

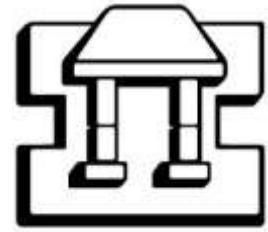


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

División de Investigación y Posgrado

Especialización en Ortodoncia



**RESISTENCIA A LA FUERZA DE CIZALLA DE TRES
DIFERENTES TIPOS DE ADITAMENTOS
ORTODÓNTICOS PLÁSTICOS UTILIZANDO DOS
ADHESIVOS**

PROYECTO DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN ORTODONCIA

PRESENTAN:

C.D. Morales Virrueta Martha Patricia

C.D. Torres Rodríguez Loana

DIRECTOR DE TESIS

DR. EDUARDO LLAMOSAS HERNÁNDEZ

ASESORAS:

CD. ROSSANA SENTÍES CASTELLA



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.

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido el tratamiento ortodóntico se basa, en gran medida, en la aplicación de fuerzas sobre los dientes, a través de la colocación de aditamentos ortodónticos, llamados brackets, que se adhieren al esmalte de la corona de los dientes. Este procedimiento que resulta rutinario para los practicantes de esta especialidad, implica una serie mecanismos de adhesión mediante la aplicación de ácidos sobre este tejido, que siendo de gran utilidad para el ortodoncista. Tiene ciertas implicaciones que deben ser estudiadas, debido a la diversidad de materiales y técnicas empleadas y que continuamente aparecen nuevos diseños de aditamentos ortodónticos (AO).

El esmalte dentario



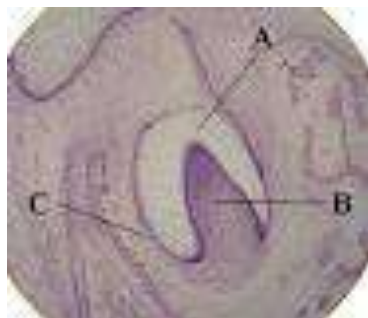
Fotografía 1.- Imagen de un esmalte clínicamente "perfecto".

El esmalte es el tejido mineralizado que recubre la corona del diente, que proviene del ectodermo, por tanto es el único tejido epitelial mineralizado, a

diferencia del hueso la dentina y el cemento radicular que son tejidos conectivos mineralizados. El esmalte humano maduro es el único tejido que es totalmente acelular, cuyo contenido inorgánico, constituye el 96% del peso total, mientras que el 4% restante corresponde a tejido orgánico y agua; es translucido de color blanco o gris azulado. El análisis de los componentes minerales del esmalte revela que predomina en ellos el [calcio](#) bajo la forma de [fosfatos](#), de los cuales el más abundante es el calcio hidratado, que se denomina por sus características químicas como *hidroxiapatita*¹.

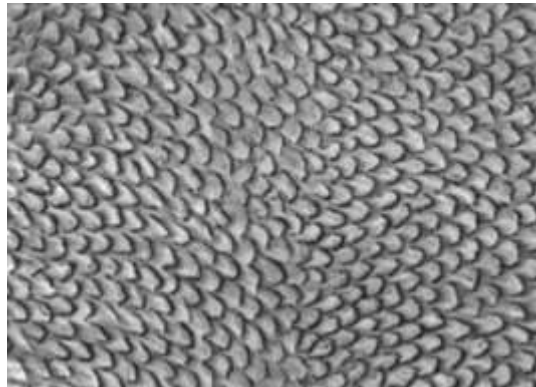
Dentro del contenido orgánico del esmalte se han aislado [proteínas](#) y lípidos. Se cree que algunos de estos componentes pueden provenir de fuentes exógenas, como la albumina, proveniente del suero sanguíneo y los lípidos vendrían de las bacterias contenidas en la placa dentobacteriana.

Las células responsables de la formación de este tejido son los ameloblastos, los que al finalizar su actividad secretoria y mineralizadora, se transforman y contribuyen, primero, a la formación del canal de erupción del diente, y posteriormente, a la creación del epitelio de unión, que es fundamental en la constitución de la interface entre el tejido duro dentario y los tejidos periodontales. Al desaparecer los ameloblastos como células formadoras de esmalte, se pierde la posibilidad de que este tejido regenere, por lo que los daños que se presentan en él son irreversibles.



Fotografía 2.- Corte histológico de un diente en formación. Se aprecia A.- el órgano del esmalte, que formará a este tejido. B.- La papila dental, que dará origen a la dentina y a la pulpa dental. C. El saco dentario, que dará origen a los tejidos de soporte.

Desde el punto de vista histológico el esmalte dentario está compuesto principalmente por los prismas del esmalte y la sustancia interprismática. Estos prismas, que son la estructura principal del tejido adamantino, están dispuestos oblicuamente sobre la superficie del diente, aparecen largos y delgados recorriendo el trayecto desde la unión con la dentina hasta la superficie del diente. El espacio existente entre los prismas es ocupado por la sustancia interprismática, que es menos calcificada y por tanto es la más susceptible de disolución cuando se aplican técnicas de grabado del esmalte.



Fotografía 3. Los prismas del esmalte, al microscopio electrónico

También se han descrito otras estructuras como las lamelas, estrías adamantinas, los husos y penachos o mechones que por lo general se explican como zonas de hipomineralización del esmalte. Las líneas incrementales de Retzius, representan etapas o cambios en el crecimiento del esmalte, de manera similar a lo observado en las secciones transversales de los árboles. Estas líneas se acentúan como consecuencia de alteraciones en la salud o en la nutrición.

El sistema más popular de adhesión en los tratamientos ortodónticos y de la odontología restauradora se basa en la unión de una resina al esmalte dental

que ha sido grabado (desmineralizado) para crear una superficie con microretenciones. Para lograr esto, se utiliza un ácido relativamente fuerte, por lo general ácido fosfórico del 35% al 40% que se aplica aproximadamente durante 30 segundos para limpiar la superficie y disolver los minerales. Debido a que la disolución por el ácido es diferente para los diferentes componentes de la estructura adamantina, en especial los prismas y la sustancia interprismática, se crea una superficie con topografía desigual o rugosa, que favorece la retención de la resina, que forma la interface entre el diente y el AO. Sin embargo, la técnica de grabado con ácido fosfórico remueve de manera irreversible varios micrones de superficie del esmalte, aunque no con una profundidad uniforme. Las modificaciones en la estructura del esmalte se pueden observar microscópicamente hasta de 100 a 200 micras, dependiendo del tiempo de grabado y las variaciones en la calcificación de los diversos dientes.



Fotografía 4, Superficie del esmalte grabado, vista al microscopio electrónico.

Ogaard², en una revisión bibliográfica de este tema, recién publicada, afirma que la pérdida de esmalte debido a los procesos de adhesión y retiro de los AO es relativamente baja, cuando se compara con el grosor total del esmalte que es de 1500 μ a 2000 μ (micras). Sin embargo también menciona que es más importante la resina adherida que persiste en la superficie del esmalte después de que se desprenden los aditamentos ortodónticos, pues este material puede penetrar hasta 20 μ micras dentro del esmalte y quedar ahí atrapada, aún después de retirar los excedentes teniendo el riesgo de que se produzcan cambios de

color, con el consecuente efecto antiestético. Por último explica que existen pocas investigaciones disponibles que hayan estudiado el efecto a largo plazo de estos residuos sobre el esmalte.

En la actualidad el uso de aditamentos ortodónticos estéticos ha aumentado debido a varias razones. Una es por el incremento de pacientes adultos que solicitan este servicio especializado, la otra razón es por los cambios en los paradigmas de la estética de los dientes que lleva a tratar de mostrar la mayor naturalidad en los dientes, aún cuando se utilicen aditamentos ortodónticos. De esta manera se han estado desarrollado aparatos y materiales estéticamente

CONCEPTOS GENERALES

Dado que en este trabajo se emplea terminología especializada, en esta sección son definidos algunos conceptos generales.

Flexibilidad

Es la capacidad de un material en tensión de volver a su estado original cuando se elimina la fuerza.

$$\text{Fuerza} / \text{Superficie}$$

Elasticidad

A medida que aumenta el espacio interatómico incrementa la energía interna. En tanto que la tensión no sea mayor que el límite proporcional esta energía se denomina elasticidad.

Resilencia

Es la propiedad que tienen ciertos cuerpos de absorber las fuerzas que los deforman

Resistencia

Es la tensión necesaria para causar fractura o una cantidad específica de deformación plástica.

Límite elástico

Cuando se ejerce una pequeña tracción en un alambre, la deformación que presenta le permite al alambre recuperar su longitud original al eliminarse la carga.

Límite proporcional

Cuando se aplica una carga a un cuerpo en pequeños incrementos hasta que se rompa.

Ductibilidad

Representa la capacidad de un material para mantener larga deformación permanente bajo carga elástica sin rotura. Propiedad para hacer hilos.

Maleabilidad

Capacidad de un material para mantener deformación permanente considerable sin rotura bajo compresión; como es la capacidad de un material en tensión de volver a su estado original cuando se elimina la fuerza.

Fuerza / superficie

Dureza

Es la cantidad de energía de deformación elástica y plástica requerida para fracturar un material y es una medida de la resistencia a la fractura.

Fragilidad

Es la incapacidad relativa de un material para mantener la deformación plástica antes que ocurra la fractura

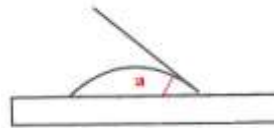
Cohesión

Se denomina cohesión a la unión de 2 materiales de la misma naturaleza por fuerzas de interfase.

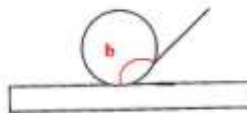
Adhesión

Se refiere a cualquier mecanismo que se emplea para mantener partes en contacto. De acuerdo a esto la adhesión puede ser física ó química. La adhesión física o mecánica no existe como tal, lo que sí existe es una retención mecánica. La adhesión se refiere a una unión física. Cuando hay unión mecánica se habla de fricción (ejemplo, el roce de las ruedas sobre el pavimento). La retención se debe a un efecto geométrico (se retiene más cuando una cavidad es más profunda que ancha) y a otros reológicos (propiedad de algunos cementos que al fraguar se contraen y se unen a las irregularidades de una cavidad).³

- En la adhesión física las partes se mantienen en contacto por la penetración de una de las partes sobre la otra, ya sea microscópicas o macroscópicas, naturales ó inducidas.

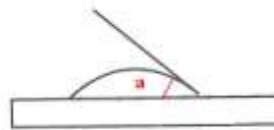


- En la adhesión química intervienen uniones iónicas y/o covalentes, para mantener las partes unidas.

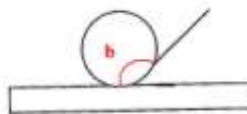


En todo fenómeno de adhesión, ya sea físico ó químico el operador debe tratar que las partes a unir estén en íntimo contacto. Si el sistema de adhesión es un líquido y el sustrato a unir es un sólido. Se debe tener en cuenta dos factores:

1. La energía superficial del sólido: La energía superficial: los átomos y las moléculas se unen para constituir un sólido; tanto átomos y moléculas se atraen entre sí, si bien todos tienen un vecino para atraer, en la superficie de sólido no sucede así, ejerciendo una fuerza de atracción llamada energía superficial. No hay duda de que los materiales con mayor energía superficial producen fuerzas de unión más fuerte y viceversa.
2. La capacidad de humectancia de un líquido (agente de enlace): capacidad de un líquido de mojar una superficie. Y se verifica por el ángulo de contacto que sucede entre la fase líquida y sólida. Si el ángulo de contacto es bajo (a) la capacidad de humectancia es mayor y por lo tanto existe un contacto íntimo entre ambos sustratos.



Si el ángulo de contacto es mayor (b), veremos una capacidad de humectancia más restringida y por lo tanto una menor fuerza de unión entre ambos sustratos.



El estudio de las propiedades mecánicas no se refiere a analizar el porqué ante una fuerza un cuerpo se mueve. Lo que interesa es el comportamiento de la estructura interna del material ante la acción de una fuerza. En general estas fuerzas externas actúan en el cuerpo y producen modificación en la posición de los átomos, lo que lleva a un cambio de forma o *deformación* o *deformación mecánica*.

Estos átomos o moléculas tienden a mantener constantes la ubicación relativa y la distancia entre ellos, ya que existen fuerzas de cohesión que así lo condicionan; por tanto, al producirse la deformación se generan entre ellos fuerzas que se oponen a la acción de la carga; se dice entonces que como resultado de la deformación en el material se induce una *tensión* que se opone a las fuerzas externas.

Si la carga es mayor que la tensión, el cuerpo se rompe, se separan los átomos o moléculas. Las fuerzas dadas por estas uniones entre los átomos pueden ser sobrepasadas por la acción mecánica.

La tensión máxima que puede soportar un cuerpo se llama *resistencia* y está relacionada con las uniones químicas (las más fuertes son las uniones metálicas, después vienen las iónicas y las covalentes).

Una carga se puede aplicar a un cuerpo desde diferentes ángulos, lo que genera diferentes tensiones, y diferentes deformaciones y resistencias. Para su estudio se dividen en:

- Tensiones compresivas: se producen cuando se aplica fuerzas a lo largo de una recta dirigidas una hacia la otra, tratando de disminuir la longitud del cuerpo. Van siempre acompañadas de una deformación y resistencia compresiva.
- Tensiones traccionales: resultan de la aplicación de fuerzas a lo largo de la recta pero que tratan de aumentar la longitud del cuerpo. Van acompañada de deformación traccional o de elongamiento y una resistencia a la tracción o traccional.
- Tensiones tangenciales o de corte o de cizalla: dos fuerzas en diferentes sentido pero en direcciones próximas paralelas, que tienden a producir el desplazamiento de un segmento sobre otro: corte. Las tensiones y deformaciones que acompañan el proceso se denominan de corte o

tangenciales y la resistencia en esas condiciones se denomina resistencia al corte o tangencial.

- Tensiones complejas (ej.: flexural): es difícil inducir en un cuerpo una tensión única; en general se producen solo tensiones complejas. Por ejemplo, al estirar un lápiz, para hacerlo se presionan los extremos.

MEDICIÓN DE RESISTENCIA, TENSIÓN Y DEFORMACIÓN

LEY DE HOOKE

“Las tensiones inducidas son proporcionales a las deformaciones producidas hasta una tensión máxima que se denomina límite proporcional”³

Medir la resistencia de un material representa determinar cuál es la fuerza necesaria para romper un cuerpo construido con ese material. Para ello se confecciona un cuerpo llamado probeta y se lo somete a fuerzas progresivamente en aumento, hasta su ruptura. Así se obtiene la resistencia, pero esa cantidad de fuerza, que se mide en newton (N) está relacionada no solo con el tipo de material usado, sino también con el tamaño de la probeta. Por eso para poder comparar estos valores es necesario calcular la tensión, la cual expresa la resistencia en función de la superficie:

$$\text{Tensión (y resistencia)} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa (Pascal)}$$

$$\text{Deformación} = \frac{\text{Variación de longitud}}{\text{Longitud inicial}} = \frac{0,04 \text{ cm.}}{2 \text{ cm.}} = 0,02 = 2\%$$

El resultado se expresa en porcentaje.

La rigidez relativa de un material, la cual se mide por la curva de la región elástica del diagrama tensión-distensión es descrita como *MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG*.³

$$\text{Elasticidad} = \text{tensión} / \text{distensión}$$

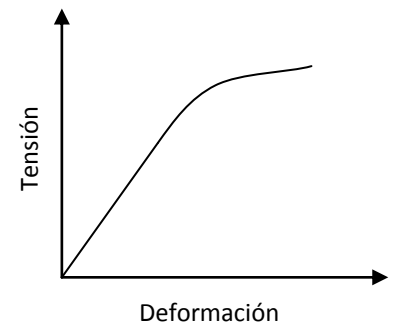
La deformación elástica se recupera por completo cuando se elimina la fuerza o cuando el alambre se fractura.

RELACIÓN ENTRE TENSIÓN Y DEFORMACIÓN

Al someter un cuerpo a una carga se produce una deformación que se puede graficar en una curva tensión-deformación.

Durante la aplicación de las primeras cargas, la deformación desaparece, pero pasando cierto límite el material no se recupera totalmente y permanece deformado.

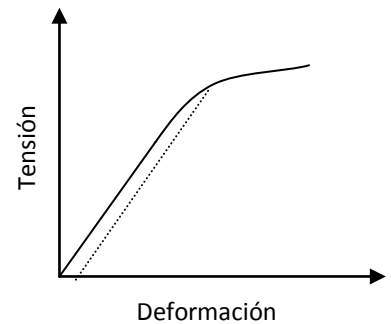
Cuando el material recupera totalmente la forma se dice que se ha comportado elásticamente; si no recupera totalmente su forma ha sufrido una deformación plástica.



Los valores de la primera porción de la curva son proporcionales. La máxima tensión que puede soportar un material sin deformarse plásticamente se llama límite proporcional (Ley de Hooke). Al perderse esta proporcionalidad la deformación aumenta a un ritmo más veloz, lo que en la gráfica se expresa con una curva.

Es importante conocer el límite proporcional de un material porque de esa manera se puede diseñar una estructura metálica de tal manera que las tensiones que sufra sean inferiores a ese límite.

- Límite elástico: en realidad es posible superar levemente el límite proporcional y obtener todavía un comportamiento elástico. La tensión máxima que se puede inducir sin producir deformación permanente es ligeramente superior al límite proporcional y se le denomina *límite elástico*. Sin embargo, como los dos valores son sumamente próximos e imposible en la mayoría de los casos de determinar independientemente, pueden considerarse sinónimos.
- Límite de cedencia o resistencia a la cedencia o a la fluencia. En algunos materiales muy dúctiles es muy difícil determinar el punto en que la recta se convierte en curva, casos en los que se ha aceptado determinar la tensión en la que se produce una deformación dada (por ejemplo, 0,2 %); a partir de este punto se traza una recta paralela a la parte recta del gráfico; el punto donde intercepta la curva permite conocer (leyendo en la ordenada) el límite de cedencia. Este límite es la tensión necesaria para producir en ese material una cierta deformación (0,2 %).
- Resistencia a la ruptura: es la tensión que produce la fractura del material. En la curva tensión-deformación, cuando un material es frágil, la línea se ve levemente curva; generalmente se consideran frágiles aquellos que se deforman plásticamente solo hasta un 5%. Materiales frágiles pueden tener diferente resistencia. El concepto de fragilidad indica escasez de deformación permanente; con un material de este tipo no puede obtenerse



un cuerpo deformándolo, ya que al intentar deformarlo lo único que se consigue es romperlo.

RIGIDEZ Y FLEXIBILIDAD

Al analizar la curva tensión deformación se pueden comparar propiedades entre un material y otro.

Dos materiales pueden soportar las mismas tensiones sin romperse (valor máximo en la ordenada) y tener igual límite proporcional, pero esa tensión límite proporcional puede producir deformaciones distintas. Aquél que alcance una mayor deformación dentro del límite proporcional se dice que es más elástico.

$$\text{Elasticidad (Mpa)} = \frac{\text{tensión (Mpa)}}{\text{deformación}}$$

Esto se puede cuantificar calculando los valores para el módulo de elasticidad o de Young. Este valor es constante mientras se cumple la ley de Hooke. Al ser la deformación el denominador, el módulo es una medida de la dificultad con que se deforma un material. Un material flexible tiene bajo modulo de elasticidad y la recta se aleja de la ordenada. En un material rígido la recta se acerca a la ordenada.

La máxima cantidad de deformación que puede sufrir un material hasta su límite elástico permite sacar conclusiones de su rigidez y flexibilidad.

TENACIDAD Y RESILIENCIA

Se refiere a la capacidad de absorción de energía por parte del material, ya sea por una fuerza constante o brusca.

- Tenacidad: energía que absorbe el material antes de romperse; viene dada por el área bajo toda la curva. Cuando se requiere mucha energía para romperlo, se dice que el material es tenaz. Es una característica de los materiales maleables y dúctiles; la energía puede ser devuelta parcialmente al retirar la fuerza. Ej.: cuando se tira una olla, se abolla.
- Resiliencia: es la energía que absorbe el material sin deformarse plásticamente; viene dada por el área bajo la zona elástica. Es la capacidad de almacenar energía, la que puede ser devuelta al retirarse la fuerza. Está directamente relacionada con el límite proporcional e inversamente con su módulo de elasticidad. Ej.: al tirar una pelota, absorbe la energía y la devuelve.

RÉGIMEN DE CARGA.

La velocidad con que se aplica una carga a un determinado material puede afectar sus propiedades mecánicas. Cuanto más rápidamente se aplica la carga, mayor será su límite proporcional y mayor su resistencia final. Ej.: Esto es importante al retirar el alginato, debe ser rápido.

ADITAMENTOS ORTODÓNTICOS (AO) ESTÉTICOS

Estos brackets son traslúcidos y se mimetizan con el color del diente, lo que hace que no sean tan evidentes a la vista.

Con los brackets estéticos se consigue un tratamiento ortodóntico igual que con brackets metálicos, ya que combinan la estética con o sin una ranura metálica para asemejarse a los brackets tradicionales.



Fotografía 5: Muestra aditamentos ortodónticos estéticos y metálicos

Los brackets estéticos están fabricados con bases para la micro retención, las cuales podrán ser de adhesión:

- Química,
- Mecánica
- Quimicomecánica.

Existen dos tipos de AO estéticos, los cerámicos y los de policarbonato, los primeros tienen mayor resistencia a la deformación o fractura, y muestran mayor adhesión, que puede provocar daños al esmalte cuando se desprende, mientras que los de policarbonato son más flexibles y resistentes.

BRACKET CERÁMICO

Los brackets cerámicos están fabricados en óxido de aluminio policristalino. Estos requieren de mayor cuidado al manejarlos debido a que suelen rayarse o fracturarse con mayor facilidad.

Todos los brackets cerámicos tratan sus bases con una película de silano para lograr retención sobre el esmalte dental (sin ese tratamiento sería imposible la adhesión de un bracket cerámico). Si el cemento hubiera quedado adherido a la base del bracket, se podrá intentar el cementado nuevamente (ya que el silano no ha sufrido contaminación). Pero si el cemento hubiera quedado en el diente y no en la base del bracket, ese bracket no es factible que pueda ser cementado de nuevo.



Fotografía 6: Ejemplo de aditamentos ortodónticos estéticos cerámicos.

Nishio y col.⁴ presenta la siguiente clasificación de AO estéticos

		Angulación		
Aditamento Ortodóntico	Características	Tip	Torque	Nombre comercial (fabricante)
Cerámico	Slot cerámico slot (cer)	0	0	Transcend 6000 (3M Unitek, Monrovia, Calif)
	Slot de Acero (cer/ss)	0	0	Clarity (3M Unitek)
	Slot oro (cer/gold)	+ 5	+ 12	Luxi II (Rocky Mountain Orthodontics, Denver, Colo)
Polycarbonato	Slot Polycarbonato (poly)	+ 5	+ 12	Blonde (GAC International, Bohemia, NY)
	Slot de Acero (poly/ss)	+ 5	+ 12	Elation (GAC)
	Slot cerámico con relleno de acero (poly/cer/ss)	+ 5	+ 14	Spirit MB (Ormco/A Company, San Diego, Calif)

Durante la década de 1970, se empezaron a comercializar los AO de policarbonato como una alternativa estética de los AO metálicos. Sin embargo, estos primeros tipos de aditamentos tenían el inconveniente de que se deformaban fácilmente y se decoloraban. Entonces se modificaron los “slots” reforzándose con metal y rellenos de cerámica. A mediados de 1980, los AO monocristalinos y policristalinos de zafiro fueron muy utilizados pues, a diferencia

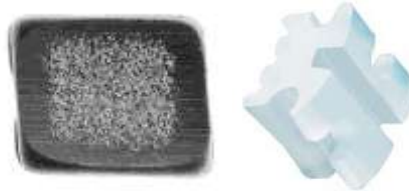
de los AO de policarbonato, resisten las manchas, distorsiones en el slot, y son químicamente inertes a los fluidos gástricos en el caso de ser ingeridos. Sin embargo, también se hay reportado algunas desventajas asociados con los AO cerámicos, como son la incapacidad para formar enlaces químicos con los adhesivos, baja resistencia a la fractura, es decir, la fragilidad que puede hacer que se quiebren, y que presentan aumento en la resistencia a la fricción entre los arcos de metal y el slot.⁵



Fotografía 7: Ejemplo de bracket "plástico".

Faltermeier recientemente menciona que en 1997 aparecieron los AO "plásticos", compuestos de polímeros (poliximetileno), como una alternativa a los AO cerámicos que son frágiles, dañan el esmalte cuando son retirados y producen desgaste de la superficie del esmalte de los dientes antagonistas. Estos AO plásticos se han fabricado en primera instancia a partir del policarbonato, y que ahora también existen de poliuretano y polioximetileno, materiales que antes de ser introducidos como aditamentos para tratamientos ortodónticos fueron usados en tanques de combustible, válvulas de cierre. Una de sus ventajas, dice el referido autor, es que son fácilmente desprendibles, de forma similar a los AO metálicos comunes.^{6, 7}

La base "Quadra-Matte™" permite un potente cementado en la zona central del bracket que lo mantiene en posición, y un cementado más débil en los bordes de la base para permitir un fácil descementado



Fotografía 8: Bracket Quadra-Matte

BRACKET DE POLICARBONATO REFORZADO O DE PLÁSTICO

El bracket está formulado con policarbonato con fibras cerámicas largas, que incrementan su resistencia a la tensión en 42%.

- Su superficie lisa, resiste manchas y reduce fricciones.
- Adhesión por traba mecánica. No requiere silano ni adhesivos especiales.
- La base Microrock provee máxima fuerza en la adhesión.



Fotografía 9: Ejemplo de brackets de policarbonato.

POLICARBONATO DEL COLOR DEL DIENTE

- Alto efecto estético.
- El policarbonato (composite) transparente, reforzado con fibra de vidrio, hace que el bracket sea casi invisible. Esto significa en la práctica: ningún tipo de restricciones para el paciente en el efecto estético.
- Innovadora estructura de la base.
- Excelentes propiedades de adherencia



Fotografía 10: Bracket de policarbonato.

Guan y col. Estudiaron la fuerza requerida para retirar los AO estéticos de cuatro diferentes compañías, (Espíritu, Espíritu MB, Clear y Estética-Line), encontrando que la fuerza de adhesión de este tipo de brackets fue menor que la observada en el grupo control cuya maya de retención era metálica. El promedio de fuerza utilizada fue de entre 3 a 6 MPa.⁸

Como puede apreciarse en la anterior revisión de la bibliografía es muy importante tener claro el comportamiento de los aditamentos ortodónticos estéticos, en especial aquellos que se utilizan en la práctica en nuestro medio, debido a que no existen datos actuales que nos orienten sobre la mejor elección en nuestros tratamientos ortodónticos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVO

El objetivo general de esta investigación fue el de comparar la resistencia a las fuerzas de cizalla y el adhesivo remanente sobre el diente tras el descementado de brackets estéticos.

Los objetivos particulares fueron:

1. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía American Orthodontics adheridos con la resina 3M mediante la utilización de la maquina Instron.
2. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía GAC adheridos con la resina 3M mediante la utilización de la maquina Instron.
3. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía Masel adheridos con la resina 3M mediante la utilización de la maquina Instron.
4. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía American Orthodontics adheridos con la resinaOrmco mediante la utilización de la maquina Instron.
5. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía GAC adheridos con la resinaOrmco mediante la utilización de la maquina Instron.
6. Establecer la fuerza de adhesión de los AO estéticos de la compañía Masel adheridos con la resinaOrmco mediante la utilización de la maquina Instron.
7. Determinar la influencia del proceso de termociclado en la adhesión de los AO estéticos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la fuerza requerida para desprender los AO estéticos de las compañías American orthodontics, GAC y Masel adheridos con las resinas 3M yOrmco de haber sido procesados por medio del termociclado que simula la permanencia en boca durante 1 año?

JUSTIFICACIÓN

El tratamiento ortodóntico a través del tiempo se ha modificado paulatinamente. Hace varias décadas se utilizaban bandas con brackets soldados a ellas incluso en los dientes anteriores, para cambiar las técnicas sustancialmente con la aparición del grabado del esmalte y la adhesión de AO metálicos más estéticos, llevando en la actualidad, al desarrollo de los aditamentos estéticos que cada vez son más solicitados por los pacientes.

Esta demanda ha producido la aparición de muchos tipos de estos brackets, que no siempre pueden tener los estándares mínimos de calidad, por lo que su utilización puede comprometer el resultado de los tratamientos ortodónticos.

Es por esto que resulta necesario realizar este tipo de investigaciones que pretenden ahondar en las características de los materiales que están disponibles en el mercado, para utilizarlos con seguridad en los pacientes.

METODOLOGÍA

TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio es prospectivo, experimental, comparativo.

MATERIALES Y EQUIPO

Para realizar la presente investigación se utilizó lo siguiente:

1. 60 premolares humanos extraídos básicamente por indicación de tratamiento de ortodoncia.



2. Brackets estéticos (plásticos) para premolares de las siguientes marcas:
 - a. American Orthodontics™
 - b. GAC™
 - c. Masel™



3. Sistemas de adhesivos:

a.Ormco

Set de 4 jeringas de 4 gr. c/u y Enlight unidosis con 60 cápsulas, más accesorios Enlight

Características: Es un sistema de adhesivo de fotocurado de fácil colocación y limpieza, confiere protección para el paciente con disminución de consultas por emergencia, comodidad y seguridad en el tratamiento.

Tiene una mayor adhesión, mejor comportamientos en ambientes húmedos y liberación de fluoruro BP3.

Enlight continuará su curado aún en ausencia de luz, lo cual asegura un curado completo y por lo tanto la adhesión más firme.

Enlight LV, que tiene el Sistema de unidosis de más baja viscosidad.



b. 3M

Marca: 3M ESPE

Ref. Fabricante: 712-080

Familia: ORTODONCIA

Subfamilia: Adhesivos Ortodoncia Fotopolimerizables

Presentación: Estuche

Contenido: 2 Jeringas x 4 g. + 6 ml. Primer y accesorios.

Características: Composite ortodóntico monocomponente fotopolimerizable.

Indicado para la adhesión de brackets de metal y cerámica.



4. Acido fosfórico al 37% Eco Etch de la marca *Ivoclar Vivadent, Liechtenstein Alemania.*



5. Agua natural.



6. Agua para inyectables



7. Pinceles



8. Pasta profiláctica sin flúor



9. Cepillos de profilaxis.



10. Pieza de mano de baja velocidad.



11. Posicionador de brackets *de la marca LEONE*. (4-4.5mm).



12. Explorador dental.



13. Acrílico autopolimerizable de varios colores la marca *Nictone*.



14. Loseta de vidrio



15. Godete



16. Espátula



17. Vaselina



18. Recipientes de plástico (para guardar las muestras en la estufa incubadora).



EQUIPO

1. Pinzas para colocación de brackets de la marca *ORMCO*.



2. Cronómetro



3. Lámpara LED (Blue Phase C8 Ivoclar Vivadent a 600 nW.)



4. Radiómetro de curado (*Demetron Kerr USA.*)



5. Anillos de PVC de 2.5cm de diámetro interno.



6. Módulos elastoméricos de la marca GAC.



7. Alambre 16x22 de acero.



8. Pinzas Mathieu. (ORMCO)



9. Estufa de temperatura controlada a 37°C.



10. Máquina de termociclado.



11. Máquina Instron 5567 Metrolab SA. De C.V. Canton MA: EE.UU. (Cizalla).



12. Balanza analítica



13. Vernier electrónico (Calibrador Pie D Rey Caliper Digital D 30cm/12pulg)



14. Microscopio óptico 2348



15. Cámara fotográfica



MÉTODO

OBTENCIÓN Y ALMACENAMIENTO

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de investigación de Materiales dentales de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología de la UNAM.

Los 60 premolares fueron extraídos por requerimiento del tratamiento de ortodoncia en pacientes que acudieron a la clínica de Ortodoncia de Naucalpan con edad de entre 15 y 30 años, que estuvieran libres de caries o restauraciones extensas, que no presentaran fisuras importantes que pudieran intervenir con la adhesión.

Una vez coleccionados los dientes se colocaron al chorro del agua para remover los restos de tejido, ayudados con una gasa, posteriormente se depositaron en un recipiente con agua en un lugar oscuro a temperatura ambiente previo al experimento, el agua se cambió cada semana para evitar acumulo de microorganismos y malos olores. Previo a la cementación se les amputaron 1/3 de la superficie radicular a fin de poder manipular las muestras para su colocación en los anillos de PVC.

ADHESIÓN

El proceso tradicional de cementado de los brackets al esmalte con resinas de composite requiere de una serie de pasos intermedios. En primer lugar, la superficie del esmalte se pule con pasta de pulido, posteriormente se graba con ácido fosfórico al 37% de 15 a 30 segundos. Transcurrido este tiempo se lava abundantemente con agua y se seca hasta observar el característico color blanco tiza del esmalte grabado. Seguidamente se procede a pincelar el esmalte con un agente adhesivo, tras lo cual se aplica la resina de composite a la base del bracket, se coloca el bracket en el diente y se procede a la polimerización.

Los dientes se dividieron en seis grupos:

- I. AO estéticos de la compañía American Orthodontics adheridos con la resina 3M.
- II. AO estéticos de la compañía Borgatta adheridos con la resina 3M.
- III. AO estéticos de la compañía Masel adheridos con la resina 3M.
- IV. AO estéticos de la compañía American Orthodontics adheridos con la resinaOrmco.
- V. AO estéticos de la compañía Borgatta adheridos con la resinaOrmco.
- VI. AO estéticos de la compañía Masel adheridos con la resinaOrmco.

MONTAJE DE LAS MUESTRAS

Los brackets se cementaron a la superficie vestibular de los premolares siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante para cada producto.

Una vez realizado el cementado de los diferentes aditamentos ortodónticos estéticos, se procedió a colocar los premolares en los anillos de PVC; para poder colocar el diente de manera que sólo quede descubierta la superficie bucal de la corona del diente donde se ubicara el bracket, sin permitir que elacrílico tocara la superficie del bracket cementado.

A cada muestra se le asignó un número consecutivamente de acuerdo al orden en el que fueron cementados y se colocaron en un recipiente de plástico con agua para su almacenamiento en la estufa de temperatura controlada a 37°C durante 24 hrs.



Ya montados todos los dientes fueron sometidos a 167 ciclos con duración de 60 segundos cada uno, en una máquina de termociclado que simula su presencia en boca durante un año.

Ésta máquina consta de dos tinas, una con agua para inyectables (libre de sales con pH neutro y estéril) a una temperatura de 5°C y otra con temperatura de 55°C; seis contenedores cilíndricos perforados en los que colocan las muestras, lo cual permite el paso de agua hacia estas en ambas tinas, de esta manera se simulan los cambios de temperatura que se presentarían en promedio durante un año en la boca.

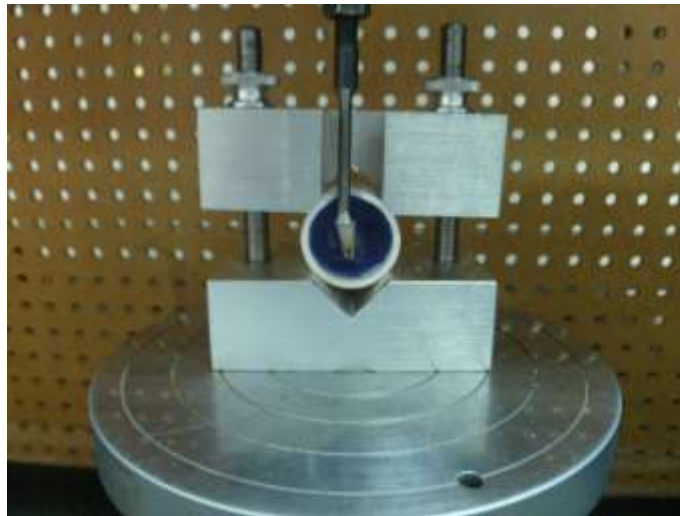


PRUEBA DE DESPRENDIMIENTO

Pasadas las 24 horas, los especímenes fueron sometidos a las pruebas de desprendimiento en la máquina Instron 5567 Canton MA. USA, del laboratorio de materiales dentales de la Facultad de Odontología de la UNAM, con una velocidad de carga de 1 mm / seg.^{ix}

Para ello se fijó cada muestra en un soporte de aluminio de modo tal que el bracket montado quedara paralelo a la dirección de la carga; de la parte superior de la maquina Instron emerge una barra de acero que es la que aplica la carga produciendo una fuerza de corte en la interfase bracket -diente hasta que ocurra

el desprendimiento. Se montaron de modo que la terminación afilada del vástago metálico incida en la zona entre la base y las aletas del bracket, ejerciendo una fuerza paralela a la superficie del diente en dirección ocluso-apical. Los resultados de cada prueba se registraron por el equipo que está conectado electrónicamente a la máquina de pruebas que calcula la máxima tensión aplicada la cual es medida en Newtons (N), y al dividirla por el área del bracket se obtuvo la fuerza de adhesión en Megapascales ($\text{MPa}=\text{N}/\text{mm}^2$).



El área de cada bracket fue determinada a través de una proporción de área-peso con una lámina de aluminio de 2cm x 2cm pesada en una balanza analítica como proporción base. Se adosó en las bases de los brackets lámina de aluminio, se recortó y se midió con un vernier electrónico, y por medio una regla de tres se determinó el área de la base de cada bracket.

ESCALA A.R.I.

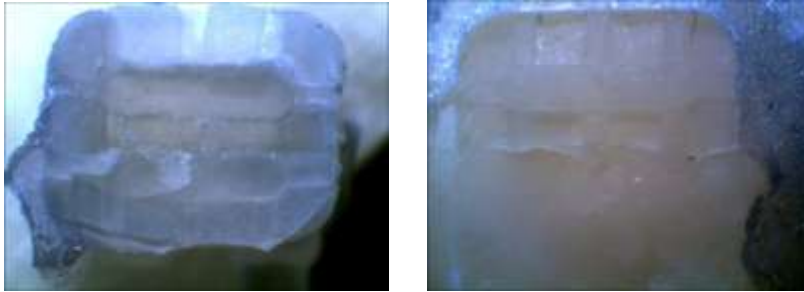
Posteriormente se observó bajo microscopio óptico cada uno de los especímenes para valorar los patrones de fractura según el índice A.R.I. modificado de Álvarez y Barceló con la finalidad de observar la cantidad de adhesivo remanente en la base del bracket; tales patrones serian para ver el tipo de falla si bien fue en la interfase adhesivo-esmalte, adhesivo-bracket o adhesivo-adhesivo.

REGISTRO	DESCRIPCIÓN	INTERFASE DE DESPRENDIMIENTO FALLA
0	NINGÚN remanente de adhesivo dejado en la base del bracket.	Falla adhesiva en el bracket(adhesión sobre el bracket)
1	MENOS DE LA MITAD del adhesivo dejado en la base del bracket.	FALLA cohesiva
2	MAS de la mitad del adhesivo dejado en la base del bracket.	FALLA cohesiva
3	TODO el adhesivo dejado en la base del bracket.	FALLA adhesiva en el diente(adhesión sobre el diente)

Fotografías 11y 12: Ejemplo de “valor 0 asignado en escala ARI”. NINGÚN remanente de adhesivo dejado en la base del bracket.



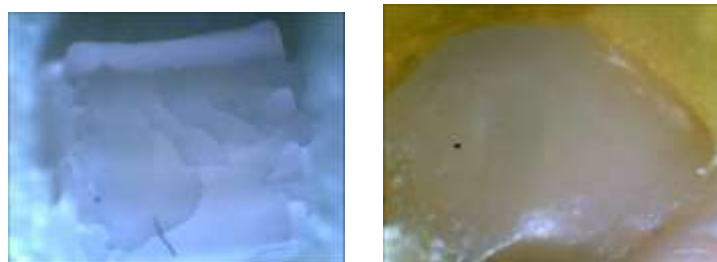
Fotografías 13 y 14: Ejemplo de “valor 1 asignado en escala ARI”. MENOS DE LA MITAD del adhesivo dejado en la base del bracket.



Fotografías 15 y 16: Ejemplo de “valor 2 asignado en escala ARI”. MAS de la mitad del adhesivo dejado en la base del bracket.



Fotografías 17 y 18: Ejemplo de “valor 3 asignado en escala ARI”. TODO el adhesivo dejado en la base del bracket.

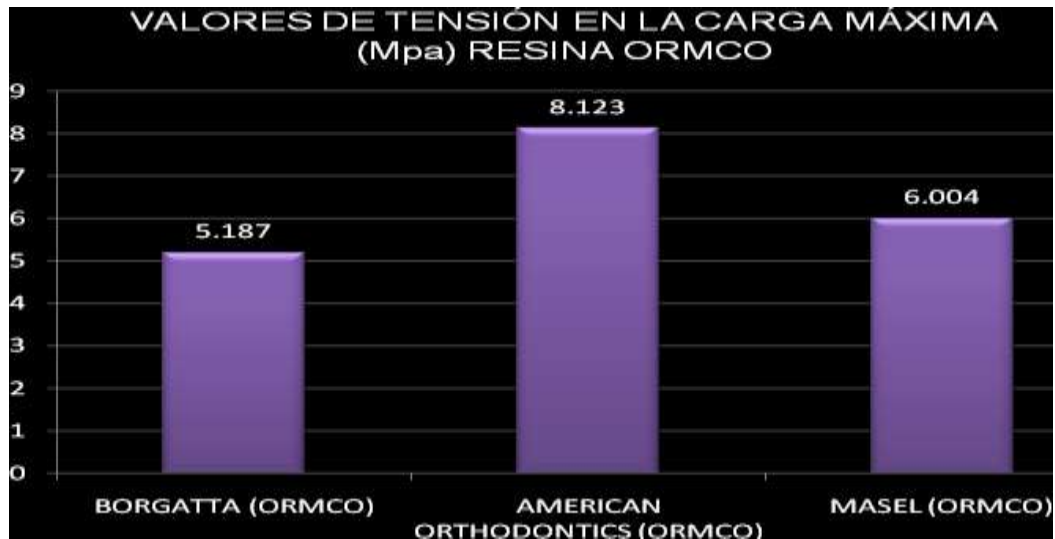


RESULTADOS

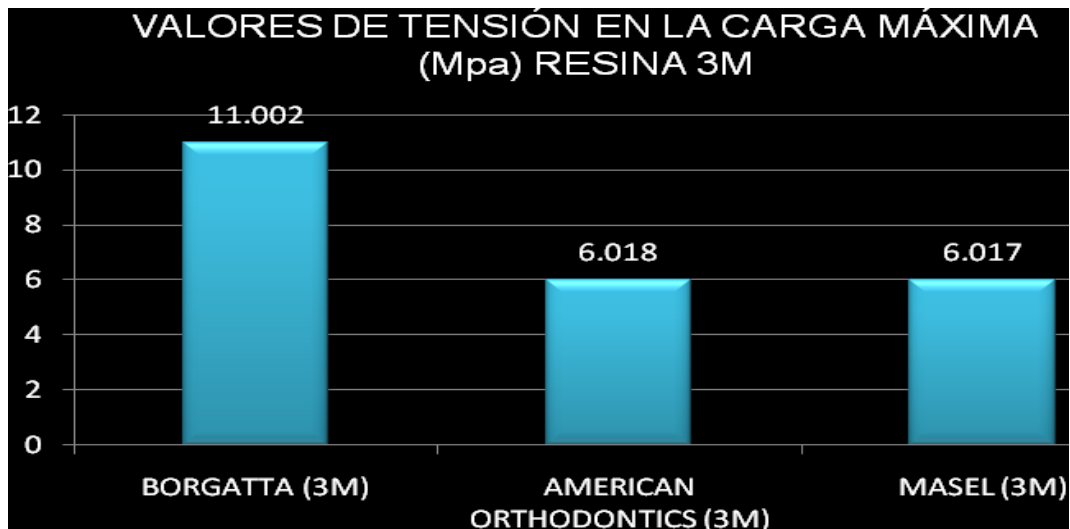
Los resultados fueron clasificados de la siguiente manera:

1. Correspondientes a la fuerza de cizalla.
 - a. ResinaOrmco.
 - Brackets Borgatta.
 - Brackets American Orthodontics.
 - Brackets Masel.
 - b. Resina 3M.
 - Brackets Borgatta.
 - Brackets American Orthodontics.
 - Brackets Masel.
2. Correspondientes a escala A.R.I.
 - a. ResinaOrmco.
 - Brackets Borgatta.
 - Brackets American Orthodontics.
 - Brackets Masel.
 - b. Resina 3M.
 - Brackets Borgatta.
 - Brackets American Orthodontics.
 - Brackets Masel.

Gráfica 1: Muestra los valores promedio obtenidos de las muestras con resina ORMCO con Brackets de la marca Borgatta, Masel y American Orthodontics. Correspondiente a la fuerza de cizalla en mega pascales (MPa).



Gráfica 2: Muestra los valores promedio obtenidos de las muestras con resina 3M con Brackets de la marca Borgatta, Masel y American Orthodontics. Correspondiente a la fuerza de cizalla en mega pascales (MPa).



Gráfica 3: Muestra los valores promedio obtenidos de las muestras con resina Ormco Y 3M con Brackets de la marca Borgatta, Masel y American Orthodontics. Correspondiente a la tensión en la carga máxima de la fuerza de cizalla en mega pascales (MPa).



Se realizó un análisis de varianza unidireccional (one way) para comparar los tres distintos brackets con resina 3M resultando una diferencia significativa entre los tres grupos al 0.5.

Cuando se individualizaron los datos observamos que los brackets de Masel y American Orthodontics con resina 3M tuvieron un comportamiento similar entre ellos, no habiendo diferencias significativas.

Al comparar los brackets de Borgatta contra American Orthodontics, existe una diferencia significativa de 99.4 con 0.001 de confiabilidad.

Con respecto a los brackets de Borgatta contra Masel la diferencia significativa es de 99.8 y 0.001 de confiabilidad.

En el caso de la evaluación de la resina Ormco, cuando se aplicó la misma prueba de Anova, los resultados muestran que no existen diferencias significativas, interpretándose, de acuerdo a esta prueba, como que los grupos son homogéneos.

Para determinar las diferencias en la adhesión de las dos resinas (Ormco y 3M), con los distintos tipos de brackets se aplicó la t student.

En el caso de los aditamentos de Borgatta, si hubo diferencia significativa al 99.7 de confianza (al 0.001), con un valor de t de 3.

Para los brackets de American Orthodontics, la probabilidad de diferencia significativa fue de 78.5, y para los aditamentos Masel la probabilidad fue de cero, por lo que en ambos no hubo diferencia significativa.

RESULTADOS ESCALA A.R.I.

Con respecto a A.R.I. los resultados son en promedio cercanos a 1, de acuerdo a la escala universalmente reconocida, lo que significa que menos de la mitad del adhesivo permaneció en la base del bracket al ser sometido a la fuerza de cizalla.



Fotografías 13 y 14: Ejemplo de "valor 1 asignado en escala ARI"

Se aplicó la prueba t de student para establecer si los distintos tipos de bracket y las dos resinas tenían influencia sobre la cantidad de resina remanente. Se observó que no existe diferencia significativa en ningún caso, es decir, ni el tipo de bracket ni la resina influyó sobre la cantidad de resina remanente.

Tabla 1: Valores de escala A.R.I. asignados a cada muestra.

MUESTRA	BORGATTA ORMCO	AMERICAN ORTHODONTICS ORMCO	MASEL ORMCO	BORGATTA 3M	AMERICAN ORTHODONTICS 3M	MASEL 3M
1	2	2	2	0	0	0
2	0	1	2	0	3	0
3	2	0	2	Excluído	Excluído	0
4	1	3	0	1	1	0
5	2	1	2	0	0	1
6	1	2	3	1	Excluído	0
7	0	0	2	2	2	0
8	Excluído	1	0	0	0	1
9	Excluído	0	0	0	0	0
10	Excluído	2	0	0	1	1

Por otro lado, para establecer la posibilidad de diferencia significativa entre los tres grupos de brackets, al utilizar la resinaOrmco, se aplicó la prueba de Anova, mediante la cual se corroboró que no hay diferencia significativa. Así mismo, en los grupos correspondientes a resina 3M se presentó la misma situación.

DISCUSIÓN

Esta investigación se centró en la fuerza de adhesión de los aditamentos ortodónticos y el remanente de resina que permanece en las superficies de los dientes, dado el auge del uso de este tipo de aditamentos y que en el mercado nacional se ofrece una gran diversidad de este tipo de brackets que resulta necesario conocer sus condiciones físicas y de comportamiento.

El método de estudio seleccionado fue el de la valoración de la resistencia a la fuerza de cizalla, mediante uso de la maquina universal de pruebas “Instron”, que es una metodología ampliamente reconocida. Además se valoró el remanente de resina que permanecía tanto en la superficie de los dientes como en los brackets, mediante el análisis ARI.

Como se mencionó en el método se utilizaron tres marcas diferentes de aditamentos estéticos y dos marcas de resina. El análisis de los resultados muestra que la resistencia a la fuerza de cizalla con la resina marcaOrmco no hubo diferencias significativas, lo que quiere decir que las tres marcas de brackets (Borgatta, Masel y American Orthodontics), tuvieron un comportamiento similar. Por otro lado, con la resina 3M si hubo diferencias significativas en la resistencia a la fuerza de cizalla, sobresaliendo que la combinación de la malla de los AO marca Borgatta con esta resina tiene menor adhesión. Esto puede estar relacionado con la traba mecánica del propio bracket y con las propiedades físicas de la resina 3M. Las demás combinaciones entre resinas y AO estéticos tuvieron comportamiento similar.

Al analizar los resultados de la prueba ARI, los seis grupos de estudio fueron parecidos, es decir los remanentes de resina en la superficie de diente mostraron que las dos resinas funcionan de manera similar, independientemente del diseño de la zona de retención.

Al realizar esta investigación, se pudo notar que existen pocos estudios que nos permitan comparar los resultados obtenidos, ya que al revisar la literatura encontramos que la mayoría de estos fueron realizados con brackets metálicos.

Por todo lo antes expuesto, consideramos que los tres tipos de brackets estudiados son confiables para su uso clínico, en especial en cuanto a la adhesión con respecto a las resinas probadas. A pesar de que hubo diferencias en la combinación bracket Borgatta con resina 3M, esto no implica que no sea recomendable, pues en un estudio similar (Bishara S, y cols.), se observó que el promedio de resistencia a la fuerza de cizalla era de 3 a 6MPa y en este caso fue de 6MPa por lo que esta diferencia no es significativa⁸.

Recomendamos realizar futuros estudios bajo la misma metodología abarcando un mayor número de marcas de brackets, tanto como de resinas; para así poder obtener un mayor conocimiento de estos brackets tan aceptados y conocidos por los pacientes como por ortodoncistas.

BIBLIOGRAFÍA

¹ Simmekink James, Histology of enamel in oral development. James Averv editor. 2nd edition. Thieme Medical Publishers 1994. Pp 228-40

² Oggard B; Rolla G; Arends J. orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. AM. J. Orthod Dentofacial Orthop 1988; 94:68-73 / Oggard B; Rolla G; Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesions. AM. J. Orthod Dentofacial Orthop 1988; 94: 123-28

³ Chang Raymond, Química General, 6a edición, 2004, McGraw Hill; Cap 1 Las herramientas de la Química 7-26, Cap. 25 Plímeros orgánicos sintéticos y naturales 1023-45.

⁴ Nishio C, Moraes A, Mendes A, Oliveira MA, Tanaka E, Tanne K Elias Ca. Evaluation of esthetic brackets' resistance to torsional forces from the archwire Am JOrthod Dentofacial Orthop 2009;135:42-8

⁵ Bishara S, Olsen M, Von Wald L Evaluation of debonding characteristics collapsible ceramic bracket of a new collapsible ceramic bracket Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 112:552-9.

⁶ Faltermeier A, Rosentritt M, and Reicheneder C, Müssig D. Experimental composite brackets: Influence of filler level on the mechanical properties. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;130: 699.e9-699

⁷ Faltermeier A, Rosentritt M, Reicheneder C, Müssig D. Experimental composite brackets: Influence of filler level on the mechanical properties part 2. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;130: 699.e9-699.e14

⁸ Bishara S, Olsen M, Von Wald L Evaluation of debonding characteristics collapsible ceramic bracket of a new collapsible ceramic bracket Am J Orthod Dentofac Orthop 1997;112:552-9.

^{ix}. (International Organization for Standardization. Dental materials-guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland 1994;ISO TR 11405).