



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Ortodoncia

Eficacia del óxido de aluminio en la resistencia a la fuerza de cizallamiento en brackets metálicos.

Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Especialidad en Ortodoncia

Presenta:
L. O. Alejandra Berenice García Barrera

Dirigido por:
C. D. E. O. Gissela del Sagrario Serrano Hernández

CDEO Gissela del Sagrario Serrano Hernández
Presidente

Firma

M. en E. Óscar Gabriel Lozano Torres
Secretario

Firma

Dra. en C. Aidé Terán Alcocer
Vocal

Firma

CDEO Elisa Ascencio Renteria
Suplente

Firma

CDEO Jesús Edgar Mandujano Pérez
Suplente

Firma

Dra. Ma. Guadalupe Zaldívar Lelo de Larrea
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Marzo 2018.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue el de realizar una comparación de dos grupos de brackets metálicos American Orthodontics (AO) de base de 12mm^2 aproximadamente cada uno, al ser debondeados con la máquina universal de prueba Instron. Se obtuvieron 40 premolares extraídos por motivos ortodóncicos, los cuales se dividieron en 2 grupos de 20 cada uno de forma aleatoria. El grupo 1, fue de los brackets nuevos AO adheridos al esmalte dental y el grupo 2 fue el de los brackets AO debondados y posteriormente arenados con micropartículas de 50 micrones de óxido de aluminio hasta eliminar completamente los restos de resina apoyándonos con el flameado de la base del bracket, para después ser debondeados nuevamente. Se realizó entonces el desprendimiento de los brackets con la máquina universal de prueba Instron paralelamente entre la superficie de unión de la base del bracket y esmalte dental de cada uno de los premolares, los cuales fueron previamente acondicionados para su proceso de adhesión en cada uno de los 2 grupos y fueron embebidos en un molde con acrílico autocurable para su manipulación en la maquina universal de prueba Instron. Los resultados obtenidos para la prueba de cizalla en Mpa se analizaron presentando diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p < 0.0025$ usando el software estadístico GraphPath Prism 5.0. Concluyendo de esta manera que el uso de brackets arenados promueve el debondeo más fácil de brackets, debido a que opone menor fuerza de adhesión, a diferencia de cuando se bondea un bracket nuevo en la superficie del esmalte dental.

(**Palabras clave:** Brackets debondeados, brackets arenados, óxido de aluminio, máquina universal de prueba Instron, resistencia al cizallamiento).

SUMMARY

The objective of the study was to make a comparison of the groups of metal brackets American Orthodontics (AO) of base of approximately 12mm² each one, when being debonded with the universal machine of test Instron. We obtained 40 premolars extracted for orthodontic reasons, which were divided into 2 groups of 20 each one randomly. Group 1 was of the new AO brackets adhered to the dental enamel and group 2 was that of the AO brackets beveled and subsequently sandblasted with 50 micron microparticles of aluminum oxide until the resin residues supported by the flaming of the base of the bracket, to be debunked again later. The disassembly of the test machine was then carried out with the universal test tool. It was applied in parallel between the surface of the union of the base of the support and the dental enamel of each of the premolars, they were installed for their adhesion process in each one. the 2 groups and were embedded in a mold with self-curing acrylic for handling in the Instron universal test machine. The results obtained for the shear test are statistically significant with a value of $p < 0.0025$ using the statistical software GraphPath Prism 5.0. Concluding in this way that the use of braced sandblasting promotes the easier unlocking of brackets because it opposes less adhesion strength, a difference from when a new bracket is placed on the surface of the tooth enamel.

(Keywords: Deboned brackets, sandblasted brackets, aluminum oxide, Instron universal test machine, shear bond strength).

A Dios y a mi familia hermosa, por siempre gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Luis García y Palmira Barrera, mis padres, de quienes siempre tengo su amor y apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida así como lo tuve para la conclusión de mi grado de Especialista en Ortodoncia.

A mis hermanos, Julio, Ana y Diana, por su paciencia, apoyo y consejos.

A mis maestros por sus enseñanzas, confianza, consejos y su gran calidad como personas.

A mis amigos, consejeros y cómplices de muchas aventuras durante mi estancia de posgrado.

Al Dr. Miguel Ángel Escobedo Bretado y a la Universidad Juárez del Estado de Durango, por las facilidades que mediante convenio me permitieron realizar mis pruebas experimentales para mi investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), porque mediante su apoyo económico me fue posible concluir mi especialidad.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Revisión de la literatura.....	7
1.2 Planteamiento del problema.....	18
2. OBJETIVOS	
2.1 Objetivo general.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3. METODOLOGÍA	
3.1 Sujeto experimental.....	20
3.2 Métodos.....	20
3.3 Análisis estadístico.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Resultados.....	29
4.2 Discusión.....	31
4.3 Conclusión.....	33
5. REFERENCIAS	34

1. INTRODUCCIÓN

En ortodoncia, así como en otros campos dentales, hay una tendencia para simplificar los procedimientos técnicos para reducir el tiempo operativo y los costos de tratamiento. Antes de 1970, el tratamiento de ortodoncia con aparatología fija era realizado usando bandas de acero inoxidable las cuales eran cementadas en todos los dientes y luego los brackets eran soldados a las bandas (Gupta et al, 2017).

En 1968, se introdujeron poliacrilatos de zinc para la fijación de soportes a la superficie dental por Smith. Luego, las resinas de diacrilato se usaron como selladores y materiales adhesivos. Finalmente, la resina Bowen o bis GMA se introdujo como una parte básica de los modernos materiales compuestos con alta resistencia y gran reticulación para la fijación de los brackets a la superficie del esmalte (Heravi et al, 2006).

La técnica de bondeado directo en ortodoncia, el acondicionamiento ácido del esmalte y la aparición de las resinas de composite, fueron importantes desarrollos que trajeron definitivos cambios en la práctica ortodóncica. Históricamente Buonocore en 1955, mostró que el tratamiento de la superficie del esmalte con ácido fosfórico al 85% por 30 segundos mejoraba la adhesividad entre la superficie del esmalte y el material adhesivo (Prado et al, 2008).

La técnica de adhesión de brackets es una parte importante y rutinaria de la ortodoncia contemporánea, ya que proporciona la base para garantizar una fuerza controlada y la transmisión del torque desde el arco en los dientes (Knösel et al, 2009).

Para garantizar la reutilización de un bracket, es importante elegir un adhesivo adecuado y el instrumento adecuado para despegarlo. Los adhesivos de brackets actuales se basan principalmente en diacrilatos (Knösel et al, 2009).

La interfaz esmalte-adhesivo-bracket tiene que proporcionar dos aspectos importantes, la fijación confiable del bracket durante el tratamiento y también la

eliminación fácil y rápida después del tratamiento con la menor cantidad posible de daño a la superficie del esmalte (Knösel et al, 2009).

La presencia de manchas o puntos blancos alrededor de los brackets causada por la deficiencia en la higiene oral, así como la posibilidad del debondeo de los brackets durante el tratamiento de ortodoncia, estimuló el desarrollo de nuevos sistemas de adhesión que mostraron fuerzas mayores al esmalte, asociados con liberación de fluoruros (Prado et al, 2008).

Con el progreso tecnológico de los materiales ortodóncicos, ahora hay sistemas de adhesión que presentan una adhesividad más apropiada para soportar fuerzas masticatorias, ortodóncicas y en contacto con fluidos intraorales, permitiendo el control de los movimientos de los dientes en los tres planos del espacio: sagital, transversal y vertical (Prado et al, 2008).

Éstos hallazgos basados en la investigación, han llevado constantemente al desarrollo de nuevos materiales y técnicas que están destinados en la simplificación de los procedimientos clínicos. Varios estudios que involucran diferentes áreas dentales se han llevado a cabo desde el desarrollo del acondicionamiento del esmalte dental. Muchos autores han usado diferentes materiales y técnicas adhesivas con el objetivo de mejorar la duración de la adhesión y desarrollar accesorios de ortodoncia más adecuados (Phiton et al, 2007).

Además de los compuestos, los cementos ionoméricos de vidrio (GIC) son de uso común en ortodoncia. A diferencia de los adhesivos compuestos, no funcionan mediante el uso de retención mecánica sino mediante la interacción ácido-base entre GIC y el esmalte (Knösel et al, 2009).

Compton y colaboradores, informaron que el GIC fotocurado tenía una mayor fuerza de unión en comparación con el GIC químicamente endurecido y sugirió el uso de GIC con un acondicionamiento previo de la superficie del esmalte con un ácido débil para mejorar la cohesión como una alternativa a los compuestos de

ortodoncia convencionales. Sin embargo, estudios posteriores confirmaron la suposición de que los composites producen resistencias de unión significativamente más altas durante la fijación del bracket que el GIC fotocurado (Knösel et al, 2009).

Diferentes métodos para la preparación de la superficie del esmalte han sido evaluados para adhesión ortodóncica. El pre-tratamiento del esmalte es basado en el grabado con ácido fosfórico, como recomendó inicialmente Buonocore en 1995. El principal objetivo del grabado ácido, es incrementar el contacto de la superficie del esmalte y cambiar a una superficie hidrofóbica de baja energía a una superficie hidrofílica de alta energía (Pakshir et al, 2011).

A diferencia de la odontología restauradora, donde una restauración debe durar tanto como sea posible, los aditamentos en ortodoncia deben adherirse en los dientes aproximadamente dos años. No obstante, a pesar de ser transitoria la unión entre la base del bracket y la superficie del esmalte, ésta debe ser lo suficientemente fuerte para resistir tensiones, cargas y fuerzas masticatorias, (Achío, 2015).

Es así, que a pesar de la mejora significativa en la calidad de los adhesivos originales, más del 5-7% de las fallas de fijación de los brackets que se ven clínicamente, deben adherirse nuevamente. En algunos casos, se requiere reemplazar los brackets. Los médicos pueden elegir brackets nuevos o reciclados o reutilizar los brackets separados para volverlos a adherir a la superficie del esmalte (Heravi et al, 2006).

Cuando el bracket debondado (despegado) se encuentre en un estado adecuado para volverlo a colocar en el esmalte dental, se realiza un tratamiento químico o mecánico sobre su base, en la malla, se conoce con el nombre de rebondeo (Sharma-Sayal et al, 2003).

El debondado de la aparatología ortodóncica puede ocurrir en varias ocasiones, puede deberse al uso de fuerzas inapropiadas del paciente sobre la

aparatoología ortodóncica, o puede ocurrir por una pobre técnica de adhesión que hacen necesario recolocar el bracket debondeado, sólo si la malla de la base del bracket no esta distorsionada (Toroglu y Yaylali, 2008).

Otra posibilidad de debondeo es en el caso de que el ortodoncista quiera mejorar la posición del bracket para lograr los objetivos del tratamiento en alguna de las fases del mismo y así alcanzar el potencial completo del bracket sobre el diente y así de toda la aparatoología en conjunto (Sharma-Sayal et al., 2003).

En el tratamiento de ortodoncia, la falla adhesiva puede ocurrir en cualquier momento, pero la mayoría de las fallas ocurre durante el bondeado o en algún tiempo antes de la visita post-bondeado. Después del fallo en la adhesión y el rebondeado del bracket, el rango de falla a la adhesión se ha reportado en aproximadamente 10 al 25 por ciento en diferentes estudios. La reducción en la fuerza de rebondeo comparada con la fuerza de bondeo inicial, puede ser debido al remanente residual de adhesivo en la superficie del esmalte o incluso después de la remoción del adhesivo, durante la preparación de la superficie del esmalte para el procedimiento de rebondeo (Pakshir et al, 2011).

La contaminación del esmalte grabado antes del bondeado afectará negativamente la fuerza de adhesión del bracket, y esto comprometerá la aparatoología (Al-Saleh et al, 2010).

El uso de la técnica de grabado ácido en combinación con composites de resina provee una fuerza de adhesión suficiente para retener brackets a lo largo del tratamiento. Sin embargo, este método tiene desventajas, particularmente el riesgo de descalcificación de la superficie del esmalte y la formación de manchas blancas. Las manchas blancas presentan dos problemas esenciales: el primero es el compromiso estético y el segundo es el incremento a la susceptibilidad adicional para la formación de caries (Elnafar et al, 2014).

Algunas superficies del esmalte grabadas no tienen protección adhesiva, dejando manchas blancas de esmalte desmineralizado. Esto podría provocar

socavados en la superficie del esmalte al retirar los brackets siendo una de las razones primarias que preocupan al clínico (Al-Saleh et al, 2010).

Se han reportado una gran variedad de métodos o técnicas para rebondar un bracket. Con éstas técnicas se busca mantener la adecuada fuerza de adhesión entre la base de la superficie del bracket y el esmalte dental (Sharma-Sayal et al., 2003).

Éstas técnicas incluyen el uso de piedras verdes, fresas de carburo con pieza de baja velocidad, el uso de escareadores periodontales (vibración), arenado con óxido de aluminio (Al_2O_3) aplicado con aire a presión, flameado del bracket, uso del láser ER:YAG, entre otros (Sharma-Sayal et al., 2003).

Se ha informado que el tratamiento con una piedra verde conduce a una superficie más lisa y desprovista de cortes y reduce los grupos químicamente activos disponibles para la unión (Quick et al, 2005).

Las bases también se flamean en una llama Bunsen (aproximadamente 1200 °C) durante 3-5 segundos, se enfrían en agua, se pulen con chorro de arena durante 5-10 segundos para eliminar los restos, luego se electropulverizan durante 20 segundos. Regan y colaboradores en 1993, informaron una disminución del 41% en la resistencia de los brackets flameados, que fue igual a la disminución observada con los brackets que habían sido tallados con una piedra verde solamente (Quick et al, 2005).

La abrasión por aire también se ha usado para reacondicionar bases sin malla. El método se realiza sosteniendo la base de un bracket a aproximadamente 5 mm de la punta de un microarenador y se graba con 90 μ m de óxido de aluminio a 90 psi hasta que todo el material de unión visible se elimina de la base del bracket. Esto generalmente toma entre 15-30 segundos (Quick et al, 2005).

Para rebondar un bracket, el ortodoncista debe considerar tres cuestiones:

1. Bondear el mismo bracket retirado (si la base no está distorsionada)

2. Bondear un bracket nuevo
3. Usar una banda con un bracket como aditamento si es frecuente el debondeo de ese bracket (Chung et al., 2000).

Es importante considerar que usar un bracket rebondeado puede bajar el costo, pero al mismo tiempo, la fuerza de adhesión que se obtiene puede ser menor que la de cualquier bracket nuevo, esto si la base del bracket no es lo apropiadamente tratada. Se ha demostrado que la base del bracket rebondeado ha mostrado diferentes fuerzas de adhesión que debemos considerar al aplicarlas en nuestro tratamiento ortodóncico (Chung et al., 2000).

El factor de costo se puede reducir significativamente si la separación del bracket se lleva a cabo de tal manera que no se dañen durante el debondeo; es decir, los brackets pueden reutilizarse siguiendo diferentes formas de procesamiento, ya sea para rebondar los brackets incorrectamente posicionados o para reciclarlos, lo que requiere solo una fracción del precio de un nuevo bracket (Knösel et al, 2009).

El reciclaje de los brackets de ortodoncia son una opción disponible para los profesionales, ya sea individualmente, donde los brackets deben volverse a unir en un diente, o como parte de una filosofía de práctica más amplia. Postlethwaite en 1992, informó que hasta el 75 por ciento de los ortodoncistas estadounidenses reciclaban sus brackets a principios de los años noventa (Quick et al, 2005).

En un cuestionario distribuido entre 300 miembros de la Sociedad Británica de Ortodoncia, el 48% dijo que usaba brackets procesados por razones económicas (Knösel et al, 2009).

Otra razón para usar un método de eliminación de brackets, es la remoción intencional y el reajuste de brackets colocados incorrectamente, un desafío al que los ortodoncistas se enfrentan regularmente. Incluso las mínimas deformaciones de la ranura del soporte pueden dar como resultado una precisión de ajuste reducida del arco insertado, produciendo fricción no deseada (Knösel et al, 2009).

La principal ventaja del reciclaje es el ahorro económico, que podría llegar al 90 por ciento, debido a que un solo soporte se puede reutilizar hasta cinco veces, según Matasa en 1989. Otras ventajas incluyen un soporte más liso y resistente a la corrosión y esterilidad como resultado de las temperaturas empleadas en el proceso de reciclaje (Quick et al, 2005).

Las desventajas del reciclaje pueden incluir una reducción en la calidad del bracket, pérdida de marcas de identificación, falta de esterilidad y mayor riesgo de infección cruzada (Quick et al, 2005).

El reacondicionamiento del bracket debe permitir eliminar completamente los residuos de adhesivo y resina empleados de la base del bracket sin causar daño o distorsión de la malla o de las dimensiones de la ranura (Yassaei et al., 2014).

El reciclaje comercial, realizado por empresas particulares, ya sea dado por calor o por medios químicos o físicos, conduce a un grado de pérdida de metal en ciertas áreas del soporte y una reducción en el diámetro de los hilos de las mallas de los brackets. La mayoría de los investigadores han informado una reducción de la fuerza de adhesión después del reciclaje comercial, variando entre 6 y 20 por ciento según Wheeler y Ackerman en 1983; aunque puede ser tan alto como 35 por ciento para bases de malla fina (Quick et al, 2005).

Otra crítica del reciclaje comercial es el largo tiempo de respuesta del proceso y la incapacidad de reconocer los brackets que se han reciclado más de una vez. Los brackets están etiquetados para un solo uso, y existe la posibilidad de un litigio como resultado de la reutilización de brackets. Además, los brackets reciclados comercialmente son más propensos a la corrosión, particularmente los brackets hechos de acero inoxidable tipo 304 (AISI). Para superar los retrasos asociados con el reciclaje comercial, se puede optar por usar varias técnicas en el consultorio dental (Quick et al, 2005).

Los estudios *in vitro* en pruebas de adhesión de bondeos directos, demostraron que el sitio de fractura en el debondeo de brackets metálicos ortodóncicos está

usualmente localizado en la interfase resina-bracket. A raíz de este hallazgo, se han buscado medios para incrementar la adhesión en esa área, a partir de la retención mecánica. Modificaciones severas fueron hechas en los brackets metálicos para reducir su tamaño y mejorar la base del bracket, porque estas variables influyen directamente en la fuerza de adhesión (Prado et al, 2008).

Otros estudios mostraron que los cementos con alta fuerza de adhesión al esmalte pueden resultar en fracturas durante el debondeo. Alternativamente, cantidades considerable de adhesivo remanente en la superficie del esmalte del diente después del debondeo, requiere más tiempo clínico de silla para su remoción. Además, el proceso de remoción de adhesivo residual puede resultar en pérdida del esmalte dental (Al-Saleh et al, 2010).

El clínico debe considerar también el costo que le generará el tiempo de trabajo en silla requerido para la limpieza y preparado de las mallas de las bases de los brackets rebondeados, y el costo de materiales adicionales o equipamiento para poder realizar el rebondeo con la técnica de elección (Toroglu y Yaylali, 2008).

Quizás es más rentable reemplazar el bracket para rebondear por uno nuevo que permita proporcionar un mejor y más predecible rendimiento clínico (Toroglu y Yaylali, 2008).

Nuevos cementos auto-adhesivos han sido introducidos recientemente a la ortodoncia. Estos pueden simplificar el proceso de adhesión reduciendo los pasos, eliminando la necesidad del grabado ácido y la colocación del primer, eliminando de ésta manera el riesgo de contaminación (Al-Saleh et al, 2010).

Desde que estos cementos son directamente colocados en la superficie del esmalte, ellos pueden reducir el riesgo innecesario del grabado ácido del esmalte con la subsecuente desmineralización. También durante el debondeo, los nuevos cementos de auto-adhesión, pueden reducir el riesgo de fracturas del esmalte si su fuerza de adhesión al éste es más baja que la de los cementos convencionales (Al-Saleh et al, 2010).

Para un tratamiento de ortodoncia es necesaria una apropiada adhesión entre el bracket y el esmalte. La medición de pruebas de fuerza de cizallamiento y resistencia a la tracción son las más comúnmente usadas en las evaluaciones de laboratorio para determinar el rendimiento en los sistemas adhesivos ortodóncicos (Elsaka, 2014).

La máquina universal de prueba Instron, es el estándar de oro con la cual se comparan los resultados de los dispositivos a debondear, y su resistencia al cizallamiento (Hajrassie y Khier, 2007).

La naturaleza de las fuerzas directas sobre los brackets en ortodoncia en la boca son comparados como una combinación de cizalla, tensión y torsión. La máquina universal de prueba usada en los estudios *in vitro* es capaz de producir solamente fuerzas de desprendimiento (cizalla, tensión y torsión) la combinación de ellas y otras condiciones no son posibles de simular (Gupta et al, 2017).

Otra cuestión es que el rango de carga de la maquina universal de prueba Instron, es constante; sin embargo, el rango de carga en un debondeo *in vivo* no es estandarizable o constante (Gupta et al, 2017).

Los valores más altos de fuerza al cizallamiento (Shear Bonding Strength, SBS en inglés) de los brackets arenados pueden atribuirse a las microrugosidades generadas en la malla de la base del bracket, en la cual los enlaces de la superficie de unión resultan en el incremento de los valores de cizalla por las rugosidades que se crean (Yassaei et al., 2014).

Cuando se va a rebondar un bracket que se ha desprendido accidental o intencionalmente, se le realiza el procedimiento de arenado o microabrasión, la cual es una técnica que usa una mezcla de aire comprimido con micropartículas de óxido de aluminio entre 50 μm y 100 μm aproximadamente, el que se aplica sobre la base del bracket debondeado para eliminar los restos de resina que quedan en ella, pudiendo así reutilizarse. El arenado remueve la resina residual de

los brackets desprendidos y la base presenta una superficie rugosa e irregular que puede mejorar la resistencia mecánica (Shetty et al., 2015).

Sonis encontró que con el uso de la microabrasión con óxido de aluminio, la fuerza de adhesión después del debondeo podía permanecer igual como la primera vez de adhesión (Heravi et al, 2006).

El óxido de aluminio usado para arenar los brackets posee características químicas y físicas similares a las del compuesto llamado corindón natural. Es un material muy duro que resiste el desgaste. También es uno de los compuestos más duros en existencia, lo que hace que pueda ser usado como un material abrasivo. El óxido de aluminio conduce la electricidad con facilidad. También resiste la reacción con ácidos y bases a altas temperaturas (López, 2008).

Algunos autores han comprobado que los aditamentos metálicos, como la base de los brackets, quedan contaminados con restos de óxido de aluminio y otras partículas metálicas que se desprendieron durante el proceso del arenado. Estos residuos pueden llegar a disminuir la resistencia a la tracción de los brackets rebondeados ya que actúan como agentes contaminantes (Sonis, 1996).

La técnica de la microabrasión con óxido de aluminio o arenado también se utiliza para preparar la superficie del esmalte donde irá ubicado el bracket y así se mejora la adhesión (Yassaei et al, 2014).

La fuerza de unión de los aditamentos debe ser suficiente para soportar las fuerzas funcionales pero a un nivel que permita despegar el bracket sin dañar el esmalte, lo que puede ocurrir cuando la fuerza de unión excede 14 MPa (Eminkahyagil et al, 2006).

Diversos estudios han sugerido resistencias de unión que van de 6 a 10 MPa y que son consideradas clínicamente adecuadas en bondeo sobre esmalte dental (Eminkahyagil et al, 2006).

Con el tiempo la ortodoncia ha evolucionado y ha ampliado sus horizontes cada vez más, y los adultos están actualmene buscando el tratamiento. A pesar de que se promueve el "enfoque interdisciplinario", en el que el ortodoncista utiliza procedimientos complementarios para mejorar el plan de tratamiento general, las dificultades con respecto a los procedimientos de adhesión están aumentando (Vandekar et al, 2011).

Algunas de estas condiciones desafiantes incluyen la adhesión en dientes impactados, parcialmente erupcionados, ectópicamente posicionados, rotados severamente y fluorados, mordida cruzada, casos de mordida profunda, varias restauraciones, prótesis, uniones en campo húmedo, procedimientos de ortodoncia lingual y procedimientos adyuvantes en adultos que necesitan enfoque interdisciplinario (Vandekar et al, 2011).

La falla adhesiva durante el tratamiento de ortodoncia es relativamente frecuente e indeseado. De esta manera es que resulta, que la fuerza de cizalla que oponen al debondeo los brackets nuevos y reciclados, estén siendo un tema de gran interés en la investigación ortodónica (Gupta et al, 2017).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diferentes estudios mencionan que se pueden obtener resultados favorables a la adhesión entre la interfase formada por la base del bracket y el esmalte dental, cuando los brackets se someten a procedimientos de arenado con óxido de aluminio, mostrando fuerzas al cizallamiento mayores a las que se obtienen sin éste tratamiento.

Esto es muy importante al hablar del número de brackets debondados con los que llegan los pacientes a sus citas mensuales, el tiempo que se necesita invertir nuevamente, ya sea, en colocar uno nuevo o reposicionar el mismo, lo que provoca que las citas en el consultorio se prolonguen por más tiempo del necesario, y también más costosas por el material que se necesita invertir para volver a colocar el bracket nuevamente en el diente y así mismo la deshidratación del esmalte al volverse a tratar para la adhesión.

Son muchos factores que se evitarían el encontrar el método más efectivo para adhesión de brackets en el esmalte dentario.

Buscamos tener una mayor fuerza de adhesión en nuestra cita de colocación de brackets, fuerza que nos permita lograr una mayor unión entre superficies (bracket-diente), teniendo en cuenta que esa fuerza no debe dañar al esmalte dental, pero que se pueda tener más resistencia a las fuerzas convencionales a las cuáles estén sometidos estos aditamentos, principalmente durante la masticación, y de ésta manera poder lograr nuestros objetivos clínicos y hacer más eficiente la atención clínica.

Pregunta de investigación:

¿Cuál es la fuerza al cizallamiento que opone un bracket metálico al someterse a un procedimiento de arenado con óxido de aluminio?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Determinar la fuerza al cizallamiento de los brackets debondados y nuevos.

2.2 Objetivos Específicos:

- Medir la fuerza al cizallamiento que opone un bracket metálico nuevo.
- Medir la fuerza al cizallamiento que opone un bracket metálico debondado y arenado con Al_2O_3 .
- Comparar mediciones de los 2 grupos.

3. METODOLOGIA.

3.1 Sujeto Experimental.

El diseño del estudio fue experimental in vitro en premolares extraídos por motivos ortodóncicos. Los criterios de inclusión fueron que los premolares estuvieran libres de caries (Fig. 1). Los criterios de exclusión consistieron en aquellos premolares que tuvieran fisuras/fracturas en el esmalte, fluorosis, erosiones o abfracciones. Los criterios de eliminación serían aquellos premolares que sufrieran alguna complicación al realizar la prueba con la máquina universal Instron.



Fig.1 Sujeto experimental: Premolares extraídos por motivos ortodóncicos.

Los grupos experimentales se formaron por 40 premolares extraídos por motivos ortodóncicos que cumplieron con nuestros criterios de inclusión, los cuales se dividieron en dos grupos de 20 premolares cada uno:

- Grupo 1: Premolares con brackets metálicos nuevos.
- Grupo 2: Premolares con brackets metálicos debondados y arenados con óxido de aluminio.

3.2 Metodología.

1. Se seleccionaron los premolares extraídos por motivos ortodóncicos que cumplieron nuestros criterios de inclusión.
2. Se lavaron y eliminaron todos los tejidos residuales en los órganos dentarios recolectados, con cepillo de cerdas duras, piedra pómez y pasta profiláctica y se colocaron en solución fisiológica a temperatura ambiente, cambiándola semanalmente.
3. Los 40 premolares se colocaron sobre un molde de resina industrial conformada para formar los bloques con acrílico autocurable marca Nictone, MDC dental, los cuales nos permitirían su manipulación con la máquina universal de prueba Instron, para obtener valores certeros y fiables, 20 cubos de acrílico color naranja y 20 cubos de acrílico color rojo con sus respectivos premolares embebidos en los cubos (Fig. 2, 3 y 4).



Fig. 2, 3 y 4. Premolares embebidos con acrílico autocurable en moldes, dos colores naranja y rojos.



4. Se dividió la muestra en 2 grupos de estudio a los cuales se les colocaron brackets metálicos American Orthodontics (AO), cementados con resina Transbond XT de la casa comercial 3M, de los cuales un grupo solo se le colocaron brackets metálicos nuevos y otro grupo fue arenado con óxido de aluminio marca Rhino de la casa comercial MDC Dental de partículas de 50 micrones. Estas fueron sus características generales de procesamiento para cada grupo:

Grupo 1, premolares con brackets metálicos nuevos AO cementados con adhesivo y resina Transbond XT. Se debondearon y se midió su fuerza al cizallamiento con la máquina universal de prueba Instron. Cubos acrílico naranjas.

Grupo 2, premolares con brackets metálicos AO debondeados previamente y arenados a presión con óxido de aluminio marca Rhino, MDC dental, rebondados con adhesivo y resina Transbond XT. Después de este proceso se debondearon por segunda ocasión midiendo su fuerza al cizallamiento con la máquina universal de prueba Instron. Cubos acrílico rojos.

5. En el grupo 1, se procedió a cementar los brackets sobre la superficie vestibular de 20 premolares previamente seleccionados, a los cuales se les acondicionó su superficie del esmalte con hipoclorito de sodio al 5% y se enjuagaron con abundante agua; después se grabaron con ácido ortofosfórico al 37% por 20 segundos cada uno (metodología usada para el tratamiento en esmalte dental para el cementado de brackets), se lavaron igualmente con abundante agua a presión, y posteriormente se les aplicó adhesivo para resina de ortodoncia Transbond XT. Después de esto, a cada bracket se le colocó resina al centro de la base del bracket en la misma medida. Se procedió de esta manera a fotocurar cada bracket por 20

segundos en su cara vestibular para asegurar que el curado fuera el mismo para toda la superficie del bracket, usando la lámpara de resina WoodPecker DTE Lux VI por 20 segundos a una longitud de onda de 420-480 nm, con una superficie de luz efectiva de 50mm² (Fig. 5, 6, 7 y 8).



Fig. 5, 6, 7 y 8. Acondicionamiento del esmalte para adhesión de brackets con adhesivo y resina Transbond XT polimerizado por 20 con lámpara de fotocurado.

6. Para el arenado de los brackets del grupo 2, se usó óxido de aluminio de 50 micrómetros con aire a presión de la marca comercial Rhino, MDC dental,

con el arenador de la marca Introlight. Primero se procedió a quemar los brackets para facilitar la remoción de resina y se colocaron en el aditamento del arenador hasta que se obtuvo la remoción completa de los residuos de resina de la base de cada bracket, de esta manera quedaron limpios para su rebondeo en los premolares del grupo 2 (Fig. 9, 10 y 11).



Fig. 9, 10 y 11. Brackets debondeados, flameados y arenados con óxido de aluminio 50 micrones con arena Rhino, MDC dental mediante arenador Introlight.

7. Se realizó el mismo protocolo de adhesión al esmalte dental, para los premolares del grupo 2, usando los brackets arenados (Fig. 12, 13 y 14).



Fig. 12, 13 y 14. Adhesión de brackets arenados al esmalte dental de premolares.

8. En la máquina universal de prueba Instron, se colocaron los dientes con su bloque de acrílico y los brackets cementados, estos bloques fueron fijados a una base de aluminio de modo que no se tuviera ningún balanceo, y así la posición de la lanceta donde la fuerza se aplicaba fuera paralela a la unión entre el bracket y el esmalte dental de cada premolar. Cabe mencionar, que se realizaron aproximadamente 10 pruebas piloto antes de comenzar con las pruebas definitivas de cada uno de los 2 grupos a estudiar, esto debido a que pudiéramos prever fallas en la programación del equipo y la máquina de prueba universal Instron (Fig. 15 y 16).

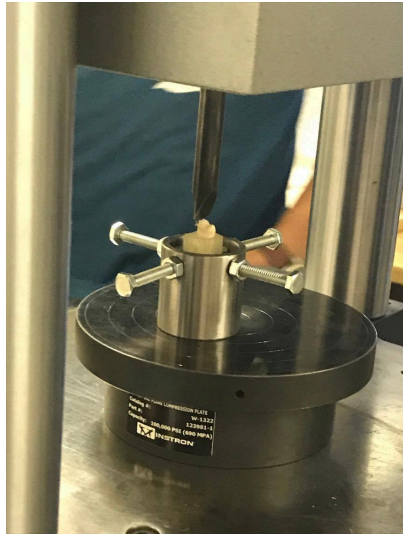


Fig. 15 y 16. Colocación de dientes con brackets bondeados sobre la máquina de prueba universal Instron.

9. La programación de la máquina Instron fue realizada a través de un software que la máquina ya contaba instalado, y basándonos en la norma ISO 11405 (“Testing of adhesion to tooth structure”), en la cual se utilizó una velocidad de 0.5 mm/min a la cual bajaba la lanceta; se registró también una superficie de 12 mm² que correspondía a la base de nuestro bracket (Fig. 17).

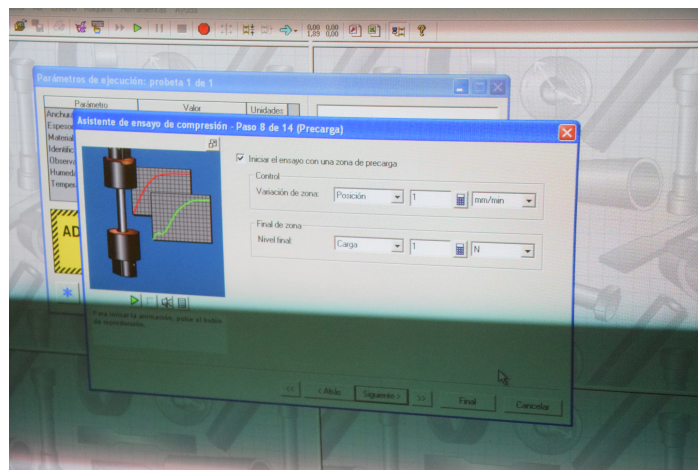


Fig. 17. Programación de software, máquina universal de prueba Instron.

10. Mediante la fuerza de cizalla producida por nuestra lanceta, entre la unión bracket-esmalte, se obtuvo la fuerza en Newtons para cada espécimen que colocamos en la máquina universal de prueba Instron (Fig. 18 y 19).



Fig. 18 y 19, Colocación de premolares para pruebas experimentales de los dos grupos; brackets nuevos (cubos naranjas) y brackets arenados (cubos rojos).

11. Se clasificaron de N1 - N20 para los cubos de acrílico naranjas del grupo 1 (brackets nuevos), y de A1 - A20 para los cubos de acrílico rojos del grupo 2 (brackets arenados), (Fig. 20 y 21).

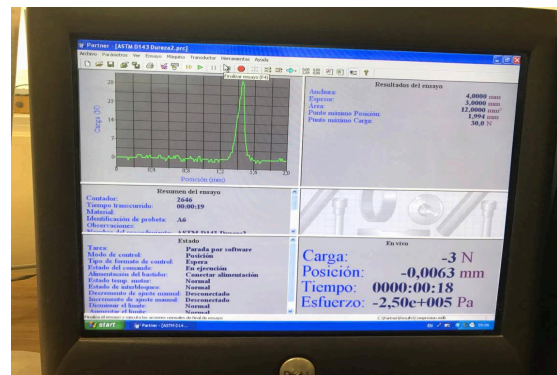
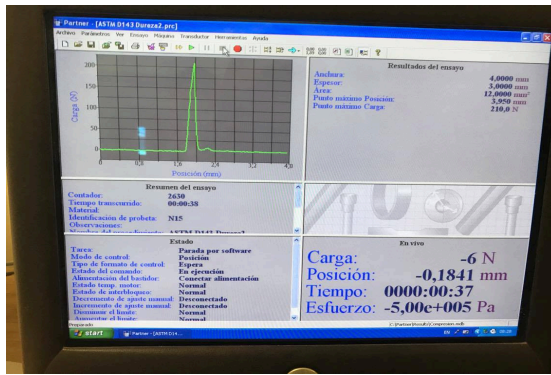


Fig. 20 y 21. Obtención de resultados de las pruebas experimentales.

12. Al obtener nuestros resultados en Newtons, se procedió a convertirlos en Mega pascales (Mpa) usando la superficie de mm^2 que obtuvimos anteriormente de la base de nuestros brackets.

13. Se procedió a analizar y comparar los resultados de los 2 grupos para determinar con cuál grupo se obtuvo mayor fuerza al cizallamiento usando brackets metálicos.

3.3 Análisis estadístico.

Se realizaron los análisis descriptivos mediante los cuales se obtuvieron la media, desviación estándar y rango. Para determinar la distribución de las variables se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov. Para determinar las diferencias estadísticamente significativas se realizó la prueba "T de Student". Y la significancia estadística fue establecida para la fuerza de cizalla en Mpa de $p=0.05$ usando el software estadístico GraphPath Prism 5.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

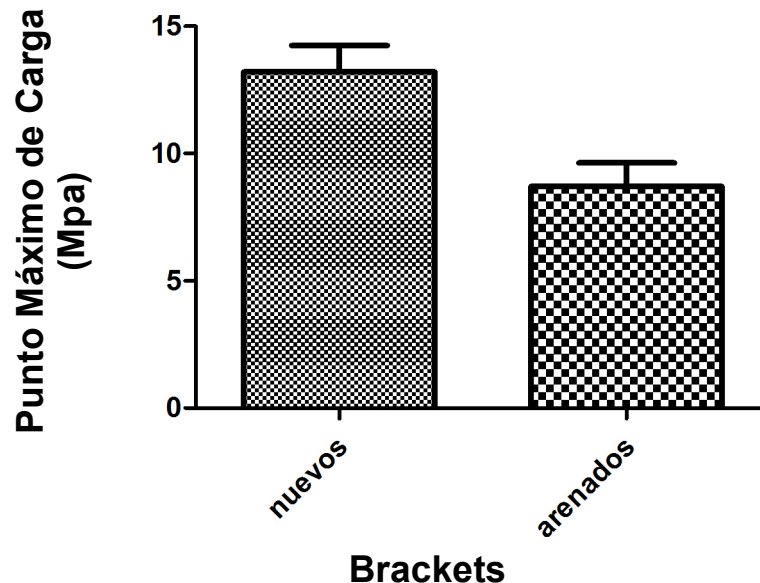
4.1 Resultados.

En la tabla 1 y gráfico 1, se comparan los puntos máximos de carga en Mpa de ambos grupos, observándose que los brackets metálicos nuevos son los que oponen mayor fuerza a la cizalla, presentando significancia estadística.

Tabla 1. Comparación de la fuerza de cizalla que oponen el grupo de brackets metálicos nuevos y el grupo de brackets arenados con óxido de aluminio.

<i>Variable</i>	<i>Grupo 1:</i>	<i>Grupo 2:</i>	<i>Valor de p</i>
	<i>Brackets Nuevos</i> (<i>n=20</i>)	<i>Brackets Arenados</i> (<i>n=20</i>)	
	<i>X ± D.E.</i> (<i>Rango</i>)		
Punto Máximo Carga (Mpa)	13.2 ± 4.64 (5.17 – 21.59)	8.7 ± 4.15 (2.5 – 16.67)	0.0025

Gráfico 1. En esta imagen se puede observar el promedio de los puntos de carga máximos obtenidos en Mpa en los dos grupos con su respectiva desviación estándar.

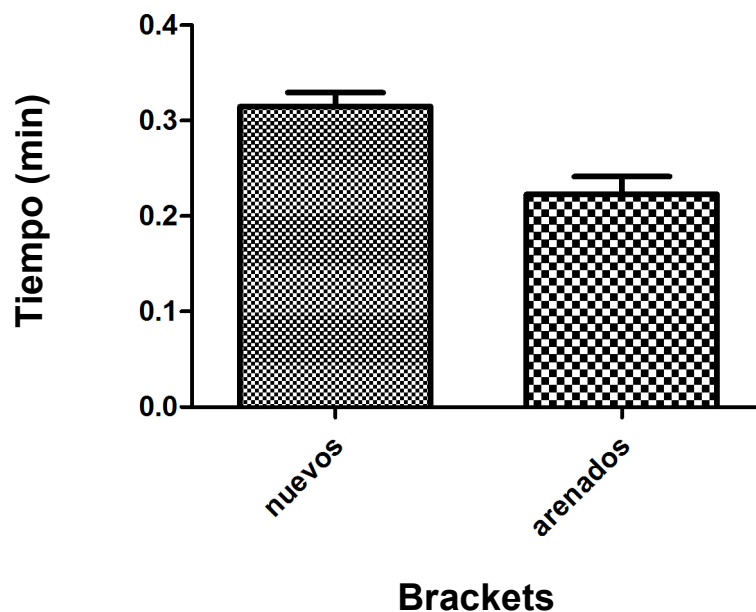


En la tabla 2 y gráfico 2, se compara la variable tiempo en min entre ambos grupos pudiéndose interpretar que los brackets arenados se desprenden más rápido que los brackets nuevos, presentando significancia estadística.

Tabla 2. Comparación del tiempo en el cual se desprenden los brackets metálicos nuevos y los brackets arenados con óxido de aluminio.

<i>Variable</i>	<i>Grupo 1:</i>	<i>Grupo 2:</i>	<i>Valor de p</i>
	<i>Brackets Nuevos</i> (n=20)	<i>Brackets Arenados</i> (n=20)	
	<i>X ± D.E.</i> (Rango)		
Tiempo (min)	0.315 ± 0.067 (0.16 - 0.44)	0.223 ± 0.085 (0.03 - 0.42)	0.0005

Gráfico 2. En esta imagen se puede observar el promedio en el tiempo en el cual se desprendieron los brackets en los dos grupos con su respectiva desviación estándar.



4.2 Discusión.

El presente estudio estaba enfocado en comparar las fuerzas que oponían los brackets metálicos en dos situaciones específicas, pensando que los resultados obtenidos serían similares y no discrepantes como nos sucedió.

Un tratamiento exitoso de ortodoncia depende de la adecuada adhesión de los brackets a la superficie del esmalte, lo cual se hace extremadamente difícil cuando se ocupan brackets metálicos debondados, ya que se agrega este factor para que el bracket se desprenda nuevamente (Shetty et al., 2015).

El arenado con óxido de aluminio, ha sido probado como un método eficiente para el reciclado de brackets metálicos ofreciendo una técnica simple y fácil de realizar en el consultorio dental, reduciendo el costo y el tiempo de trabajo. Crea rugosidades en la base del bracket, las cuales incrementan el área disponible para la adhesión del composite (Shetty et al., 2015).

La máquina universal de prueba Instron, sirvió como el estándar de oro con el que se pudieron comparar los resultados de la fuerza de cizalla en estudios *in vitro*. De esta misma manera es importante considerar que valores excesivamente altos son indeseables debido a que son fuerzas que pueden dar como resultado un posible daño al esmalte (Hajrassie et al., 2007).

En nuestros resultados obtuvimos fuerzas máximas de 13.2 +- 4.64 Mpa en los brackets nuevos y una menor en los brackets reciclados de 8.7 +- 4.15 Mpa, lo que nos indica que se encuentran en el rango de ser fuerzas adecuadas para no causar daño en el esmalte cuando estos brackets se debondeen. Eminkahyagil y colaboradores según sus estudios, mencionan que cuando la fuerza de unión excede los 14 MPa se daña la superficie del esmalte.

Se ha determinado que la resistencia mínima a la cizalla de una base de un bracket para soportar el debondeo debe ser de 2.86 Mpa. Y de ésta misma manera se sabe que el mayor tamaño de la superficie de la base del bracket en mm², aumenta la resistencia al debondeo del bracket (Sharma-Sayal et al., 2003).

Nuestros resultados son contrarios a lo que Sonis obtuvo, pero son similares a los obtenidos por Regan y colaboradores, estos últimos encontraron una reducción superior al 40% en la fuerza de adhesión de los brackets debondados y usados nuevamente, esto probablemente a las diferencias en la preparación de la base del bracket, ya que ellos usaron piedras verdes a baja velocidad para la remoción de resina y flameado de la base del bracket.

Contrario a los resultados de Yassaei y colaboradores, los valores más altos de la fuerza a la cizalla se encontraron en los brackets arenados con óxido de aluminio, mencionan que probablemente es debido a las microrugosidades generadas por las partículas de óxido de aluminio. Al mismo tiempo mencionan que encontraron valores de cizalla más bajos. Diferencia que puede explicarse por la variación del tamaño de las partículas de óxido de aluminio usadas en los diferentes estudios.

Millet y Aricit señalaron que la duración adecuada del arenado aumentaba los valores de fuerza de cizalla, pero que un arenado con mayor duración y partículas más grandes, producían una distorsión en la base del bracket y por tanto, una disminución de la fuerza a la cizalla.

Yassaei y colaboradores también mencionan que calentar la base del bracket para la eliminación de la resina, ocasiona un cambio de color indeseable y hace que los brackets sean más vulnerables al desprendimiento con las fuerzas masticatorias. Pueden verse afectadas las propiedades físicas de los metales.

Esto puede ser un motivo a considerar en nuestra investigación, en donde los brackets al ser quemados pudieron sufrir algún grado de deformación en la base, lo cual provocó que presentaran una menor fuerza de desprendimiento a la prueba, pero no debemos dejar pasar por alto que al ser un método rápido para la remoción de restos de resina de la base de nuestros brackets, es uno de los más usados por los ortodontistas para después arenar con óxido de aluminio y posteriormente colocarlo nuevamente.

4.3 Conclusión.

De acuerdo a nuestra investigación sobre el uso de brackets metálicos nuevos comparados con brackets metálicos debondeados, podemos concluir que la eficiencia en nuestro tratamiento de ortodoncia es mejor si usamos brackets nuevos cuando un paciente acude con un bracket debondeado a consulta; hay que considerar que los costos de tratamiento se pueden incrementar para los pacientes, pero el costo-beneficio se verá reflejado en el tratamiento integral de nuestro paciente permitiéndonos trabajar con materiales que nos ofrecerán mejor manejo de nuestras biomecánicas sin preocuparnos porque se llegue a desprender nuevamente nuestro bracket por haberlo reciclado. De esta manera se busca realizar tratamientos más eficientes y consultas más eficaces de ortodoncia.

El flameado o quemado de la base de nuestro bracket previo al arenado con óxido de aluminio, puede ser una opción de tratamiento rápido y debería considerarse como de emergencia para continuar con la mecánica de tratamiento, siempre teniendo en cuenta que nuestra adhesión se verá disminuida por múltiples factores que no podemos controlar, como es el calor y deformación del bracket, principalmente, así como del grosor de la capa que se genere de las micropartículas de óxido de aluminio, factores que tenemos que considerar cuando se decida reciclar brackets en nuestra práctica clínica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Achío DTS. 2015. Estudio Comparativo de la Resistencia al Desalojo en Brackets Nuevos, Arenados y Reciclados: Un Estudio In Vitro. ODOVTOS-International J Dent Sci. No.17(17).
- Al-saleh M, El-mowafy O. Bond strength of orthodontic brackets with new self-adhesive resin cements. Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet]. 137(4):528–33.
- Arici S, Ozer M, Arici N, Gencer Y. 2006. Effect of sandblasting metal bracket base on the bond strength of a resin-modified glass ionomer cement: an in vitro study. J Mater Sci Mater Med. 17:253– 258.
- Chung CH, Fadem BW, Levitt HL, Mante FK. 2000. Effects of two adhesion boosters on the shear bond strength of new and rebonded orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop. 118(3):295-299.
- Chung CH, Friedman SD, Mante FK. 2002. Shear bond strength of rebonded mechanically retentive ceramic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthop.122(3):282-287.
- Cristina I, Torres P. Comparison of the shear bond strengths of conventional mesh bases and sandblasted orthodontic bracket bases. 2009;23(4):407–14.
- Diedrich R Dickmeiss B. 1983. Vergleichende physikalische und rasteralektronenoptische untersuchungen zur adhesion verscheidener metalbrackets. Protsch Keiferorthop. 44;298-310.
- Elnafar AAS, Alam MK, Hasan R. The impact of surface preparation on shear bond strength of metallic orthodontic brackets bonded with a resin-modified glass ionomer cement. 2014;41:201–7.
- Elsaka SE, Hammad SM, Ibrahim NF. Evaluation of stresses developed in different bracket-cement-enamel systems using finite element analysis with in vitro bond strength tests. 2014;1–8.

- Eminkahyagil N, Arman A, Alev C. Effect of Resin-removal Methods on Enamel and Shear Bond Strength of Rebonded Brackets.
- Grabouski JK, Staley RN, Jakobsen JR. 1998. The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Ortho.* 114:452-60.
- Gupta N, Kumar D, Palla A. Evaluation of the effect of three innovative recycling methods on the shear bond strength of stainless steel brackets-an in vitro study. 2017;9(4).
- Hajrassie MKA, Khier SE. 2007. In-vivo and in-vitro comparison of bond strengths of orthodontic brackets bonded to enamel and debonded at various times. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*131(3):384-390.
- Heravi F., Naseh R. 2006. A Comparative Study between Bond Strength of Rebonded and Recycled Orthodontic Brackets. *Dent Research J* 2(2):1–6.
- Kno M. Suitability of orthodontic brackets for rebonding and reworking following removal by air pressure pulses and conventional debracketing techniques. 2010;80(4):649–55.
- López EG. 2008. Comparación del esfuerzo a la tracción de brackets arenados mediante óxido de aluminio nuevo y reciclado y sin ultrasonido (Estudio in vitro). 1:11.
- Oztoprak MO, Nalbantgil D, Erdem AS, Tozlu M, Arun T. 2010. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*138(2):195-200.
- Pakshir HR, Najafi HZ, Hajipour S. Effect of enamel surface treatment on the bond strength of metallic brackets in rebonding process. 2011;1–5.
- Paulo J, Stella F, Oliveira AB, Nojima LI, Markezan M. Four chemical methods of porcelain conditioning and their influence over bond strength and surface

- integrity. 2015;20(4):51–6.
- Pithon MM, Oliveira MV De, Carlos A, Ruellas Do. Shear bond strength of orthodontic brackets to enamel under different surface treatment. 2007;15(2):127–30.
- Quick AN, Harris AMP, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. 2005;27:231–6.
- Regan D, LeMasney B, Van Noort R. 1993. The tensile bond strength of new and rebounded stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 15:125–135.
- Reynold IR. 1975. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 2:171–178 21.
- Sharma-Sayal SK, Rossouw PE, Kulkarni G V., Titley KC. 2003. The influence of orthodontic bracket base design on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*124(1):74-82.
- Shetty V, Shekatkar Y, Kumbhat N, Gautam G, Karbelkar S, Vandekar M. 2015. Bond efficacy of recycled orthodontic brackets: A comparative in vitro evaluation of two methods. *Indian J Dent Res.* 26(4):411.
- Sonis AL. 1996. Air abrasion of failed bonded metal brackets: a study of shear bond strength and surface characteristics as determined by scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dentofacial Ortho.* 110:96-8. 8.
- Toroglu MS, Yaylali S. 2008. Effects of sandblasting and silica coating on the bond strength of rebounded mechanically retentive ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.*134(2):1-7.
- Vandekar M, Kulkarni P. Bond reliably - difficult areas... Easy Solutions!! 2011. *J Asian Pac Orthod Soc* 2(2):1-5.
- Willems G, Carels CE, Verbeke G. 1997. In vitro peel/shear bond strength evaluation of orthodontic bracket base design. *J Dent.* 25:271–278.

Yassaei S, Aghili H, KhanPayeh E, Goldani Moghadam M. 2014. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal. *Lasers Med Sci.* 29(5):1563-1568.