentin microhardness: An *in vitro* study. J Conserv Dent 2013;16(5):429-33.
24. <http://www.bing.com/images/search?q=microdurometro&FORM=HDRSC2#view=detail&id=E2B86F18D6F2A965BB051E9D71B7B0F9B293056D&selectedIndex=16>
[Consultado 20 Noviembre 2013].
25. Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: a critical review. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009;88(2):558-78.
26. Osorio R, Aguilera FS, Otero PR, Romero M, Osorio E, García-Godoy F, Toledano M. Primary dentin etching time, bond strength and ultra-structure characterization of dentin surfaces. J Dent 2010; 38:222-31.
27. Antonini PR, De Sousa RPCV, De Almeida CR, Bento AJ. Morphology of the dentin on primary molars after the application of phosphoric acid under different conditions. Braz Oral Res 2010;24(3):323-8.
28. Lenzi TL, Maxnuck SFZ, De Oliveira RR. Degradation of resin-dentin bonds of etch-and-rinse adhesive system to primary and permanent teeth. Braz Oral Res 2012;26(6):511-5.

29. Uekusa S, Yamaguchi K, Miyazaki M, Tsubota K, Kurokawa H, Hosoya Y. Bonding efficacy of single-step self-etch systems to sound primary and permanent tooth dentin. *Oper Dent* 2006;31(5):569-76.
30. Robles RJJ, Arana CVE, Ciamponi AL, Abrão J, Kanashiro LK. Effects of sandblasting before orthophosphoric acid etching on lingual enamel: in-vitro roughness assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;147:S76-81.
31. Zamudio OCM, Contreras BR, Scougall VJ, et al. Morphological and chemical changes of deciduous enamel produced by Er:YAG laser, fluoride, and combined treatment. *Photomed Laser Surg* 2014;32:252-9.
32. Hayashi SS, Sakai J, Sakamoto M, Endo H. Determination of fracture toughness of human permanent and primary enamel using an indentation microfracture method. *J Mater Sci Mater Med* 2012;23:2047-54.
33. Vieira A, Hancock R, Dumitriu M, Schwartz M, Limeback H, Grynblas M. How does fluoride affect dentin microhardness and mineralization?. *J Dent Res* 2005;84:951-7.
34. De Siqueira MT, Palma DRG, De Oliveira HF, et al. The effect of radiation therapy on the mechanical and morphological properties of the enamel and dentin of deciduous teeth--an in vitro study. *Radiat Oncol* 2014;9:30.

35. Bertacci A, Lucchese A, Taddei P, Gherlone EF, Chersoni S. Enamel structural changes induced by hydrochloric and phosphoric acid treatment. *J Appl Biomater Funct Mater* 2014;12:240-7.
36. Torres RC, Navarro AB, Sánchez SP, González LS. Selective removal of mineral and organic components of bovine enamel by phosphoric acid. *J Adhes Dent* 2012;14:329-34.
37. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-
38. Grégoire G, Ahmed Y. Evaluation of the enamel etching capacity of six contemporary self-etching adhesives. *J Dent* 2007;35:388-97.
39. Robles RJJ, Arana CVE, Ciamponi AL, Abrão J, Kanashiro LK. Effects of sandblasting before orthophosphoric acid etching on lingual enamel: in-vitro roughness assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;147:S76-81.
40. Kodaka T, Kuroiwa M, Higashi S. Structural and distribution patterns of surface 'prismless' enamel in human permanent teeth. *Caries Res* 1991;25:7-20.

41. Boj JR, Martín AM, Espasa E, Cortés O. Bond strength and micro morphology of a self-etching primer versus a standard adhesive system with varying etching times in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent* 2004;5:233-8.
42. Zhu JJ, Tang AT, Matinlinna JP, Hägg U. Acid etching of human enamel in clinical applications: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2014;112:122-135.
43. Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA. The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater* 2009;25:1459-67.
44. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998;26:1-20.
45. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Wernisch J, Sperr W. Alternatives in enamel conditioning: a comparison of conventional and innovative methods. *J Clin Laser Med Surg* 1996;14:133-6.
46. M. Unal, I. Hubbezoglu, R. Zan, A. Kapdan, F. Hurmuzlu, Effect of acid etching and different Er:YAG laser procedures on microleakage of three different fissure sealants in primary teeth after aging, *Dent Mater J* 32 (2013), 557-563.
47. Shahabi s, Ebrahimpour L, Walsh LJ. Microleakage of composite resin restorations in cervical cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser radiation. *Aust Dent J* 2008;53:172-5.

48. Fitzpatrick DA, & Way DC. The effects of wear, acid etching, and bond removal on human enamel. *Am J Orthod.* 1977;72(6), 671-81.
49. Zidan O, & Hill G. Phosphoric acid concentration: enamel surface loss and bonding strength. *J Prosthet Dent.* 1986;55(3) ,388-92.
50. Basting RT, Basting RT, Velarde Barrientos S, Bridi EC, França FMG, Turssi CP, Amaral FLBD. Titanium tetrafluoride incorporated into a two-step self-etching adhesive system: physico-mechanical-characterization and bonding stability. *J Mech Behav of Biomed Mater.* 2017;19(75):197-205.
51. Araújo CTP, Prieto LT, Costa DC, Bosso MA, Coppini EK, Dias CTS, Paulillo LAMS. Active application of primer acid on acid-treated enamel: Influence on the bond effectiveness of self-etch adhesives systems. *Microsc Res Tech.* 2017;80(8):943-49. doi: 10.1002/jemt.22887.
52. Torres CR, Zanatta RF, Silva TJ, Huhtala MF, Borges AB. Influence of previous acid etching on bond strength of universal adhesives to enamel and dentin. *Gen Dent.* 2017;65(2):17-21.
53. De Moor RJ, & Delme KI. Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 2. present-day adhesion to erbium-lased tooth structure in permanent teeth. *J Adhes Dent.* 2010;12(2):91-102. doi: 10.3290/j.jad.a17523.

54. Pashley DH, & Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. Dent Mater. 2001;17(5):430-44.

55. 3M ESPE Chile. Retrieved from

<http://solutions.3m.com/3MContentRetrievalAPI/Blob>

Servlet?lmd=1255529794000&locale=es_CL&assetType=MMM_Image&assetId=118061967

<6038&blobAttribute=ImageFile>

11. Anexos

11.1. Anexo 1. Formato de asentimiento informado del paciente menor de edad para la donación de órganos dentarios.



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Odontología

Folio:

Doctorado en Ciencias de la Salud

**ASENTIMIENTO INFORMADO DEL 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 estas muestras sean utilizadas en algún proyecto de investigación del Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de México, y sé que con esto estaré contribuyendo en la búsqueda de nuevos métodos para prevenir la caries dental.

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.

Además mi padre/madre _____

Nombre(s) del padre o tutor Apellido paterno Apellido materno

conoce las condiciones de la presente donación y cuento con su consentimiento informado por escrito.

Fecha de nacimiento del paciente: _____

Género: masculino femenino

11.2. Anexo 2. Formato de consentimiento informado del padre o tutor del paciente menor de edad para la donación de órganos dentarios.



**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 las muestras donadas sean utilizadas en algún proyecto de investigación del programa de Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de México, contribuyendo con esto en la búsqueda de nuevas alternativas para la prevención de la caries dental.

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.

Firma del padre o tutor

Ciudad:

Fecha:

Testigos:

Relación con el paciente: _____

Relación con el paciente: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

Dirección: _____

Dirección: _____

Firma: _____

Firma: _____



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Facultad de Odontología
 Subdirección de Educación Continua

2428

Otorga la presente:

Constancia

A:

Maria del Carmen Zoila Alcantara Galeana, Rosalia Contreras Bulnes, Laura Emma Rodriguez, Vilchis, Manuel E. Espinosa Pesqueira

Por la presentación del trabajo CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DEL ESMALTE TEMPORAL HUMANO TRATADO CON ÁCIDO FOSFÓRICO, AUTOGRAFIADO Y LASER ER:YAG

En el XXII Encuentro Nacional y XIII Congreso Iberoamericano de Investigación en Odontología efectuado los días 27, 28 y 29 de noviembre del presente, en nuestra Institución.

[Signature]
 DRA. ROSA ISELA SANCHEZ NAJERA
 DIRECTORA DE LA FACULTAD DE ODONTOLÓGICA DE LA UANL

[Signature]
 DR. JORGE ALANIS TAVIRA
 SOCIEDAD NACIONAL DE INVESTIGADORES EN ODONTOLÓGICA



Monterrey, N.L., noviembre de 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ODONTOLÓGIA
Subdirección de Educación CONTINUA

2018

Otorga el presente:

Reconocimiento

A:

*María del Carmen Zoila Alcantara Galeana, Rosalía Contreras Bulnes,
Laura Emma Rodríguez Vilchis, Manuel E. Espinosa Pesqueira*

Por haber obtenido el 1er LUGAR en la modalidad: Doctorado Investigación Básica y
Clínica, en la presentación CARTEL con el trabajo:
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DEL ESMALTE TEMPORAL HUMANO
TRATADO CON ÁCIDO FOSFÓRICO, AUTOGRABADO Y LÁSER ER:YAG

En el XXII Encuentro Nacional y XIII Congreso Iberoamericano
de Investigación en Odontología efectuado los días 27, 28 y 29 de noviembre del
presente, en nuestra Institución.




DRA. ROSA ISELA SÁNCHEZ NÁJERA
DIRECTORA DE LA FACULTAD DE
ODONTOLÓGIA DE LA UANL


DR. JORGE ALANÍS TAVIRA
PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE
INVESTIGADORES EN ODONTOLÓGIA

Monterrey, N.L., noviembre de 2014



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

a través de la Facultad de Odontología
otorga el presente

Reconocimiento

POLENTE MODALIDAD CARTEL
A: María del Carmen Zoila Alcantara Galeana, Rosalía Contreras Bulnes, Laura Emma Rodríguez Vilchis,
Manuel E. Espinosa Pesqueira




Por su valiosa participación con el trabajo de investigación titulado


CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DEL ESMALTE TEMPORAL HUMANO TRATADO CON ÁCIDO FOSFÓRICO,
AUTOGRABADO Y LÁSER ER:YAG

VI Coloquio Nacional de Investigación en Salud Bucal

Toluca, Estado de México, 5 de Febrero de 2015


M. en C.S. Julio B. Robles Navarro
Director
Facultad de Odontología




Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis
Coordinador
CIEAO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS
AVANZADOS EN ODONTOLÓGIA



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

a través de la **Facultad de Odontología**
otorga el presente



Reconocimiento

A: María del Carmen Zoila Alcantara Galeana, Rosalia Contreras Bulnes,
Laura Emma Rodríguez Vilchis, Manuel E. Espinosa Pesqueira

Por haber obtenido el **PRIMER LUGAR** en modalidad Doctorado con el trabajo de investigación titulado "Caracterización química y morfológica del esmalte temporal humano tratado con ácido fosfórico, autograbado y láser Er:YAG"

VI Coloquio Nacional de Investigación en Salud Bucal

Tohúca, Estado de México. 5 de Febrero de 2015



[Signature]
M. en C.S. Julio B. Robles Navarro
Director
Facultad de Odontología



[Signature]

Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis
Coordinador
CIEAO

