



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Resistencia al cizallamiento de un cemento de resina adherido
a esmalte bovino tratado con un gel de fluorofosfato acidulado
de sodio adicionado con TiO_2

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A
Juan Carlos Hernández Cortés

Director de Tesis
Dr. José Francisco Gómez Clavel





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mi familia....

Amigos y profesores ...

**A dios le pedi fuerzas para grandes logros....
me hizo débil, para aprender humildemente a obedecer.**

**Pedí salud para hacer grandes cosas,
me dio enfermedad para poder hacer cosas buenas.**

**Pedí riquezas para poder ser feliz,
me dio pobreza para poder ser sabio.**

**Pedí poder para poder obtener alabanzas,
me dio debilidad para poder sentir la necesidad de dios.**

**Pedí todo para disfrutar de la vida, me concedió vida para
poder disfrutar de todo.**

**Pedí lujos y fama,
me concedio amigos y amor.**

**Apesar de mi mismo las peticiones
que no hice me fueron concedidas.**

**Gracias por tener poco que pedirte y tanto que
agradecerte!**

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico	
II.1.Esmalte	6
II.1.Adhesion a esmalte.....	9
II.1.1. Sistemas adhesivos.....	10
II.2. Fluorofosfato Acidulado.....	12
II 3. Tetrafluoruro de Titanio.....	14
II 3.1.Mecanismo de acción.....	16
II 3.2.Indicaciones.....	17
II 3.3. Toxicidad.....	17
II 4 ARI.....	18
III. Objetivo.....	19
IV. Justificación.....	19
V. Hipótesis.....	20
VI. Metodología	21
VII. Análisis estadístico.....	32
VIII. Resultados.....	32
IX. Discusión.....	37
X. Conclusiones.....	40
XI. Referencias.....	41

Introducción

La adhesión de materiales restauradores a la estructura dental, empezó durante la década de 1950, cuando Bounocore sugirió la adhesión de los monómeros de resina a un esmalte acondicionado previamente, usando ácido fosfórico al 85%. (Batra, 2014). En 196 Bowen patentó su célebre resina Bis-GMA (Producto de reacción entre un bisfenol y un metacrilato de Glicilo). De esta manera se dio inicio a los materiales capaces de adherirse al esmalte. Newman y Sharpe en 1966 modificaron la consistencia del material eliminando su relleno cerámico, a fin de producir una resina de baja viscosidad, la misma fue capaz de adherirse al esmalte.(Henostroza, 2010)

El surgimiento y desarrollo de los sistemas adhesivos modificaron completamente la práctica de la Odontología. Tal revolución no sólo alteró los conceptos de preparación cavitaria, sino también posibilitó la mayor preservación de la estructura dentaria remanente sana, siendo ésta la más significativa conquista posibilitada por el uso de este material (Dourado y Reis, 2006, pp. 13)

A partir de esto se han desarrollado diferentes técnicas de adhesión sobre los tejidos dentarios, de la mano de nuevos descubrimientos, de nuevos materiales y de los estudios sobre la ultra estructura y sus cambios de los tejidos dentarios sobre los cuales se realiza la técnica adhesiva. Frente a esto hay dos técnicas que son de gran importancia, una técnica de grabado tradicional la cual involucra tres pasos o por lo menos dos pasos. Esta técnica implica la sucesiva aplicación de un acondicionador (ácido) y su posterior lavado, seguido por un “*primer*” o agente promotor de la adhesión, y la aplicación posterior de un agente adhesivo o una resina adhesiva. En el caso de los de dos pasos, los cuales mezclan el “*primer*” con el agente adhesivo en solo una solución, mantienen a un el grabado y el lavado previo como pasos importantes. En los últimos años ha aparecido una nueva técnica denominada de autograbado. Estas nuevas generaciones de adhesivos tienden a disminuir los requerimientos del número de botellas y de pasos con lo que logramos un ahorro de tiempo, y más importante aún, es el logro

de una técnica menos sensible que la usada actualmente en clínica y por lo tanto la disminución de errores en el procedimiento (Hernández, 2004).

El uso de una técnica de autograbado (acondicionador y adhesivo) no requiere del paso de lavar la zona posterior al grabado puesto que la infiltración ocurre simultáneamente al proceso de autograbado. (Parra, Garzón, 2012). Entre ambas técnicas se ha reportado que, en términos de durabilidad, el proceso de adhesión que consta de dos o tres pasos (o tradicional), es la que revela los mayores valores de adhesión.

En cambio, los sistemas de autograbado de dos pasos se aproximan a estos valores pero a un por debajo de los anteriores. (Carramillo, 2012) Esto podría darse porque en ambos sistemas hay varias diferencias como, por ejemplo, en la capacidad de formar una superficie apropiada para generar adhesión, ya que una técnica tradicional de grabado (ácido fosfórico al 37% aplicado por 15 a 20 segundos sobre el esmalte) permite al adhesivo penetrar cerca de 2 a 5 m dentro del área interprismática. En cambio, en algunos sistemas de autograbado solo permiten una penetración de 0.3 a 1.0 m en esta área (Matos, Tate, Powers, 2003) Aun así, el esmalte solo requiere la aplicación de un agente de grabado, seguida de la aplicación de una resina fluida (o adhesivo), sin la necesidad de un primer intermedio, lo que no afecta negativamente la efectividad de la adhesión, e incluso puede ser útil cuando se lleva a cabo una técnica adhesiva húmeda. (Giannini, Makishi, Almeida, Vermelho, Marin, Nikaido, Tagami, 2015).

Las restauraciones adhesivas se pueden realizar de manera indirecta o directa. En restauraciones de resinas compuestas elaboradas de manera directa se colocan en la cavidad preparada la resina compuesta, se restaura en capas hasta lograr devolver la forma y contorno óptimos del diente. Las restauraciones con resina compuesta de uso directo presentan cambios dimensionales que deben ser compensados, mediante la técnica incremental oblicua para poder obtener un buen sellado marginal. Las resinas compuestas de procesamiento indirecto son desarrolladas con el objetivo de minimizar el efecto negativo de dichos cambios dimensionales y así optimizar tanto el sellado marginal de la restauración, como

sus propiedades mecánicas y su estética. Además, permite obtener un mejor contorno proximal en restauraciones compuestas o complejas y un mejor pulido de superficies poco accesibles. Las resinas compuestas de procesado indirecto fueron desarrolladas con el objetivo de minimizar el efecto negativo de dichos cambios dimensionales y así optimizar tanto el sellado marginal de la restauración, como sus propiedades mecánicas y su estética. Además, permite obtener un mejor contorno proximal en restauraciones compuestas o complejas y un mejor pulido de superficies poco accesibles. Las restauraciones indirectas de tipo estéticas requieren ser cementadas mediante procedimientos adhesivos, lo cual implica el uso de cementos en base a resina compuesta y sus correspondientes esquemas de adhesión a estructuras dentarias. Por lo mismo, el desarrollo de las restauraciones indirectas estéticas solo ha sido posible en la medida en que también lo han hecho los cementos dentales. Estos permiten la fijación de la restauración al diente preparado, mediante adhesión micromecánica, química o por una combinación de ambas, además, cumplen con la función adicional de sellar la brecha diente/restauración (Corral, 2015).

En los Estados Unidos de Norteamérica, la colocación de restauraciones adhesivas representaron casi el 70% de los 173,2 millones de restauraciones adhesivas y amalgamas colocados en 2006 (Kingman et al., 2012), y es probable que el uso de las resinas continúe aumentando a medida que los dentistas eliminan el uso de la amalgama dental, dado su potencial tóxico y cancerígeno (Mortazavi G, Mortazavi S, 2015). La tasa de fracaso de las restauraciones adhesivas es el doble que la de la amalgama (Ferracane, 2013), Mostrando de esta manera una mejor tasa de supervivencia (Opdam, Bronkhorst, Loomans, Huysmans, 2010). Las restauraciones adhesivas acumulan más biopelícula, experimentan mayor decaimiento secundario y requieren un reemplazo más frecuente. La biodegradación in vivo del enlace adhesivo en la interfaz resina-diente es un contribuyente a la cascada de acontecimientos que conduce al fallo de la restauración.(Spencer, Ye, Misra, Goncalves, Laurence, 2014).

Can informó en el 2017 acerca de las tasas de fracaso restauraciones adheridas indirectamente y obtuvo los siguientes resultados: fallo del 7% carillas de porcelana ; 8 - 24% en Coronas, incrustaciones y onlays de porcelana; y 12 - 60% para coronas, incrustaciones o carillas de resinas. El seguimiento fue de 8 a 15 años.

Las causas de fracaso de restauraciones adheridas según Sarvesh & Jayalakshmi (2016) son las siguientes:

Factores clínicos:

- Extraorales (contaminación de la pieza de alta, el aire y agua de la jeringa triple), presencia de bases o *liners* en los dientes preparados.
- Intraorales: Contaminación con saliva o sangre, superficie dental irregular, ángulos agudos en la cavidad dentaria, presencia de alto contenido de fluor en el sustrato dental, presencia de placa dentobacteriana, manchas externas, exceso de humedad o deshidratación.

Factores dentales

- Propiedades físico-químicas del esmalte, efecto del grabado ácido, contracción de polimerización, microfiltración, degradación de la resina.

Mandri en el 2015 menciona que actualmente el progreso de los biomateriales está enfocado hacia el mejoramiento de sus componentes, el funcionamiento del material y la simplificación de las técnicas en los procedimientos clínicos, con el propósito de alcanzar mejores resultados en menor tiempo.

La capacidad de los materiales de composite para unirse al esmalte se ha hecho fundamental no solo en el campo restaurativo, propio de la operatoria dental en restauraciones directas, medios de cementación y en la prevención, por el uso de sellantes, sino también que en diferentes prácticas odontológicas como en el área de prótesis fija y ortodoncia con aplicaciones restaurativas, donde el éxito de una terapia recae principalmente en la fuerza y la durabilidad de la unión al diente de los braquets ocupados. (Manneschi,2006 pp. 9-10)

A pesar de la fiabilidad de la adhesión al esmalte, la adhesión a la dentina se ha considerado más difícil y menos predecible (Cardoso M et al. 2011). Considerando la búsqueda constante de cómo mejorar y de reducir los factores que afectan a la adhesión se han buscado diferentes pretratamientos que mejoren la fuerza de adhesión de las resinas al esmalte. Entre ellos podemos mencionar: La resina infiltrativa (i Con, Gc) (Chay, Manton, Palamara, 2014), hipoclorito de Sodio (Chay, Manton, Palamara, 2014), Clorexhidina (Frey, Yetkiner, Stawarczyk, Attin, Attin, 2012), Laser de erbio, Itrio-aluminio-granate Er Yag (Celik, Kucukyilmaz, Sabas, 2015; Başaran, Hamamcı, Akkurt, 2011; Yung, Gutknecht, Rene, Fisher, 2013), Ácido poliacrílico (Celik, Kucukyilmaz, Sabas, 2015; TiF4 (Tranquilin, 2016;) y Ozono (Pires, Ferreira, Oliveira, Silva, Melo, 2013).

Tranquilin en el 2016 menciona que el pretratamiento con TiF4 aumentó la resistencia de la unión en un sistema adhesivo convencional de dos pasos a la dentina. Ahora en esta tesis se midió su efecto en el esmalte.

Para la valoración de las fuerzas de adhesión utilizamos la fuerza de desprendimiento al cizallamiento. Que la podemos definir como la carga necesaria para producir una fractura en la interfase de unión entre dos materiales cuando se aplican fuerzas paralelas en sentido contrario, es decir, la fuerza necesaria para arrancar un material de otro utilizando la fuerza de forma perpendicular (“shear bond strength”) (Vega del Barrio, 2005).

En la presente tesis se llevó a cabo un estudio experimental comparativo “In-Vitro”, se valoró la fuerza de resistencia al cizallamiento de tres tratamientos previos a la adhesión de una resina. Los resultados obtenidos entre los grupos estudiados se valoró estadísticamente.

Marco Teórico

Esmalte dental

El esmalte dental, llamado también tejido adamantino o sustancia adamantina, cubre a manera de casquete a la dentina en su porción coronaria ofreciendo protección al tejido conectivo subyacente integrado en el isosistema dentino-pulpar. Es el tejido más duro del organismo debido a que estructuralmente está constituido por millones de prismas de hidroxiapatita carbonatada ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{HO})_2$) altamente mineralizados que lo recorren en todo su espesor, desde la conexión amelodentinaria (CAD) a la superficie externa o libre de contacto con el medio bucal. (Gómez de Ferraris, 2002) Otros componentes del esmalte incluyen restos de la matriz orgánica y las moléculas de agua libremente unidas. El esmalte es una estructura acelular y avascular sin la capacidad de regenerarse o repararse (Shahmoradi, Bertassoni, Elfallah, Swain, 2014).

El esmalte dental está formado por pequeños cristales en forma de cerradura compactados en un arreglo hexagonal. Si partiéramos el diente, de tal manera que se observe al mismo tiempo la dentina y el esmalte, veríamos que estos cristales corresponde a unas “líneas” que recorren de la unión amelodentinaria hacia la superficie a estos se les conoce con el nombre de “prismas”. Los prismas son estructuras alargadas y con un trayecto sinusoidal. Los prismas tienen dimensiones micrométricas ($1 \text{ micra} = 10^{-6} \text{ m}$). La longitud y trayecto de los prismas varían entre las distintas zonas del diente debido a que se trata de un registro de la trayectoria seguida por los ameloblastos secretores durante la amelogénesis. Los primeros prismas son más largos en la zona oclusal y más cortos en la zona cervical. Si observamos uno de estos prismas a mayor amplificación podemos ver que estos se componen de millones de cristales a escala nanométrica ($1 \cdot 10^{-9}$). Estos son cristales y están unidos lo más junto posible, pero siempre rodeados por material orgánico. Por lo tanto, podemos decir que el esmalte está formado por cristales de hidroxiapatita dentro de una matriz orgánica y se clasifica como un

material tipo composito. Un material tipo composito es cuando dos o más materiales se unen para formar una estructura con propiedades mecánicas mejoradas.

Los cristales de hidroxiapatita están agrupados y dispuestos en tres direcciones (verticales, horizontales y oblicuos). Estos prismas mantienen su integridad y soporte a travez de los prismas que están en una disposición vertical, estos más largos, y van de la unión amelo-dentinaria hacia la parte más exterior del diente.(Carpena, Greenhalgh, Klauss, Mussi, Nicolas, 2007).

Los cristales de hidroxiapatita presentan un “defecto” en el centro del cristal. Durante el inicio del proceso de disolución por medio ácido, como es el caso de un ataque carioso, los cristales comienzan a disolverse principalmente en el centro del cristal; es decir, en el lugar donde se encuentra este “defecto”. Al cual se le ha dado el nombre de la “línea oscura”(Reyes-Gasga, 2013).

El tratamiento químico por grabado ácido mejora la topografía del esmalte, cambiándola de una superficie a una superficie que es más susceptible para la adhesión. La diferencia de angulación de los cristales del prisma hace que el ácido tenga mayor potencial de desmineralización en ciertas microrregiones dependiendo de la angulación de los prismas, la desmineralización puede ser mayor en la cabeza del prisma o en la periferia. Estas características son respectivamente conocidas como patrones de ataque ácido de tipo I y tipo II. El grabado ácido retira aproximadamente 10 μm de superficie de esmalte y crea una capa morfológicamente porosa (5 μm A 50 μm de profundidad). La energía libre de la superficie se duplica, y como resultado, la resina fluida de baja viscosidad entra en contacto con la superficie y se atrae al interior de estas microporosidades creadas por el condicionamiento ácido a través de capilaridad. El esmalte acondicionado que después de una Polimerización, proporcionan un enlace resistente y duradero micromecánico con este tejido (Carpena, Greenhalgh, Klauss, Mussi, Nicolas, 2007).

Adhesión a Esmalte

Definición

La real academia española, define la adhesión como:

Fuerza de atracción que mantiene unidas moléculas de distinta especie química Atracción que se produce entre las moléculas de diferentes materiales en su interfase .(Real Academia española)<http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=adhesi%C3%B3n>).

La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) define la adhesión como:

"el estado en el cual dos superficies se mantienen juntas por fuerzas interfaciales que pueden consistir en fuerzas de valencia o fuerzas de enclavamiento o ambas".https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/7071/7071377/cu_rso_de_adhesivos.pdf

La palabra adhesión proviene del latín adhaerere ("atenerse a"). Un adhesivo es un material, frecuentemente un fluido viscoso, que une dos substratos juntos solidificando y transfiriendo una carga de una superficie a la otra.(Madrid, 1997).

En esmalte, la adhesión se logra preparando la superficie seca, mediante la aplicación de ácido fosfórico por 15 segundos. El ácido logra disolver y penetrar las zonas inter o intraprismáticas, 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, (Aguilera, 2001).

El mecanismo fundamental de adhesión de las resinas compuestas a esmalte es de naturaleza micromecánica, debido a que los minerales extraídos durante el acondicionamiento ácido son reemplazados por monómeros que una vez polimerizados generan una traba mecánica (Garrofe, 2014), conocida como hibridación adamantina (Henostroza, 2010).

Se pueden reconocer dos mecanismos que permiten lograr la adhesión. El más simple es el que se denomina "Adhesión Mecánica", que consiste simplemente en que las dos partes queden trabadas en función de la morfología de ambas. También se pueden generar fuerzas que impidan la separación de ambas partes basándose en la interacción de los componentes íntimos de sus estructuras. Estos componentes íntimos son los átomos o moléculas que forman toda porción de materia. Esta adhesión es denominada "adhesión química" (Lahoud S, 2002).

Perdigao, J., Swift Jr., E. J., & Walter, R en el 2014 describe cuatro mecanismos diferentes de adhesión tales, como:

- Adherencia mecánica: Enclavamiento del adhesivo con irregularidades en la superficie del sustrato, o adherencia.
- Adherencia adhesiva. Adhesión química entre el adhesivo y el adhesivo; Las fuerzas implicadas pueden ser fuerzas de valencia primarias (iónicas y covalentes) o secundarias (enlaces de hidrógeno, interacción de dipolos, o van der Waals)
- Adhesión de la difusión. enclavamiento entre moléculas móviles, tales como la adhesión de dos polímeros a través de la difusión de los extremos de la cadena del polímero a través de una interfaz.
- Adherencia electrostática: una doble capa eléctrica en la interfase de un metal con un polímero que forma parte del mecanismo de unión total.

Perdigao, Swift y Walter mencionan, que en odontología, la unión de materiales a base de resina a la estructura dental es el resultado de cuatro mecanismos posibles,

1. Penetración mecánica de resina y formación de marcas de resina dentro de la superficie del diente
2. Adsorción-unión química al componente inorgánico (hidroxiapatita) o componentes orgánicos (principalmente colágeno tipo I) de la estructura dental
3. Difusión-precipitación de sustancias en las superficies de los dientes a las que los monómeros de resina pueden adherirse mecánicamente o químicamente
4. Una combinación de los tres mecanismos anteriores

Para una buena adherencia, debe existir contacto estrecho entre el adhesivo y el sustrato (esmalte o dentina). La tensión superficial del adhesivo debe ser

inferior a la energía superficial del sustrato. Las fallas de las juntas adhesivas ocurren en tres lugares, que generalmente se combinan cuando ocurre un fallo real: (1) fallo cohesivo en el sustrato; (2) fallo cohesivo dentro del adhesivo; Y (3) falla adhesiva, o fallo en la interfase del sustrato y del adhesivo.

Un problema importante en la unión de resinas a la estructura del diente es que todas las resinas dentales a base de metacrilato se contraen durante la polimerización de adición de radicales libres.

5 Los adhesivos dentales deben proporcionar un fuerte enlace inicial para resistir las tensiones de contracción de resina.(Perdigao, J., Swift Jr., E. J., & Walter, R. 2014.pp 114-120).

Sistemas adhesivos

Para unirse a la superficie del diente, los sistemas resinosos demandan que previamente se aplique un sistema adhesivo que sea de acondicionamiento ácido o de tipo autoacondicionador (no demandan grabado ácido previo) y a si mismo de otros sistemas para hacerlo a las piezas en las que se cementan.(Beltrami, 2016)

El sistema resinoso de acondicionamiento, utiliza el ácido ortofósforico para hacer microretenciones, complementado por la aplicación posterior de un primer y un agente adhesivo.

En cuanto a la durabilidad de la adhesión, el grabado ácido y posteriormente la aplicación de un primer ha sido considerado el estándar de oro entre todos los sistemas adhesivos.aplicados en esmalte (Carramillo 2012). A menudo se prefieren los sistemas de acondicionamiento ácido para restauraciones indirectas y cuando todavía están presentes grandes áreas de esmalte. Por el contrario, los adhesivos autoadhesivos proporcionan una resistencia de unión superior y más predecible a la dentina y por consiguiente, son recomendados para restauraciones directas de resina compuesta, especialmente cuando están predominantemente soportados por la dentina (Ozer , Blatz ; 2013).

Clínicamente muchas de las causas del fallo de las restauraciones de composite está relacionado con la microfiltración marginal y eventualmente lleva a la decoloración marginal, caries secundaria y subsecuentemente pérdida de la

retención, esto ocasiona el remplazo de la restauración en relativamente cortos intervalos de tiempos.

Con el fin de superar esta imperfección, los científicos introdujeron resinas a base de silorano que tienen monómeros en forma de anillo y que tienen una baja contracción de polimerización y la propiedad de ser hidrófobos. En los últimos años, muchos estudios han hecho acerca de los beneficios estructurales y clínicos de compuestos de silorano (Hajizadeh, 2015)

En este contexto, varios aspectos deben ser considerados con respecto a la fuerza de adherencia y durabilidad de la adhesión a los tejidos dentales duros.

Esto incluye la heterogeneidad de la estructura, composición del diente, hidrofiliidad de la superficie de la dentina expuesta, errores en la preparación de la cavidad, las características físico químicas de los adhesivos y su interacción con el esmalte y la dentina.

Estudios como el de Hajizadeh y Meng en 1998 han probado modificaciones al sistema de grabado ácido para aumentar la fuerza de adhesión de los tejidos dentarios de los materiales resinosos de reconstrucción o de adhesión de materiales no elaborados en la boca del paciente.

Con el objetivo de proteger el esmalte y la dentina de retos cariogénicos o erosivos se han desarrollado diferentes formulaciones de sustancias fluoradas. Entre ellas se encuentra el fluorofosfato acidulado (Stephen, 1988 ;Villena & Tenuta , 2009).

Fluoruro Fosfato acidulado (FFA)

Durante la década del 60 se desarrolló un tercer sistema de fluoruros para aplicación tópica, conocido como FFA o fluorurofosfato acidulado. Este sistema fue desarrollado por Brudevold y col. en un esfuerzo por lograr mayores cantidades de fluorohidroxiapatita y menores cantidades de fluoruro de calcio. Estos investigadores revisaron las distintas reacciones químicas del fluoruro con el esmalte (hidroxiapatita) y concluyeron que:

- El pH del sistema del fluoruro acidulado aumenta la velocidad de reacción del fluoruro con la hidroxiapatita.
- Si se empleaba ácido fosfórico como acidulante con el objeto de aumentar la concentración de fosfato presente en el sitio de la reacción, sería posible obtener mayores cantidades de fluoruro depositado en el esmalte superficial en forma de fluorohidroxiapatita, con mínima formación de fluoruro de calcio y mínima pérdida de fosfato del esmalte. Sobre la base de este razonamiento químico, se desarrollaron los sistemas FFA y se demostró que eran efectivos para la prevención de la caries (Robles,2009).

La terapia de fluoruro tópico ha dado resultados positivos en la prevención de la caries dental. Los fluoruros tópicos se presentan en diferentes tipos tales como pastas de dientes, lavados bucales fluorados, geles, espumas y barnices de fluoruro. El fluoruro actúa mediante la desmineralización del esmalte normal y la mejora de la remineralización del esmalte mediante fluoruros. La aplicación del gel de FFA es el método más utilizado en muchos países. (Tavassoli-Hojjati, 2012). Su efecto preventivo de caries ha sido mencionado en estudios como el de Choi, Cheong, Lee, Park, 2010 ;Robles, 2008 y el de Villena & Tenuta, 2009.

Para el tratamiento preventivo de lesiones cariosas, se han utilizado una amplia gama de recursos químicos que varían en su composición y presentación. Sin embargo, tienen en común el propósito de reducir el avance de lesiones destructivas como la caries. El fluoruro tópico en su presentación en gel es el más empleado en la prevención de la caries en la clínica dental, es la formulación

compuesta por 1.23% de fluoruro de sodio y ácido fosfórico al 0.1 M con un pH de 3.2 a 3.4, conocido como fluoruro fosfato acidulado (FFA); esta composición provee altas concentraciones de fluoruro en un ambiente ácido para promover la captación de fluoruro. La fluorapatita resultante es más estable y de mayor retención. El tiempo de aplicación es de cuatro minutos en dientes con profilaxis, aislamiento y secado.(Prado S, Araiza M, Valenzuela E, 2014, pp 98)

Los resultados de ensayos clínicos previos han demostrado que el uso de geles de fluoruro de fosfato acidulado (FFA) que contienen 1,23% de fluoruro (F-) dos veces al año es efectivo en la prevención de la caries dental (Hagan, Rozier, Bawden, 1985).

El FFA se utiliza para aumentar la absorción de fluoruro en las superficies dentales. Firoozmand en el 2015 menciona que el fluoruro es más eficaz para proteger el esmalte cuando el fluoruro está en un medio ácido. El FFA reacciona con la hidroxiapatita formando fluorapatita, la cual es más resistente a los ataques ácidos(Villena, 2009).

Además de eso, el FFA deja temporalmente una capa de fluoruro de calcio en la superficie del esmalte. Las investigaciones muestran que esta capa de CaF_2 puede proteger de la superficie del esmalte. El CaF_2 es el principal producto de reacción que se forma a lo largo de la aplicación del fluoruro tópico de los tejidos duros dentales. La mayor concentración de fluoruro producirá una mayor formación de CaF_2 . Este elemento depositado en las superficies de esmalte influye de manera importante en el proceso de desmineralización y remineralización del esmalte, además de actuar como control del pH de los iones F que se liberan contra el reto cariogénico en el esmalte desde la placa dental. El fluoruro de CaF_2 libera flúor cuando el pH en la cavidad oral disminuye como consecuencia de la producción de ácido (Arief, 2007).

Esta capa de fluoruro de calcio, proporciona minerales adicionales que se disuelvan durante el proceso de adhesión de la resina y de esa manera se logre mayor fuerza de adhesión.

Otros usos que ha tenido el FFA, ha sido como pretratamiento en el grabado de superficies internas de cerámicas de leucita y de cerómeros, de manera similar a la acción de grabado con el ácido Fluorhídrico, obteniendo resultados muy semejantes.(Kukiattrakoon,2007).

Tetrafluoruro de titanio (TiF₄)

Otro compuesto fluorado propuesto para prevenir la disolución ácida del esmalte es el TiF₄, McCann 1969 sugirió un mecanismo adicional para la fijación de fluoruro en esmalte en la que el fluoruro está unido a un ion de metal polivalente en forma de un fuerte complejo. Se estudió el efecto de diferentes metales (Al, Ti, Zr, La, Fe, Be, Sn, Mg, Zn), sobre la captación y la retención de fluoruro. Se descubrió que tanto la absorción y la retención de fluoruro se podrían mejorar cuando el diente se trata previamente con cualquier metal polivalente capaz de formar fuertes complejos de fluoruro mientras que aumenta la unión al mismo tiempo para los cristales de apatita. Esto sugiere el uso de complejos de fluoruro en el tratamiento tópico como un medio para aumentar fluoruro en esmalte. El pre-tratamiento con el ion de titanio mostró la máxima absorción y retención.

De igual manera Reed J y Bibby G en 1975 llevaron a cabo un estudio in vivo en 110 niños en la que se les hizo una aplicación anual, de un minuto de una solución de 1% de tetrafluoruro de titanio en los dientes de una hemiarcada en los cuales observó que el TiF₄ ofreció mayor protección contra la caries. Estos resultados, junto con la falta de efectos irritantes, la estabilidad de la solución TiF₄ y la no toxicidad del titanio indicaron su uso para la prevención de la caries en el hombre; Sin embargo por su alta acidez y la probable formación de ácido fluorhídrico se cuestionó su uso.

El TiF₄ presenta una interacción con la superficie dental, a través de alta penetración y retención de fluoruro y baja solubilidad del esmalte después de su aplicación.

Büyükyilmaz T, Sen BH y Ogaard Ben en 1997 llevaron al cabo un experimento en el cual aplicaron una solución de TiF_4 al 4% por 1 minuto sobre cuatro molares deciduos en siete niños. Los dientes tratados fueron extraídos después de un mes, tres meses, seis meses y 12 meses respectivamente, posteriormente se examinaron con un microscopio electrónico de barrido (MEB). Se observó, que se formó una capa en la superficie de todos los surcos y en las puntas de las cúspides y en las vertientes. A los 6 meses, esta capa (*glaze*), se observó distribuida en pequeñas áreas sobre las vertientes con total cobertura de las fosas y fisuras. Después de un año la presencia se limitó solo a foseetas y fisuras, clínicamente, todas las fisuras estaban libres de caries en la inspección visual al término del periodo experimental.

Esta capa fue relativamente estable frente influencias mecánicas y químicas [Büyükyilmaz et al., 1997a; Skartveit L et al., 1989; Tveit A et al., 1983], en particular contra el ataque del ácido clorhídrico [Büyükyilmaz T, Sen BH y Ogaard Ben, 1997] y a los álcali (KOH) (Devabhaktuni, S, Manjunath M.,2011)

La mayoría de los estudios sobre TiF_4 investigaron su efecto preventivo de caries. Se encontró que el TiF_4 ofrece cierta protección contra lesiones artificiales [Wefel J, 1982] y en ratas [Skartveit L., 1989] y posteriormente en los seres humanos [Büyükyilmaz et al., 1994, 1997a].

Mecanismo de acción

Con respecto a los procesos de desmineralización y remineralización, el tetrafluoruro de titanio expresa características que difieren de otros fluoruros, ya que, cuando se aplica, reacciona con el oxígeno presente en el medio, liberando de este modo los productos secundarios, tales como dióxido de titanio. El dióxido de titanio se precipita como una película blanca ácido-resistente a los álcalis, que permanece adsorbida a la superficie del diente, incluso después de retos cariogénicos periódicos. Otra característica de los productos a base de tetrafluoruro de titanio es que presentan pH muy bajo (pH:1-2) (Tschoepe, P. Zandim, D. 2010), con lo que, hay un aumento de la reactividad con el esmalte, facilitando los enlaces de titanio y oxígeno con los grupos fosfato generando una película de dióxido de titanio en la superficie de los tejidos mineralizados (Rošin-Grget , K. 2013). Sin embargo, a pesar de estos resultados prometedores, el TiF_4 no se ha utilizado en los procedimientos clínicos debido a la falta de estabilidad en solución acuosa, lo que requiere cambios en su formulación farmacéutica (Lira M, 2013).

En relación con los tipos de agentes fluorados, Comar P, Gomez F, Ito N, Salomao A, Grizzo T y Magalhães llevaron a cabo un estudio en el cual comprobaron que el TiF_4 es más eficaz que otras sales de fluoruro, tales como el Fluoruro de Sodio (NaF), el Fluoruro Estañoso (SnF_2) y el TiF_4 , en el proceso de minimizar el daño erosión- abrasión al esmalte, debido al mecanismo de acción del titanio depositado en la superficie del esmalte. Estos mecanismos de acción TiF_4 se podrían mejorar si el compuesto se aplica como un barniz, que proporciona la interacción con el esmalte durante períodos prolongados de tiempo en esta forma, un barniz a base de TiF_4 químicamente estable fue desarrollado, lo que resulta en una mayor eficacia en comparación con la solución. Los primeros estudios con el nuevo producto mostraron que la modificación del vehículo y la consiguiente disminución en el contenido de agua en la formulación permite mantener la estabilidad de los ingredientes activos durante un período de *Stock* de

dos a tres años, estos barnices de TiF_4 han dado resultados favorables con respecto a la inhibición desmineralización en el modelo de caries animal (Lira M. 2013).

Indicaciones

El barniz TiF_4 fue capaz de disminuir la desmineralización y aumentar la remineralización del esmalte. Era igualmente eficaz en comparación con los barnices de NaF en la reducción de la desmineralización en el subsuelo de la lesión cariosa, pero era más eficaz en la remineralización de la superficie. El TiF_4 parece tener un efecto inhibitor sobre la formación de una lesión de caries (Magalhaes 2008).

Toxicidad

TiF_4 no es soluble en agua. Es una sustancia muy higroscópico y se hidroliza rápidamente en agua para dar una gama de compuestos del tipo $TiO_x OH_y X_z$. El TiF_4 es bastante tóxico ya que libera Ácido Fluorhídrico (HF) cuando reacciona con el agua.

El ácido Fluorhídrico (AF) es una sustancia peligrosa. Una característica importante del AF, es que es muy móvil en el cuerpo, que se difunde a través de la piel muy rápidamente. Una vez en su cuerpo reaccionará con cualquier calcio que encuentre para formar CaF_2 insoluble (Kirkpatrick, 1995).

Adhesive Remnant Index (ARI)

Se han sugerido índices que ayuden a medir de manera cualitativa y cuantitativa, la cantidad de adhesivo remanente representado en el ARI, es un sistema desarrollado por Artun y Bergland (Montasser, 2009), utilizado para evaluar la cantidad de adhesivo que queda en la superficie del esmalte dental después del descementado. Provee un rango de puntuación y no valores numéricos. Es simple y no necesita un equipo especial.

- Puntuación 0: No hay adhesivo remanente en el diente.
- Puntuación 1: Menos de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente.
- Puntuación 2: Más de la mitad del adhesivo permanece aún en el diente.
- Puntuación 3: Todo el adhesivo permanece en el diente y se observan distintas impresiones de la malla del bracket.

La probabilidad de daño a la superficie del diente será mayor si la integridad de la estructura dental presenta un excedente de material de adhesivo residual, a través de los años, el ARI ha sido uno de los aspectos más evaluados en los estudios de adhesivos ortodónticos y de cementos resinosos.

Objetivo

Evaluar el efecto del pretratamiento con TiO_2 + FFA en la Resistencia al desprendimiento de una resina sobre el esmalte.

Evaluar el efecto del pretratamiento con TiO_2 en la Resistencia al desprendimiento de una resina sobre el esmalte.

Evaluar el efecto del pretratamiento con FFA en la Resistencia al desprendimiento de una resina sobre el esmalte.

Justificación

En la actualidad la odontología restauradora se basa en las propiedades de adhesión de las resinas compuestas a los tejidos dentarios, sin embargo esta adhesión es también la causa de los fracasos que se llegan a presentar en la clínica, por lo que debemos buscar mayor predictibilidad, durabilidad y estética en las restauraciones adhesivas.(De Oliveira, Piva, Fernandes, 2015)

El fallo adhesivo es algo común en este tipo de restauraciones adheridas, y se pueden observar ciertas repercusiones clínicas como la microfiltración, caries marginal y sensibilidad postoperatoria (Henostroza,2010).

Para disminuir los fallos adhesivos se han utilizados diferentes pretratamientos sobre el esmalte y dentina, previos al procedimiento de adhesión del composite. El pretratamiento con TiF_4 ha obtenido buenos efectos cariostáticos y una influencia positiva en la fuerza de desprendimiento de la resina sobre la dentina. De acuerdo a esto la capa de dióxido de titanio generada sobre la superficie del esmalte tratado con TiF_4 puede mejorar las propiedades adhesivas de las resina. (Tranquilin, 2016)

Comprobaremos si esta teoría es cierta usando solamente una solución de TiO_2 con una solución ácida de fluorofosfato en gel que se ha utilizado en la práctica preventiva de la odontología puede formar un *glaze* de la misma manera que la solución de TiF_4 .

Hipótesis

El pretratamiento con TiO_2 disuelto en un gel ácido de fluorofosfato (FFA) aumentará la Resistencia al desprendimiento de una resina compuesta en esmalte bovino.

Metodología

Se tomaron 60 muestras de esmalte de dientes incisivos mandibulares permanentes bovinos recién sacrificados. Se seleccionaron muestras libres de caries, irregularidades del esmalte, fracturas. Esto se verificó con el microscopio estereoscópico. Se elimina el tejido blando de las superficies radiculares.

Los dientes se cortan separando la porción coronal y radicular utilizando una sierra Isomet de baja velocidad (Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois., EE.UU.).

Se almacenan en refrigeración en una solución de 0,9% NaCl + 0,1% de timol (pH 7,0). Durante 1 semana.

Se usa un molde rectangular de teflón para embeber las muestras en acrílico autopolimerizable, verificando el paralelismo de la porción media coronal por medio de un paralelómetro. La superficie bucal expuesta todos los dientes bovinos se lijó con hojas de carburo de agua de distintos granos (180 y 600) con abundante agua 10 segundos, cada hoja en orden creciente. Esto para obtener una superficie plana.

El sistema adhesivo se aplicó en un área demarcada de 3mm de diámetro, seleccionada previamente en la zona lijada y barnizada en toda su periferia.



Antes de la aplicación del sistema adhesivo, la superficie labial de cada incisivo fue limpiada durante 10 segundos con una mezcla de agua y piedra pómez libre de fluoruro en una copa de goma de hule con una pieza de mano de baja velocidad. La superficie del esmalte se enjuago con agua para eliminar la piedra pómez o residuos existente de la profilaxis, después se secó con una corriente de aire comprimido.

Las muestras se asignaron aleatoriamente a 4 grupos, como lo indica la siguiente tabla 1.

Universo de muestras: 60

Grupo	Test de desprendimiento
Grupo testigo sin tratamiento (adhesión convencional)	12 muestras
Grupo tratado previamente con TiO ₂ 4%+ FFA +adhesión convencional	12 muestras
Grupo tratado previamente con APF y adhesión convencional	12 muestras
Grupo tratado previamente con TiO ₂ + adhesión convencional	12 muestras

Tabla 1

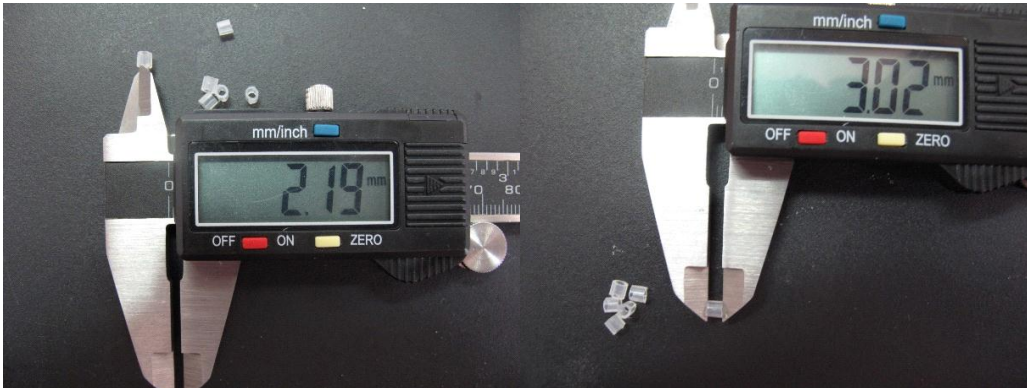
El tratamiento al que se sometieron las muestras, según su grupo se indica en la siguiente tabla (tabla 2)

grupos	Tratamiento
Grupo testigo sin tratamiento(adhesión	Grabado con ác. ortofosfórico 15 seg.,

convencional)	aplicación de adhesivo y fotopolimerizado, colocación de tubo de resina y polimerización
Grupo tratado previamente con TiO ₂ 4%+ FFA +adhesión convencional	Pretratamiento con TiO ₂ 4%+ FFA por un minuto. Se lava 10 seg. y se seca por hasta lograr un apariencia opaca del esmalte. Grabado ác. ortofosfórico 15 seg., aplicación de adhesivo y fotopolimerizado, colocación de tubo de resina y polimerización.
Grupo tratado previamente con APF + adhesión convencional	Tratamiento previo de FFA por un minuto. Se lava 10 seg. y se seca por hasta lograr un apariencia opaca del esmalte. Grabado con ác. ortofosfórico 15 seg., aplicación de adhesivo y fotopolimerizado, colocación de tubo de resina y polimerización
Grupo tratado previamente con TiO ₂ + adhesión convencional	Tratamiento previo de TiO ₂ 4% por un minuto. Se lava 10 seg. y se seca por hasta lograr un apariencia opaca del esmalte. Grabado con ác. ortofosfórico 15 seg., aplicación de adhesivo y fotopolimerizado, aplicación de adhesivo y fotopolimerizado, colocación de tubo de resina y polimerización

Tabla 2

Se cortó 48 cilindros plásticos con un diámetro de 2.2 mm y una altura de 3 mm, esto se midió con un vernier digital

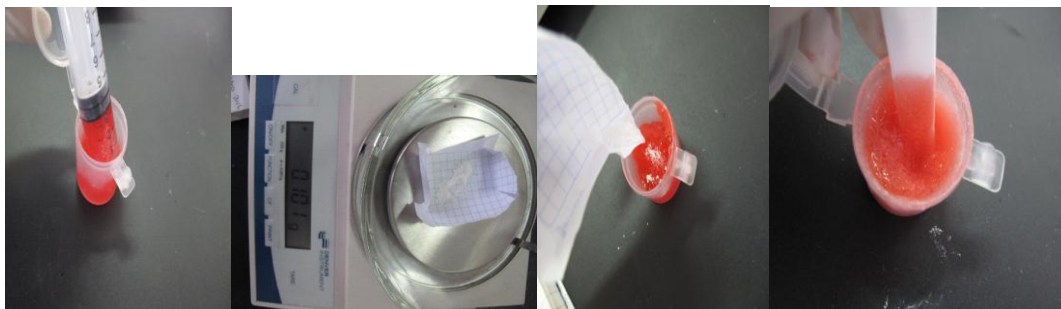


Preparacion de gel de FFA

Se toma 7 ml de gel de FFA (oral B) y se guardan en la jeringa en refrigeración hasta su uso.



Preparacion del gel de FFA+ TiO₂



Se toma 5 ml de gel. Se pesó 0.1 grs de Dioxido de Titanio. Se agregó Dioxido de Titanio al gel y se mezcló durante 1 minuto, hasta lograr una homogenización del polvo de Titanio en el gel de FFA. Posteriormente se guarda en refrigeración hasta su uso.

Preparación de la Solución de Dióxido de Titanio



Se toman 5 ml de solución desionizada. Se pesa 0.1 grs de Dióxido de Titanio. Se disuelve el dióxido de titanio en la solución. Se guarda en refrigeración hasta su uso.

Sistema adhesivo utilizado.



Cemento resinoso Relix ARC 3m. Adhesivo Adper Scotchbond™ 1XT.
Scotch Bond gel grabador.

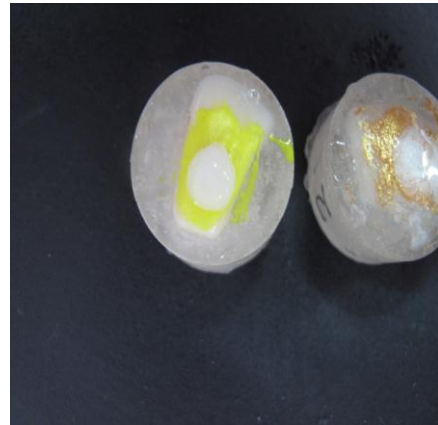
Pretratamiento



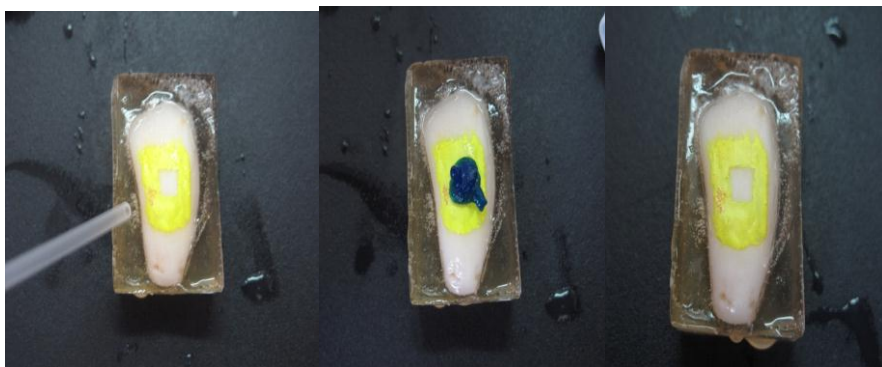
1 minuto de pre-tratamiento a las muestras grupo: Gel de FFA+TiO₂



Pre-tratamiento 1 min gel FFA



Pre-tratamiento 1 min gel TiO₂

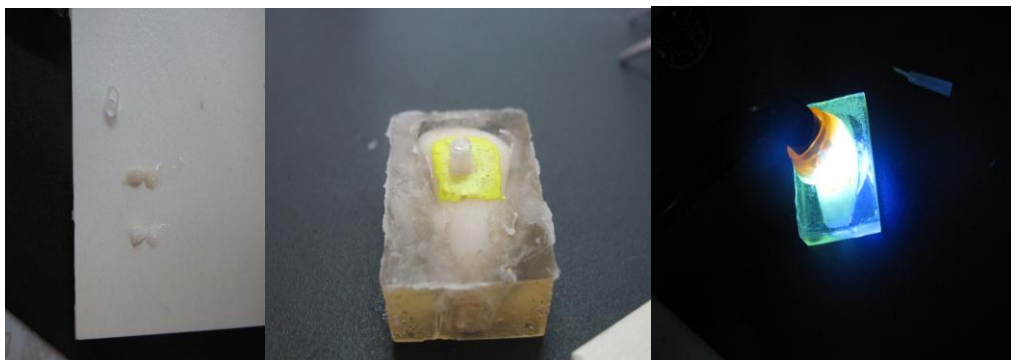


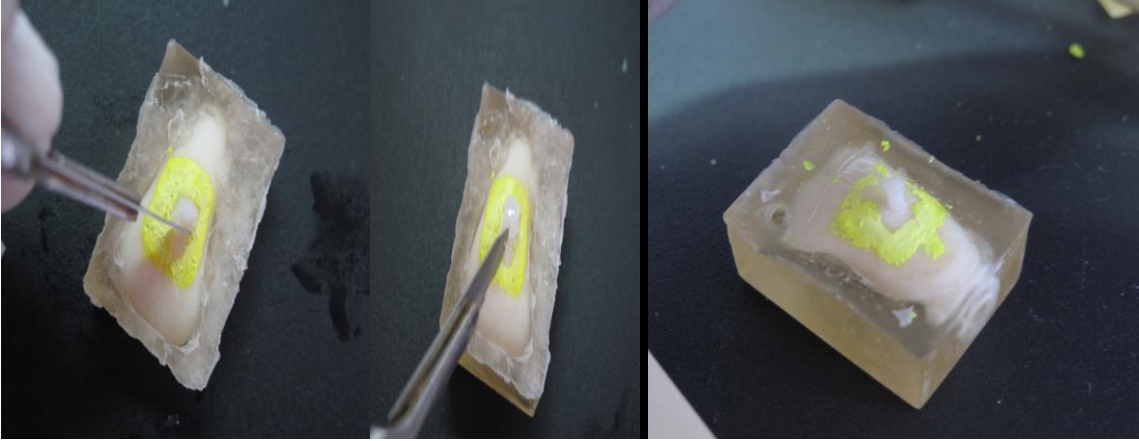
Secado de la superficie. Aplicación del ácido grabador 15 seg. Aplicación de adhesivo.



Polimerización del agente adhesivo.

Después de la aplicación del sistema adhesivo, en un cilindro preformado de 2.5 mm de diámetro con una altura de 2 mm se empaca el cemento resinoso, posteriormente se coloca en la superficie del esmalte. El exceso de resina se remueve cuidadosamente con ayuda de un explorador. Se fotopolimeriza por 20 segundo de acuerdo a las instrucciones del fabricante con una intensidad de luz de 1000 mW/cm^2 . Todas las muestras se guardan en agua destilada a 21°C durante 24 hrs para posteriormente ser llevadas al *test* de resistencia al cizallamiento.





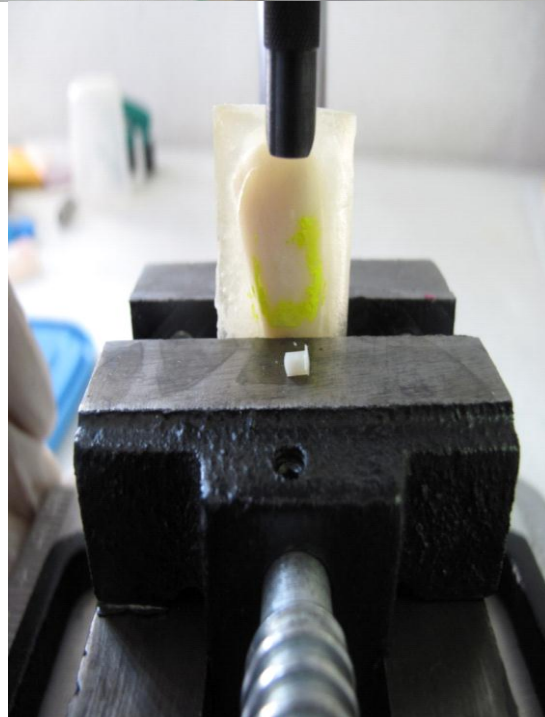
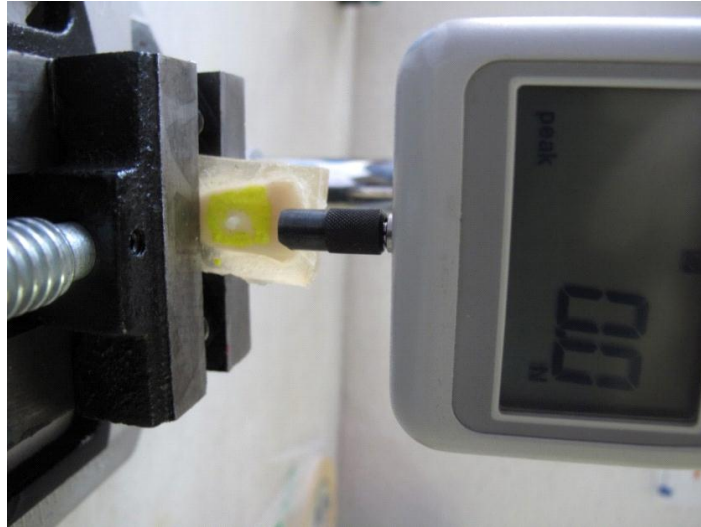
Retiro de excedentes

Test de desprendimiento

Después del almacenamiento por 24 hrs las muestras se llevan a la máquina de pruebas de desprendimiento.

Los muestras se colocan en una prensa, de manera perpendicular a la dirección de fuerza del medidor de presión. El vector de carga se dirigió ocluso – gingivalmente a una velocidad de 1 mm/min. La máxima carga necesaria para desprender el cilindro de resina fue grabada en newtons (N) y calculada en Megapascales(MPa) como una relación de newtons a la zona de la superficie del cilindro. Se calculó utilizando la siguiente formula: $1 \text{ mPa}=1 \text{ N/m}^2$.





Test de desprendimiento

Análisis estadístico

Para determinar si existen diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento de los diferentes grupos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y para determinar entre que grupos hay diferencias significativas se utilizó el análisis post hoc de Tukey en el programa SPSS v 19.

Resultados

Los resultados obtenidos, en la prueba mecánica de cizallamiento, se agruparán, según el tipo de pre tratamiento recibido. Se observó la resistencia al cizallamiento y el puntaje de ARI. Los valores de resistencia al cizallamiento fueron observados en primera instancia en newtons y se convirtieron en Mpa. Se calculó utilizando la siguiente formula: $mPa=1 N/m^2$.

Los valores de resistencia al cizallamiento, en el grupo testigo tuvieron una media de 11.046 MPa +/- 6.94, el grupo tratado con FFA tuvo una media de 7.67 MPa +/- 3.5, el grupo tratado con TiO₂ tuvo una media de 10.43 Mpa +/- 3.4, el grupo tratado con TiO₂+FFA tuvo una media de Mpa 8.05 +/- 4.8.

Las diferencias entre las medias de los valores de resistencia al cizallamiento entre los grupos testigo, FFA, FFA+ TiO₂ y TiO₂ no fueron estadísticamente significativas ($p= .249$) (Anova de una vía).

Los datos obtenidos de la prueba de cizallamiento para de cada una de las muestras se encuentran en las tablas 4,5,6 y 7.

Grupo control			
No. De muestra	Newton	mPa	ARI
1	31.7	8.33	2
2	70.6	18.567	0
3	84.1	22.11	2
4	80.4	21.145	3
5	49.4	12.99	0
6	19.3	5.07	1
7	51.1	13.43	0
8	14.8	3.89	1
9	10.3	2.7	1
10	9.7	2.55	1
11	36.1	9.49	1
12	46.7	12.28	0
	promedio	11.046	

Tabla 4. Grupo testigo. Valores de resistencia al cizallamiento en Newton, Megapascales y ARI

tx con FFA			
letra. De muestra	newtons	mPa	ARI
A	47.7	12.54	1
B	41.1	10.8	2
C	17	4.47	3
D	25.2	6.62	1
E	37.7	9.91	0
F	11.3	2.97	0
G	50.2	13.2	0

H	20.2	5.31	0
I	17.7	4.65	0
J	17	4.47	1
K	24.5	6.44	0
L	40.7	10.7	1
Promedio		7.67333333	

Tabla 5. Grupo tratado con FFA. Valores de resistencia al cizallamiento en Newton, Megapascales y ARI

Sol. TiO ₂			
Letra de muestra	Newton	Mpa	ARI
2 ^a	14	3.68	1
2b	41.5	10.91	0
2c	35.2	9.25	0
2d	21.3	5.6	0
2e	54.2	14.25	1
2f	34.8	9.15	0
2g	47.9	12.5977	0
2h	36.1	9.49	0
2i	58.5	15.38	1
2j	46.8	12.3	0
2k	34.7	9.12	0
2l	51.4	13.51	0
Promedio		10.436475	

Tabla 6. Grupo tratado con TiO₂. Valores de resistencia al cizallamiento en Newton, Megapascales y ARI

Tx APF+TiO ₂			
Letra de muestra	newtons	mPa	ARI
1.1	50.4	13.25	1
1.2	30.2	7.94	0
1.3	19.1	5.02	0
1.4	8.2	2.15	1
1.5	7	1.8	0
1.6	65	17.09	0
1.7	16.9	4.44	0
1.8	24.4	6.41	0
1.9	33.1	8.7	0
2	28.8	7.51	1
2.1	27.4	7.2	0
2.2	57.4	15.09	0
		8.05	

Tabla 7. Grupo tratado con TiO₂+FFA. Valores de resistencia al cizallamiento en Newton, Megapascales y ARI

El valor máximo obtenido para el grupo testigo fue de 17 MPa y el menor valor fue de 4.1 MPa. El grupo tratado con FFA obtuvo como máximo valor 11.21 MPa y como mínimo valor 4.32 MPa. El grupo tratado con TiO₂ obtuvo como máximo valor 13.89 MPa y como mínimo valor 6.75 MPa. El grupo tratado con TiO₂+ FFA obtuvo como máximo valor 12.89 MPa y como mínimo valor 3.2 MPa.

Grafico 1 Resistencia al cizallamiento en Mpa

La evaluación visual del remanente de la resina en la superficie del esmalte después del test de cizallamiento, se muestra en la tabla 8.

	ARI 0	ARI1	ARI 2	ARI 3
Grupo FFA+ TiO₂	9	3	0	0
Grupo TiO₂	9	3	0	0
Grupo FFA	7	3	1	1
Grupo testigo	4	5	2	1

Tabla 8. Frecuencia de ARI

- Falla adhesiva: Ocurrió en la mayoría de las muestras pre tratadas con FFA+TiO₂ y TiO₂ representada por los valores 0 y 1 del ARI
- Falla adhesiva y cohesiva en el grupo pretratado con FFA y el grupo testigo
- El grupo testigo mostró el menor número de fallas adhesivas.

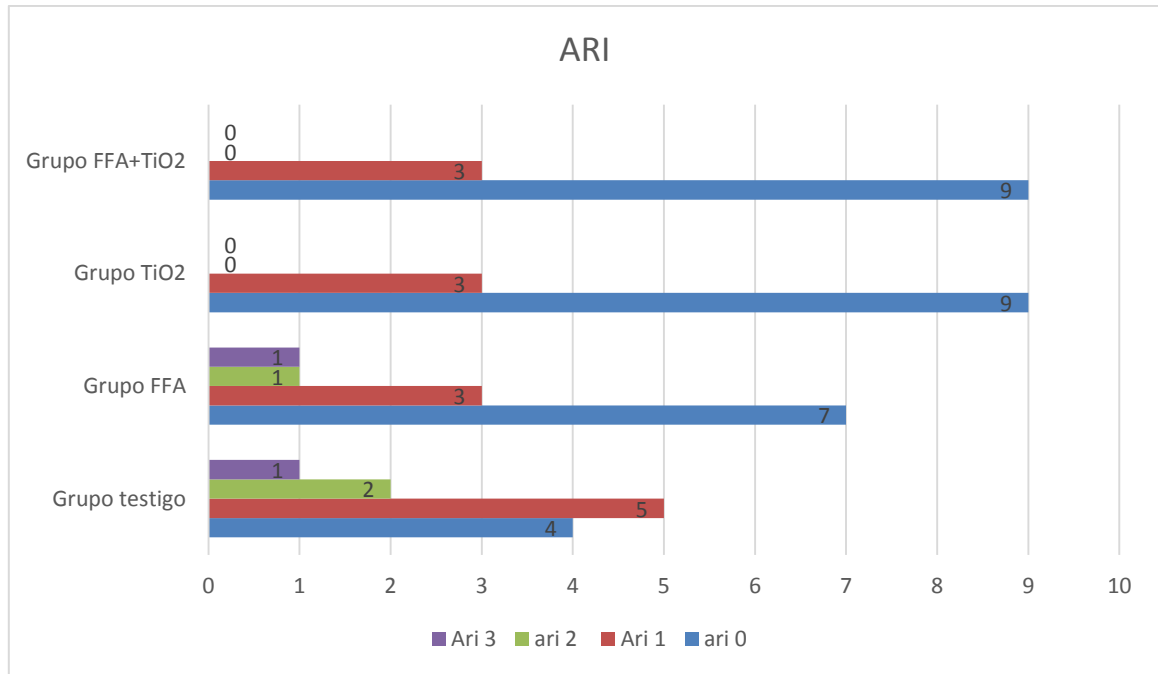


Grafico 2. Frecuencia de ARI en los diferentes grupo del estudio.

Discusión

En la práctica dental actual, la mínima intervención es un concepto ampliamente defendido que promueve procedimientos mínimamente invasivos. De acuerdo con el principio de mínima intervención, el uso de técnicas adhesivas en el esmalte ha aumentado mucho en la odontología actual, encontrándose muchas aplicaciones innovadoras en prótesis y operatoria. Una ventaja de aplicar técnicas adhesivas en esmalte es la preservación de tejidos dentales duros (Lin, 2013). Siendo de esta manera más confiable y predecible la adhesión a esmalte. En nuestro estudio utilizamos un cemento de resina(Relix ARC de 3m)que se utiliza para adherir restauraciones indirectas como las carillas.

Algunos estudios(Meng et al, 1997, Meng et al 1998.) han reportado que la aplicación tópica de fluoruro puede interferir con el mecanismo de unión, lo que resulta en una reducción de la resistencia de unión de las resinas dentales. Por el contrario, otros estudios demostraron que la aplicación tópica del fluoruro no

afectó negativamente al patrón de grabado sobre el esmalte ni a la resistencia de unión de la resina compuesta. (Keçik D, 2008)

Hirce en 1980 reportó que la aplicación de NaF al 2% después del grabado ácido, aumenta la adhesión. Garcia-Godoy en 1992 al informaron que el esmalte grabado con ácido fosfórico al 60% con fluoruro de sodio al 0,5% produjo valores de resistencias al cizallamiento estadísticamente más altas en comparación con el esmalte grabado con 38% de ácido fosfórico solo. Más recientemente, García-Godoy no encontró diferencias en los valores de resistencia al cizallamiento entre los dientes que fueron pretratados con APF y los dientes que no recibieron APF Pretratamiento.

En este estudio valoramos la resistencia al cizallamiento de un cemento resinoso al esmalte acondicionado con APF + TiO₂ antes del grabado ácido, y aunque las diferencias de los valores de este grupo no fueron estadísticamente diferentes, los valores absolutos demuestran que si hubo una disminución de la resistencia al cizallamiento.

Bukuyilmaz en 1997 descubrió que después de un pre-tratamiento con TiF₄ sobre el esmalte, se genera una capa de TiO₂ logrando esta capa ser estable frente a ataques ácidos y álcalis, posteriormente se encontró su efecto como promotor de una mayor fuerza de adhesión en un sustrato dentario, usando como pre-tratamiento el TiF₄ previo tratamiento adhesivo. (Tranquilin, 2016), aunque otros autores no hay encontrado ningún efecto aplicando el TiF₄, como pre-tratamiento para mejorar la adhesión en dentina (Domingues, 2014), nosotros al igual no encontramos una mejora en la adhesión entre los distintos grupos experimentales y el grupo control.

El FFA aparte de su efecto protector del esmalte frente a ataques ácidos, se ha demostrado su efecto gravante del esmalte dental (5 µm) (Botta, 2010) que en nuestro estudio no produjo valores de resistencia al cizallamiento mejores a la técnica convencional de grabado ácido.

La fuerza de unión de la resina al esmalte en ocasiones llega a ser tan grande que al intentar desprender la resina al esmalte, el esmalte resulta ser dañado, debido a esto Kim en el 2005 realizó un experimento en el cual mezcló FFA + ácido grabador (ácido fosfórico 37%), observó que la resistencia al cizallamiento disminuyó significativamente a medida que la fracción del gel de FFA aumentó en el ataque químico experimental. También observó un aumento en la puntuación

del índice de remanente adhesivo (ARI) en los grupos del gel FFA. Para minimizar el daño de la superficie del esmalte durante los procedimientos de grabado y desprendimiento de resina, se puede usar una mezcla de ácido fosfórico y un gel de FFA (fracción de FFA al 50% y 67%), como sustituto del ácido fosfórico, sin disminución de la resistencia al cizallamiento. En nuestro ensayo el uso de FFA disminuyó la resistencia de desprendimiento al cizallamiento en los grupo: TiO_2 + FFA (8Mpa) y FFA (7.6Mpa), con respecto a los valores obtenidos en el testigo (11.046Mpa) y en el grupo TiO_2 (10.43Mpa).

La frecuencia del ARI 0 y 1 fue predominante en los grupos de FFA+ TiO_2 y TiO_2 en comparación con los grupos de FFA y el grupo testigo. De acuerdo a los resultados del ARI, los grupos testigo y el acondicionado solo con APF mostraron el mejor desempeño, ya que fue mayor el número de ARI 3 y 2 a diferencia del grupo tratado con APF + TiO_2 en que la frecuencia del ARI fue con valores de 0 y 1, lo que se traduce en que una falla adhesiva ocurrida en la interfase de la superficie del esmalte con la resina.

La aplicación de fluoruro después del grabado ácido puede prevenir la caries dental, y es cuestionable el hecho de que se modifique la fuerza de unión de la resina al sustrato dental. Resultados contratorios a los encontrado por Firoozmand et al. En el 2015 y Bishara, Soliman, Laffoony, Warren en el 2008.

El grabado de una superficie de esmalte con un ácido fuerte provoca la pérdida del contorno de la superficie junto con una rugosidad del esmalte, que es necesaria para la adhesión adecuada del adhesivo. Se sabe que la concentración de fluoruro juega un papel importante en la reducción de la solubilidad del esmalte. El objetivo de esta investigación fue valorar la resistencia al cizallamiento después del pre-tratamiento con APF + TiO_2 . Se demostró que el esmalte pre tratado con APF + TiO_2 impidió la formación de una interfase favorable para la adhesión que se verificó con el registro del ARI y la disminución de los valores de la resistencia al cizallamiento, en consecuencia este trabajo se suma a aquellos que recomiendan omitir la aplicación de fluoruro poco antes del procedimiento de grabado ácido para la adhesión de resinas en esmalte.(Choi, 2010; Firoozmand L, et al, 2015; Chandulal, Yugandhar, Ramanaya, Srinivas, Yadav, 2015)

Conclusión

El pre-tratamiento con APF y APF con dióxido de titanio disminuyó la resistencia al cizallamiento comparado con el grupo testigo, sin embargo estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Aun con el protocolo controlado y estandarizado como el realizado in vitro , las desviaciones estándar entre los grupos fueron muy grandes, lo que nos muestra lo crítico que es el proceso de adhesión, sobre todo en un ambiente clínico-operatorio en donde tenemos variables, extraorales, propias del diente, y de la habilidad y conocimientos del operador.

Referencias

- Aguilera A. Sistemas Adhesivos de Autograbado. *Revista Dental de Chile*. 2001; 92 (2): 23- 28.
- Arief P and Kunarti. The effect of acidulated phosphate fluoride on dental enamel surfaces hardness. *Dent. J. (Maj. Ked. Gigi)*, Vol. 40. No. 3 July-September 2007: 145-147.
- Başaran G,Hamamcı N,Akkurt A. Shear bond strength of bonding to enamel with different laser irradiation distances. *Lasers Med Sci*.2011 Mar;26(2):149-56.
- Batra C. In vitro bonding effectiveness of three different one-step self-etch adhesives with additional enamel etching. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* (2014), 5, 226–236.
- Beltrami R.Comparison of shear bond strength of universal adhesives on etched and nonetched enamel. *J Appl Biomater Funct Mater* 2016; 14(1): e78-e83.
- Botta A. et al. Influence of topical acidulated phosphate fluoride on surface roughness of human enamel and different restorative materials. *Rev. odonto ciênc*. 2010;25(1):83-87.
- Büyükyılmaz T, Sen BH, Ogaard B.Retention of titanium tetrafluoride (TiF₄), used as fissure sealant on human deciduous molars. *Acta Odontol Scand*. 1997 Apr;55(2):73-8.
- Büyükyılmaz T.et al. The resistance of titanium tetrafluoride-treated human enamel to strong hydrochloric acid. *Eur J Oral Sci* 1997: 105: 473-477.
- Can A, Saglam A. The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different resin cements to enamel and dentin. *J Adv Prosthodont* 2017;9:57-66.
- Cardoso et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry *Australian Dental Journal* 2011; 56:(1 Suppl): 31–44.
- Carpna LG, Greenhalgh TD, Klauss P, Mussi G, Nicolas W. Enamel Acid Etching: A review. *Compendium*. January 2007;28(1):662-669

Carramillo C. Shear bond strength of self-etch and total-etch adhesives to bovine enamel and dentin. *Rev Odonto Cienc* 2012;27(2):143-146

Celik E, Kucukyilmaz E, Sabas S. Effect of different surface pre-treatment methods on the microleakage of two different self-adhesive composites in Class V cavities. *Eur J Paediatr Dent*. 2015 Mar;16(1):33-8.

Chandulal J, Yugandhar G, Ramanaya I, Srinivas K, Yadav S. Comparative Evaluation of Tensile - Bond Strength of An Orthodontic Adhesive with and without Fluoride Application, After Acid Etching -An Invitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2015 Apr;9(4):ZC 68-71.

Chay P, Manton D, Palamara J. The effect of resin infiltration and oxidative pre-treatment on microshear bond strength of resin composite to hypomineralised enamel. *Int J Pediatr Dent*. 2014 Jul;24(4):252-67

Choi S, Cheong y, Lee G, Park H. Effect of fluoride pretreatment on primary and permanent tooth surfaces by acid-etching. *Scanning*. 2010 Nov-Dec;32(6):375-82.

Corral D. Análisis comparativo del grado de sellado marginal de restauraciones cementadas con un cemento de resina compuesta y con una resina compuesta de restauración fluidificada. *Revista Dental de Chile* 2015; 106 (1) 20-25.

De Oliveira W, Piva E, Fernandes A. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry* (2015), Volume 43 , Issue 7 , 765 – 776.

Devabhaktuni S, Manjunath M. Effect of 4% titanium tetrafluoride application on shear bond strength of composite resin: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2011 Jan;14(1):43-5.

Domingues L. et al. Effects of 2.5% TiF₄ on microtensile bond strength: Influence of application method and degree of dentin mineralization. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 54 (2014) 159–16.

Dourado A, Reis A. Sistemas adhesivos *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales* vol. 1 - n. 2, mayo/junio/julio/agosto – 2006.

Firoozmand L, et al. Effect of Fluoride and Simplified Adhesive Systems on the Bond Strength of Primary Molars and Incisors. *Brazilian Dental Journal* (2015) 26(4): 368-372.

Ferracane J. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict?. *Dent mater* 29;51-58.

Frey C, Yetkiner E, Stawarczyk B, Attin T, Attin R. Effects of different chlorhexidine pretreatments on adhesion of metal brackets in vitro. *Head Face Med.* 2012 Dec 28;8:36..

Giannini, Marcelo, Makishi, Patrícia, Ayres, Ana Paula Almeida, Vermelho, Paulo Moreira, Fronza, Bruna Marin, Nikaido, Toru, & Tagami, Junji. (2015). Self-Etch Adhesive Systems: A Literature Review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3-10.

Garcia-Godoy 1991 Effect of a fluoridated etching gel on enamel morphology and shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991 Aug;100(2):163-70.

Garcia-Godoy F, Dodge WW, Donohue M, O'Quinn JA. Effect of a fluoridated etchant on the shear bond strength of a composite resin to enamel. *Int J Paediatr Dent.* 1992 Apr;2(1):25-30. PubMed PMID: 1525128.

Garrofé A. Adhesión a tejidos dentarios. *Rev. Fac. de Odon. UBA* 2014, Vol. 29 - N° 67 5.

Gómez de Ferraris. *Histología y embriología bucodental*. 2da ed. edit. médico panamericana, españa, 2002, pág. 271-174.

Hagan PP, Rozier RG, Bawden JW. The cariespreventive effects of fullstrength and halfstrength topical acidulated phosphate fluoride. *Pediatric Dentistry* 1985;7:18591.

Hajizadeh H, Nemati-Karimooy A, Nasseh A, Rahmanpour N. Evaluating the shear bond strength of enamel and dentin with or without etching: A comparative study between dimethacrylate-based and silorane-based adhesives. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(5):e563-8

Henostroza G. *Adhesión en Odontología Restauradora*. 2ª ed. Ripano; 2010.

Hirce J. The effect of topical fluorides, after acid etching of enamel, on the bond strength of directly bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1980 Oct;78(4):444-52.

Keçik D, Cehreli SB, Sar C, Unver B. Effect of acidulated phosphate fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2008 Jan;78(1):129-33.

Kim M Phosphoric Acid Incorporated with Acidulated Phosphate Fluoride Gel Etchant Effects on Bracket Bonding. *The Angle Orthodontist*: July 2005, Vol. 75, No. 4, pp. 678-684.

Kingman A et al. Bisphenol A and other compounds in human saliva and urine associated with the placement of composite restorations.. *J Am Dent Assoc.* 2012 Dec;143(12):1292-302.

Kirkpatrick J. Hydrofluoric acid burns: a review. *Burns*: Vol. 21, No. 7, '1995.

Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. *J Prosthet Dent.* 2007 Jul;98(1):17-23.

Lahoud Salem DO, Adhesión de los materiales dentales *Odontología Sanmarquina*, 2002; 1 (9): 43-45.

Magalhães A., Comar L.P, . Rios D, Delbem A, Buzalaf. Tetrafluoride (TiF₄) varnish on demineralisation and remineralisation of bovine enamel in vitro. *Journal of dentistry* 36 (2008) 158–162.

McCann HG. The effect of fluoride complex formation on fluoride uptake and retention in human enamel. *Arch Oral Biol.* 1969 May;14(5):521-31.

Lira M, et al. Efeito da aplicação tópica de um verniz de TiF₄ quimicamente estável na desmineralização do esmalte dentário bovino: estudo in vitro. *Rev Odontol UNESP.* 2013 Sept-Oct; 42(5): 372-377 © 2013 - ISSN 1807-2577

Lin J. Influence of peripheral enamel bonding and chlorhexidine pretreatment on resin bonding to dentin. *J Adhes Dent.* 2013 Aug;15(4):351-9. doi: 10.3290/j.jad.a29582.

MANDRI, MN; AGUIRRE GA, ZAMUDIO M E. Sistemas adhesivos en Odontología Restauradora. *Odontoestomatología*, Montevideo , v. 17, n. 26, p. 50-56, nov. 2015

Manneschi C. 2006. Efecto del envejecimiento del esmalte sobre la resistencia traccional frente a dos sistemas adhesivos. Tesis de pregrado. UC.Facultad de Odontología. Depto.ORAOP. Santiago de Chile.

Mario Madrid. Tecnología de la adhesión. 2ª edición, 1997 ed. Loctite. España 1997.

Matos AB, Tate WH, Powers JM. Influence of enamel surface preparation on composite bond strength..American Journal of Dentistry 2003, Sep 16 Spec No: 37A-40.

Meng CL, Li CH, Wang WN. Bond strength with APF applied after acid etching. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;114:510–513.

Meng CL, Wang WN, Yeh IS. Fluoridated etching on orthodontic bonding. Am J Orthod Dentofacial Ortho. 1997;112:259–262.

Montasser M. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. Angle Orthod. 2009 Jul;79(4):773-6. doi: 10.2319/080108-398.1.

Mortazavi G, Mortazavi SM. Increased mercury release from dental amalgam restorations after exposure to electromagnetic fields as a potential hazard for hypersensitive people and pregnant women. Rev Environ Health. 2015;30(4):287-92.

Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. J Dent Res. 2010 Oct;89(10):1063-7.

Ozer F¹, Blatz MB. Self-etch and etch-and-rinse adhesive systems in clinical dentistry. Compend Contin Educ Dent. 2013 Jan;34(1):12-4, 16, 18; quiz 20, 30.

Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. J Dent Res. 2010 Oct;89(10):1063-7.

Parra M, Garzón H. Self-etching adhesive systems, bond strength and nanofiltration: a review. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2012; 24(1): 133-150.

Perdigao, J., Swift Jr., E. J., & Walter, R. (2014). Fundamental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion. In H. O. Heymman, E. J. Swift Jr, & A. V. Ritter (Eds.), Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry (6 ed.). Elsevier Health Sciences.

Pires P, Ferreira J, Oliveira S, Silva M, Melo P. Effect of ozone gas on the shear bond strength to enamel. *J Appl Oral Sci.* 2013 Mar-Apr; 21(2): 177–182.

Prado G, Araiza M, Valenzuela E. Eficiencia in vitro de compuestos fluorados en la remineralización de lesiones cariosas del esmalte bajo condiciones cíclicas de pH. *Revista Odontológica Mexicana* 2014;18 (2): 96-104

Pretty I.A. *, Ellwood R.P (2013) The caries continuum: Opportunities to detect, treat and monitor the remineralization of early caries lesions. *Journal of dentistry.* August 2013 Volume 41, Supplement 2, Pages S12–S21.

Reed J, Bibby G. Preliminary report on the effect of topical applications of titanium tetrafluoride on dental caries. *J Dent Res.* 1975;55:357–8.

Reyes-gasga J. Observación del esmalte dental humano con microscopia electrónica. 2013. *Revista Tame* 1(3):90-96

Robles E. Efecto del fluorfosfato acidulado en gel al 1, 23% y del fluoruro de sodio en gel al 2% en la microdureza del ionómero de vidrio modificado con resina Kiru;5(2):80-88, jul.-dic. 2008.

Robles E. 2009. Efecto del fluorfosfato acidulado en gel al 1,23% y del fluoruro de sodio en gel al 2% en la microdureza del iónomero de vidrio modificado con resina. Tesis de pregrado. U de San Martín de Porres.

Rošin-Grget , K. “The cariostatic mechanisms of fluoride” *Acta Medica Academica* 2013;42(2):179-188 DOI: 10.5644/ama2006-124.

Sarvesh J, Jayalakshmi S. Bond Failure and Its Prevention in Composite Restoration. A Review *J. Pharm. Sci. & Res.* Vol. 8(7), 2016, 627-631.

Shahmoradi, M., Bertassoni, L., Elfallah, H., Swain, M. (2014). Fundamental Structure and Properties of Enamel, Dentin and Cementum. In Besim Ben-Nissan (Eds.), *Advances in Calcium Phosphate Biomaterials*, pp. 511-547.

Skartveit L. In Vivo Uptake and Retention of Fluoride After a Brief Application of TiF₄ to Dentin. *Acta Odontol Scand* 1989 47 (2), 65-68.

Spencer P, Ye Q, Misra A, Goncalves SE, Laurence JS. Proteins, pathogens, and failure at the composite-tooth interface. *J Dent Res.* 2014 Dec;93(12):1243-9.

Stephen H. Enamel fluoride uptake from a new APF foam. *Pediatric Dentistry:* June, 1988 - Volume 10, Number.

Tavassoli-Hojjati S. Evaluation of the effect of fluoride gel and varnish on the demineralization resistance of enamel: an in vitro. *Journal of Islamic Dental Association of IRAN (JIDAI) / Spring 2012 /24 / (1).*

Tveit A. Highly acid SnF₂ and TiF₄ solutions. Effect on and chemical reaction with root dentin in vitro. *Caries Res.* 1983;17(5):412-8.

Tranquilin J. TiF₄ improves microtensile bond strength to dentin when using an adhesive system regardless of primer/bond application timing and method. *Clinical Oral Investigations* January 2016, Volume 20, Issue 1, pp 101–108

Tschoppe P, Zandim D. Saliva substitute in combination with high-concentrated fluoride toothpaste: effects on demineralised dentin in vitro. *J Dent.* 2010 Mar;38(3):207-13.

Reed AJ, Bibby BG. Preliminary report on effect of topical applications of titanium tetrafluoride on dental caries. *J Dent Res.* 1976 May-Jun;55(3):357-8.

Yung F, Gutknecht N, Rene Frazen, Fisher H. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared enamel: an in vitro comparative study. *Lasers in Medical Science.* May 2013, Volume 28, Issue 3, pp 879–889

Vega del Barrio, José María. Resistencia al cizallamiento de un sistema totalmente cerámico frente a siete sistemas ceramo-metálicos: estudio comparativo. *RCOE .* 2005, vol.10, n.5-6.

Villena R, Tenuta L. Effect of APF Gel Application Time on Enamel Demineralization and Fluoride Uptake In Situ. *Braz Dent J* (2009) 20(1): 37-41.

Wefel JS. Artificial lesion formation and fluoride uptake after titanium tetrafluoride applications. *Caries Res.* 1982;16:26–33.

Electrónicos

Adhesión, Real Academia española:
<http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=adhesi%C3%B3n>).