

Factores que afectan la adhesión de la aparatología ortodóntica fija. Revisión de la literatura

Factors that affect the adhesion of fixed orthodontic appliances. Literature review

Arnaldo Alfredo Munive Mendez ^{1a}, Maria Cristina Montserrat Servat Riepl ^{1b}
¹ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Lima Perú.
^a Docente de postgrado de ortodoncia y ortopedia maxilar
^b Residente de postgrado de ortodoncia y ortopedia maxilar

RESUMEN

La adhesión de aparatología ortodóntica fija y el esmalte dental es un procedimiento importante, el cual debe estar correctamente planificado con los materiales asignados para cada situación clínica, la cual puede ser variable debido a la superficie dentaria, el historial médico y estomatológico del paciente. Además, para permitir un tratamiento eficaz en la práctica clínica se debe tomar en cuenta los factores que afectan a la cementación, los cuales pueden estar relacionados a los materiales clínicos como el ácido grabador, tipo de bracket, diseño y tamaño del bracket, adhesivo y adhesión a materiales de restauración. También, pueden estar relacionados a la superficie dentaria, como la fluorosis, defecto en la superficie dentaria que afecta la calidad del esmalte. Por otro lado, se encuentran los factores extrínsecos como los enjuagues bucales, el tabaquismo o el clareamiento dental. Por último, es imperativo mencionar que esta revisión literaria se realizó mediante estudios previos, en donde evaluaron las técnicas de adhesión ortodóntica para conseguir un mejor manejo clínico, el cual permitan el éxito del tratamiento ortodóntico, como la resistencia al cizallamiento, el índice de adhesión remanente, análisis de supervivencia in vivo y la evaluación microscópica de la microfractura.

Palabras clave: Brackets; Resistencia al Cizallamiento; Índice de Adhesivo Remanente. ([Fuente: DeCS BIREME](#))

ABSTRACT

The adhesion of fixed orthodontic appliances and dental enamel is an important procedure, which must be correctly planned with the materials assigned for each clinical situation, which can be variable due to the dental surface, the medical and stomatological history of the patient. In addition, to allow effective treatment in clinical practice, factors affecting cementation must be taken into account, which may be related to clinical materials such as acid etching, bracket type, bracket design and size, adhesive, and adhesion to restorative materials. Also, they may be related to the dental surface, such as fluorosis, a defect in the dental surface that affects the quality of the enamel. On the other hand, there are extrinsic factors such as mouthwashes, smoking or dental whitening. Finally, it is imperative to mention that this literary review was carried out through previous studies, where they evaluated orthodontic adhesion techniques to achieve better clinical management, which allow the success of orthodontic treatment, such as shear bond strength, adhesion index remnant, in vivo survival analysis and microscopic evaluation of the microfracture.

Keywords: Orthodontic Brackets; Shear Bond Strength; Adhesive Remnant Index. ([Source: MeSH NLM](#))

Recibido: 08 de enero de 2023

Aprobado: 16 de marzo de 2023

Publicado: 28 de marzo de 2023

Correspondencia:

Dr. Arnaldo Alfredo Munive Mendez
Dirección: Prolongacion Primavera 2390, Santiago de Surco. Lima, Perú.
Correo electrónico: peamuniv@upc.edu.pe

Este es un artículo de acceso abierto distribuido
bajola licencia Creative Commons Atribución 4.0
Internacional (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Munive Mendez A, Servat Riepl M. Factores que afectan la adhesión de la aparatología ortodóntica fija. Revisión de la literatura. KIRU.2023 ene-mar;20(1):18-27. <https://doi.org/10.24265/kiru.2023.v20n1.02>

INTRODUCCIÓN

El mecanismo de trabajo en el tratamiento ortodóntico consiste en ejercer fuerzas para movilizar los dientes hacia posiciones planificadas como ideales; para tal fin, se colocan estructuras a los dientes conocidas como brackets. La fuerza utilizada dependerá del tipo de movimiento dentario, siendo en algunas ocasiones de un valor tan alto que puede generar el despegue de los Brackets^(1,2).

El despegue de los brackets representa un problema en el tratamiento ortodóntico. Esto se debe a que alarga el tiempo de tratamiento y existe una mayor probabilidad de dañar el esmalte ante el repetitivo uso de los agentes grabadores durante el repegado⁽³⁾.

Ante esta realidad, existen diversos estudios que evalúan constantemente los posibles motivos del despegue de aparatología, considerando que en la actualidad existen una diversidad de materiales de adhesión, dientes con superficies vestibulares modificadas por materiales protésicos, entre otros⁽⁴⁾.

Es importante considerar que variables pueden influir en la adhesión en ortodoncia. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo revisar en la literatura acerca de los factores que afectan la adhesión de la aparatología ortodóntica fija.

CONTENIDO TEÓRICO

De acuerdo con la revisión bibliográfica de Bakhadher y colaboradores, existen múltiples variables que influyen en la eficacia adhesiva; ante ello, realizando la evaluación de los estudios de tipo *in vitro*, relacionados a este tema, han permitido organizar las variables más representativas⁽⁵⁾ por tanto, esta revisión consideró que la eficacia adhesiva agrupa factores relacionados con el material, con los dientes y factores misceláneos.

FACTORES QUE AFECTAN LA ADHESIÓN ORTODÓNTICA

Relacionado a los materiales

Grabado ácido. El material de grabado del esmalte por excelencia es el ácido fosfórico, el cual fue introducido gracias a la investigación de Buonocore que comprobó un fuerte vínculo entre el compuesto y el esmalte, cuya aplicación en ortodoncia fue propuesta por Newman en el año 1965⁽⁶⁾.

El ácido fosfórico (H_3PO_4), también conocido como ácido ortofosfórico, es un ácido triprótico, no tóxico y considerado de enlace bastante débil. A nivel químico, es una molécula muy polar que lo hace altamente soluble en agua. Se le conoce como ácido triprótico por tener tres hidrógenos hidrolizables el cual le permite hasta tres disociaciones: El anión producido después de la primera disociación, $H_2PO_4^-$, es el anión dihidrógeno fosfato. La sal producida es "fosfato monobásico". El anión después de la segunda disociación, HPO_4^{2-} , es el anión fosfato de hidrógeno (fosfato dibásico). El anión después de la tercera disociación, PO_4^{3-} , es el anión ortofosfato (fosfato tribásico)⁽⁷⁾.

El grabado ácido debe ser lo suficientemente abrasivo para favorecer la función del sistema adhesivo y a la vez, la eliminación de la superficie de esmalte rica en fluoruro puede predisponer la descalcificación durante el tratamiento de ortodoncia. La concentración y tiempo de exposición del ácido fosfórico sobre el esmalte para la instalación de aparatología ortodóntica determinan la profundidad de desgaste y la reacción química generada. De acuerdo con el estudio de Legler, Retief y Bradley, una concentración de 37% de H_3PO_4 durante 60 segundos ofrece una profundidad de desgaste de 27,1 μm mientras que al realizar un grabado ácido al 5% durante 15 segundos se genera una profundidad de desgaste de 3,5 μm .

Tabla 1. Esquema temático

Factores que afectan la adhesión ortodóntica	Relacionado a los materiales	Grabado ácido
		Tipo de bracket
		Diseño y tamaño del bracket
		Adhesivo
		Adhesión a materiales de restauración
	Relacionado a la superficie dentaria	
Factores extrínsecos	Enjuagues bucales	
	Tabaquismo	
	Clareamiento dental	
Técnicas para evaluar la adhesión de ortodóntica	Resistencia al cizallamiento	
	Índice de adhesivo remanente	
	Análisis de supervivencia <i>in vivo</i>	
	Evaluación microscópica de la microfractura	

Sin embargo, el grabado de superficies de esmalte con soluciones que contienen más del 27% de H_3PO_4 dan como resultado la formación de monohidrato de fosfato monocálcico (MCPM), sustancia utilizada en el ámbito clínico por ser más soluble que el dihidrato de fosfato dicálcico (DCPD) el cual es formado por el grabado con soluciones de H_3PO_4 en concentraciones más diluidas; por ello, es necesario emplear un equilibrio entre las variables de duración de grabado y concentración⁽⁸⁾.

De acuerdo con la investigación de Gardner y Hobson, consideran que el ácido fosfórico ofrece un grabado ácido más efectivo que el ácido nítrico al 2,5%; además, recomiendan que la concentración de H_3PO_4 sea al 37% y el tiempo de grabado por 30 segundos. En un estudio más reciente, Shafiei y colaboradores, consideran un tiempo de grabado de 15 segundos^(9,10).

Adicionalmente, la aplicación de acondicionador o imprimante es una alternativa para mejorar el vínculo de unión entre el

bracket y el esmalte. El acondicionamiento con ácido fosfórico, consisten en monómeros hidrofílicos convencionales como el hidroxietilmetacrilato (HEMA), monómeros ácidos o ácidos y se han desarrollado en un intento de simplificar los procedimientos de unión y minimizar los errores de procedimiento⁽¹¹⁾.

El HEMA, 2-Hidroxietil Metacrilato o $C_6H_{10}O_3$ es un compuesto de hidroxiéster y polímero hidrofílico bifuncionales, ya que tienen la función de unirse al adhesivo y del otro lado a las fibras colágenas del esmalte; también se le atribuye la propiedad de desensibilizar la pulpa al bloquear los túbulos dentinarios⁽¹²⁾.

Estos acondicionadores pueden colocarse luego del grabado ácido o estar incluidos en el grabador. En la investigación de Ousehal y colaboradores, encontraron una efectividad similar entre el uso de un grabador con acondicionador integrado y la técnica de grabado y posterior acondicionamiento con HEMA; sin embargo, el sistema integrado ofrecía reducir el tiempo del procedimiento⁽¹¹⁾.

Otra variable es el micrograbado o la abrasión por aire. Esta es una técnica en la cual las partículas de óxido de aluminio (de aproximadamente 50 μm) son impulsadas contra la superficie del esmalte u otro sustrato por alta presión de aire, causando abrasión de la superficie. Cuando se usa, el esmalte se corta mucho más rápido que la dentina debido a la pérdida de energía a la resistencia individual de una sustancia. La abrasión del esmalte puede generar la unión micromecánica entre el esmalte y el agente de unión ⁽⁵⁾.

El óxido de aluminio o Al_2O_3 , en condiciones ambientales, es un polvo cristalino inodoro blanco que es insoluble al agua. Las propiedades, tanto físicas como químicas, varían según el método de preparación; algunos de ellos dan diferentes modificaciones cristalinas. La variedad formada a muy alta temperatura es bastante inerte químicamente ⁽¹³⁾.

La investigación *in vitro* realizada por Daratsianos y colaboradores tuvo como objetivo evaluar si el arenado al esmalte con Al_2O_3 de 27 μm podría reemplazar el grabado ácido. Al realizar la evaluación de resistencia al cizallamiento, mostró valores poco favorables usando únicamente el arenado al esmalte y al combinar el arenado con el grabado ácido no mostraron diferencias relevantes ⁽¹⁴⁾.

La investigación *in vitro* realizada por Anja y colaboradores concluye que el uso de abrasión por aire y preparación sónica con adhesivo de autograbado de un solo paso no parece mejorar ni afectar la resistencia de la unión en la dentina ⁽¹⁵⁾.

Otra de las variables que pueden intervenir es la utilización de láseres pulsados ultracortos para preparar los dientes antes de los procedimientos de unión ortodóncica. Estos láseres pueden enfocarse con una precisión y reproducibilidad excepcionales hacia la superficie del esmalte. Esta preparación da como resultado la ablación de capas delgadas de esmalte sin dañar el esmalte adyacente o causar vibración o calentamiento. Un estudio más reciente, realizado por Hodžić y colaboradores, considera que el previo tratamiento con láser de Erbium:YAG (Er:YAG) en el modo de pulso super-corto (de siglas SSP en inglés) programado para las superficies del esmalte proporciona una mayor resistencia al cizallamiento y un comportamiento de corte del material de fijación similar a los procedimientos

convencionales, convirtiéndose en una posible alternativa al grabado con ácido ^(16,17).

Tipo de bracket. El tipo de material que conforma la base del bracket influyen directamente en la adhesión. Desde la introducción de los brackets cerámicos monocristalinos y policristalinos en el año 1986, iniciaron los estudios para evaluar sus propiedades de uso, entre ellas las técnicas para evaluar la eficacia adhesiva ⁽¹⁸⁾.

En el año 1990, Joseph y Rossouw realizaron un estudio que tuvo como objetivo establecer la diferencia de la unión al cizallamiento de brackets metálicos y cerámicos utilizados con resinas químicamente y activadas por luz. A la evaluación de una muestra de 48 dientes caninos adheridos a brackets según el material y el tipo de cementación, se registró que los brackets metálicos adheridos con cemento autocurado y fotocurado presentaron una resistencia al cizallamiento promedio de 17,34 mm/m^2 y 17,80 mm/m^2 respectivamente. Por otro lado, los grupos de brackets cerámicos adheridos con cementos de autocurado y de fotocurado presentaron una resistencia al cizallamiento significativamente mayor que el grupo de brackets metálicos, con 28,27 mm/m^2 y 24,25 mm/m^2 respectivamente. El estudio concluyó estos valores promedio eran mayores a los valores clínicamente aceptables. En una investigación más reciente, Reddy y colaboradores, al realizar una evaluación similar, los brackets cerámicos policristalinos presentaron una mayor resistencia al cizallamiento que los metálicos ^(19,20).

La resistencia al cizallamiento mayor en la adhesión de brackets cerámicos policristalinos sobre los brackets metálicos también fue confirmada en el estudio de Forsberg y Hagberg; sin embargo, en el estudio de Viazis se evidenció que los brackets monocristalinos presentaban una resistencia al cizallamiento menor ^(21,22).

Respecto a los valores mínimos aceptados que mencionan en diferentes investigaciones utilizadas en el marco teórico, la resistencia al cizallamiento mínima aceptable se encuentra en un rango de 5,9 a 7,8 MPa (megapascuales, equivalentes a mm/m^2), valor propuesto en la investigación de Reynolds en 1975 ⁽²³⁾.

Diseño y tamaño del bracket. El diseño y tamaño del bracket, específicamente de la malla de unión representa un factor significativo en la adherencia al bracket. En el caso de los brackets metálicos, de acuerdo con la investigación de Sorel y colaboradores,

evidenciaron que los brackets con una base estructurada con láser (Discovery, Dentaaurum, Ispringen, Alemania) presentan una resistencia al cizallamiento superior que los brackets compuestos de una base con malla de lámina simple (Minitrimm, Dentaaurum) ⁽²⁴⁾.

En otro estudio, al evaluar la influencia de los diseños y tamaños de base de los brackets con retención en la ranura (Dyna-Lock, Unitek, Monrovia, California); con una base cóncava circular (Accurarch appliance Formula-R, Tomy, Tokio, Japón); con una malla doble con un tamaño de $5,1 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ (Ultratrimm, Dentaaurum, Ispringen, Alemania); doble malla, $3,1 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ (Minidiagonal Roth, Leona, Florencia, Italia); doble malla, $3,1 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ (Tip-edge Rx-I, TP Orthodontics, LaPorte, Ind); y doble malla, $2,9 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ (Mini Diamante, Ormco, Glendora, California). Se concluyó que los brackets con base cóncava circular (Tomy) demostraron una resistencia al cizallamiento promedio más alto que los brackets con forma estándar; además, los brackets con el tamaño de malla más grande mostraron una resistencia al cizallamiento promedio más alto en comparación con aquellos con un tamaño de malla más pequeño ⁽²⁵⁾.

En la investigación de Shyagali y colaboradores, se analizó la diferencia en las tensiones generadas en el sistema adhesivo entre brackets y dientes, sometidos a una carga de desprendimiento, utilizando un estudio de elementos finitos. Se evidenció que la base de los brackets de malla doble hubo una reducción en la generación de tensión en el esmalte en comparación con la base de brackets de malla simple, sin embargo, este hallazgo no presentó una diferencia estadísticamente significativa. Por tanto, concluyeron que la modificación de la malla puede influir en la capacidad adhesiva del bracket sobre la superficie del diente; por consiguiente, los estudios posteriores que aporten mejoras en la forma del diseño de los brackets tendrán implicancias clínicas en la eficacia adhesiva ⁽²⁶⁾.

Adhesivo. Se ha comprobado que el tipo de adhesivo influye en la eficacia adhesiva. Inicialmente la investigación de Bishara en 1999, al evaluar diferentes sistemas adhesivos, considera que el sistema adhesivo de resina compuesta-ácido fosfórico fue significativamente mayor que el de los otros sistemas probados, mientras que el SBS promedio del sistema adhesivo de ionómero de

vidrio fue significativamente menor en comparación con los otros sistemas ⁽²⁷⁾.

Movahhed y colaboradores, realizaron un estudio que evaluó la resistencia al cizallamiento de un ionómero de vidrio curado con luz y reforzado con resina (Fuji Ortho LC) y un adhesivo compuesto combinado con una imprimación autograbante (Transbond XT y Transbond Plus) y se compararon después de diferentes tiempos de fraguado (5 minutos y 15 minutos). Los resultados mostraron que la resistencia al cizallamiento promedio fue mayor con Transbond XT que con Fuji Ortho LC después de ambos tiempos de fraguado ⁽²⁸⁾.

Una evaluación similar se realizó en el estudio de Sharma y colaboradores, donde los brackets cementados con Transbond XT (15,49 MPa) alcanzaron una mayor resistencia al cizallamiento. Los adhesivos de autograbado (Xeno V, 13,51 MPa; Transbond Plus, 11,57 MPa) mostraron valores de resistencia al cizallamiento clínicamente aceptables y una superficie del esmalte casi limpia después de la desunión. El puntaje ARI de 3 (es decir, todos los adhesivos que quedan en el diente) es el más frecuente en Transbond XT (40%), seguido de Rely-a-Bond (30%), Transbond Plus con Transbond XT (15%), y Xeno V con Xeno Ortho (10%). Bajo microscopía, las superficies de esmalte después de la desunión de los brackets aparecieron porosas cuando se realizó un proceso de grabado ácido en las superficies de Rely-a-Bond y Transbond XT, mientras que con los imprimadores autograbantes el esmalte presentó superficies lisas y casi limpias (Transbond Plus y Grupo Xeno V). Es importante considerar que todos los adhesivos arrojaron valores de resistencia al cizallamiento superiores a la fuerza de unión recomendada (5,9-7-8 MPa) ⁽²⁹⁾.

Adhesión a materiales de restauración. La adhesión también debe ser evaluada no solo sobre el esmalte, ya que existen dientes que presentan la corona restaurada, de forma parcial o total; por consiguiente, existieron diversos estudios que evaluaron esta situación clínica. En el caso de restauraciones de amalgama, el estudio de Sperber y colaboradores, comprobaron que la adherencia de brackets a superficies de amalgama utilizando un arenado previo con óxido de aluminio de $50 \mu\text{m}$ permite una resistencia al cizallamiento óptima, comparada con la adhesión de brackets al esmalte de forma convencional ⁽³⁰⁾.

La adherencia de brackets a la porcelana, existen diversos estudios que avalan su uso; sin embargo, especifican que es necesario un protocolo específico para poder garantizar la eficacia adhesiva, tal como el uso del silano ⁽³¹⁻³³⁾.

En el caso de provisionales, Rambhia y colaboradores evaluaron la resistencia al cizallamiento de brackets de ortodoncia unidos a materiales de corona provisional utilizando dos resinas ortodónticas diferentes. Utilizando 40 muestras preparadas con materiales de corona provisionales que incluían Integrity, Jet, Protemp y Snap, se cementaron dos marcas de brackets de ortodoncia, Clarity y Victory, utilizando los cementos Fuji Ortho LC y Ortho Bracket Adhesive. Como resultado, la resistencia al cizallamiento promedio de los brackets unidos a Snap fue significativamente bajo en comparación con los otros materiales. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los dos brackets o las dos resinas utilizadas. Además, se encontró que la falla de unión para todas las muestras se produjo entre el material de corona provisional y la resina adhesiva ⁽³⁴⁾.

Relacionado a la superficie dentaria.

Respecto a la fluorosis, aunque los cristales de esmalte en los dientes con fluoración severa pueden estar separados por espacios entre varillas más grandes, no se observaron otras diferencias significativas en los cristales de esmalte en comparación con los dientes sin fluoruro. En consecuencia, no se ha observado ninguna relación entre el patrón de grabado y la gravedad de la fluorosis de acuerdo con la revisión bibliográfica de Bakhadher y colaboradores ⁽⁵⁾.

Sin embargo, el estudio de Adanir y colaboradores evaluaron el efecto de la fluorosis en la resistencia al cizallamiento de brackets de ortodoncia. Los resultados mostraron que la fluorosis redujo significativamente la resistencia al cizallamiento de los brackets de ortodoncia ⁽³⁵⁾.

Suma y colaboradores evaluaron el efecto de la abrasión por aire en la resistencia al cizallamiento de brackets unidos a dientes fluorados. Sesenta dientes premolares extraídos con fluorosis moderada a severa según los criterios de Dean se dividieron en 3 grupos: grabado ácido seguido de brackets de unión con Transbond XT; abrasión por aire seguida de grabado ácido después de lo cual se unieron los brackets usando Transbond XT; y abrasión por aire seguida de grabado ácido

después de lo cual se unieron los brackets usando Enlight LC. Los autores concluyeron que, independientemente del material de unión utilizado, la abrasión por aire seguida de grabado ácido mostró una resistencia al cizallamiento promedio significativamente más alta en comparación con solo el grabado ácido ⁽³⁶⁾.

Factores extrínsecos.

Los enjuagues bucales y otros materiales utilizados para la prevención de caries y remineralización del esmalte en la resistencia al cizallamiento de brackets de ortodoncia fueron evaluados por un estudio de Bishara y colaboradores, encontrando que la clorhexidina aplicada sobre el bracket y las superficies de los dientes después de que se completó el procedimiento de unión o aplicada como una pasta profiláctica sobre la superficie del esmalte sin grabar antes de que se iniciara el procedimiento de unión, no tuvo un efecto significativo en la resistencia al cizallamiento de los brackets de ortodoncia. Por otro lado, Kecik y colaboradores evaluaron el efecto del fosfato de caseína-fosfato de calcio amorfo (CCP-ACP) y el fluoruro de fosfato acidulado (APF) en la resistencia al cizallamiento de brackets. Llegaron a la conclusión que el CPP-ACP, ya sea solo o combinado con APF, no tuvo un efecto significativo sobre la resistencia al cizallamiento de los Brackets ^(37,38).

Respecto al tabaquismo, en la investigación de Omar y colaboradores, se evaluó el efecto del humo del cigarrillo en la resistencia al cizallamiento en brackets metálicos y cerámicos. El estudio, de tipo *in vitro*, reportó una disminución significativa de los brackets adheridos bajo la simulación del humo de cigarrillo con un valor de 8,7 y 2,8 Kpa para el grupo de brackets cerámicos y metálicos respectivamente en contraste con el grupo de brackets no sometidos al humo de cigarrillo. El humo del cigarrillo y los factores asociados con su consumo, como el vapor de calor, los múltiples compuestos químicos que componen el cigarrillo y su concentración en el esmalte y la dentina afectan significativamente la fuerza de unión de los brackets ⁽³⁹⁾.

El tratamiento de clareamiento dental también se encuentra considerado como uno de los factores influyentes. En la investigación de Zarif y colaboradores, cuyo objetivo fue determinar el efecto del blanqueamiento y la desensibilización sobre la resistencia al cizallamiento de los brackets metálicos al esmalte. Se concluyó que el blanqueamiento más la desensibilización disminuyeron

significativamente la resistencia al cizallamiento de los brackets de ortodoncia; por ello, es recomendable retrasar el procedimiento de cementación de aparatología durante al menos dos semanas o utilizar métodos alternativos de tratamiento de la superficie, como láser combinado y grabado con ácido o chorro de arena combinado y grabado con ácido para mejorar la resistencia al cizallamiento⁽⁴⁰⁾.

TÉCNICAS PARA EVALUAR LA ADHESIÓN ORTODÓNTICA

Resistencia al cizallamiento.

La resistencia al cizallamiento es la fuerza de adherencia entre el bracket y la superficie del diente. Esta magnitud es medida en mega Pascales (MPa). Esta prueba es necesaria para poder evaluar si la fuerza de adherencia es influenciada por los factores evaluados en cada estudio. Para ello, la base donde están sostenidos los brackets cementados se adaptan a una máquina universal de ensayos mecánicos utilizando una cuchilla de borde de cincel en la interface bracket /esmalte, de tal manera que la base del bracket fuera paralela a la dirección de la carga de corte, creando una fuerza de corte en la interfaz del bracket y esmalte a una velocidad de cruceta de 0,5 mm/min, con una celda de carga de 2 kilonewton. La máquina registrará la fuerza de desunión en Newton y se realizará la conversión a MPa⁽¹⁰⁾.

Índice de adhesivo remanente.

El índice de adhesivo remanente es un índice cualitativo que permite medir la cantidad de adherencia de resina sobre el esmalte utilizando rangos establecidos por niveles. Para ello, luego del desprendimiento de los brackets, se realiza la evaluación utilizando un microscopio óptico con un aumento de 10x⁽⁴¹⁾.

En la presente investigación, se utilizará la modificación de cinco escalas propuesta por Ostby y colaboradores⁽⁴²⁾:

- Puntuación 1: todo el compuesto permaneció en el diente, con una impresión de la base del bracket.
- Puntuación 2: más del 90% del compuesto permaneció en el diente.
- Puntuación 3: más del 10% pero <90% del compuesto permaneció en el diente.
- Puntuación 4: Menos del 10% del compuesto permaneció en la superficie del diente.
- Puntuación 5: No quedó material compuesto sobre el esmalte.

Análisis de supervivencia *in vivo*.

Este análisis consiste en realizar la cementación de aparatología en pacientes, los cuales principalmente iniciarán un tratamiento de ortodoncia, y monitorear en los controles de ortodoncia si se despegan los brackets. El despegue permitirá evaluar si las variables que han sido asignadas en los grupos de estudio influyeron en el despegue de Brackets⁽⁴³⁾.

Es importante este tipo de estudios, ya que los estudios *in vitro* se realizan en condiciones idealizadas que no reflejan con precisión el entorno oral. Estas condiciones clínicas puede ser el riesgo de contaminación por saliva y sangre, erosión del adhesivo por los alimentos y dificultad para alcanzar ciertas áreas de la boca. Por lo general este tipo de estudios es a boca partida, para igualar las condiciones entre grupos, tales como minimizar el efecto de las diferencias personales como el cepillado y los hábitos alimenticios⁽⁴⁴⁾.

El análisis de Weibull es un método útil de análisis de supervivencia para evaluar el comportamiento de fractura de los materiales y la probabilidad de falla a cierto nivel de estrés⁽⁴⁵⁾.

Evaluación microscópica de la microfractura.

La microfractura se produce a partir de la reducción de la integridad marginal en esta unión provocaría la desunión de los brackets durante el tratamiento de ortodoncia. Esta condición genera una disminución en la fuerza de unión entre el diente y el bracket; además, permite la acumulación de placa bacteriana, causando lesiones cariosas, iniciando por manchas blancas. Por ello, es necesario realizar la evaluación de microfracturas⁽⁴⁶⁾.

De acuerdo con la revisión de Karandish, para realizar la evaluación, se sumergen los dientes a una solución de tinte y el investigador inicia la evaluación; sin embargo, debido a la capacidad del tinte fluorescente para penetrar en los túbulos, los resultados de distorsión son inevitables; por ello, el azul de metileno es la opción opcional, porque la base orgánica de esta molécula se combina con ácido y su tamaño es de alguna manera más pequeño que el tamaño de las bacterias, lo que ayuda al azul de metileno a penetrar en los túbulos. Por el contrario, al utilizar una solución de nitrato de plata, no pudieron detectar la penetración del tinte porque la partícula no podía penetrar en mini espacios^(46,47).

Luego del procedimiento de tinción, la evaluación puede realizarse utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM), un microscopio de fluorescencia, un microscopio óptico o un microscopio de barrido láser confocal (CLSM). La eficacia de las evaluaciones microscópicas se puede determinar evaluando la profundidad de penetración, la calidad y el grosor de la capa híbrida⁽⁴⁸⁾.

CONCLUSIONES

La cementación de aparatología ortodóntica fija debe ser un procedimiento bien planificado, que involucre contar con los materiales apropiados para cada situación clínica y conocer las características de la superficie dentaria, el historial médico y estomatológico del paciente.

Contribuciones de autoría.

AMM y MCMSR: Recopilaron y analizaron la información. Redactaron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS

- Proffit W, Fields H, Sarver D. Ortodoncia Contemporánea. Barcelona: Elsevier; 2008. 754 p.
- Artun J, Spadafora AT, Shapiro PA. A 3-year follow-up study of various types of orthodontic canine-to-canine retainers. *Eur J Orthod.* 1997 Oct 1;19(5):501–9. DOI: 10.1093/ejo/19.5.501
- Sukhia RH, Sukhia HR, Azam SI, Nuruddin R, Rizwan A, Jalal S. Predicting the bracket bond failure rate in orthodontic patients: A retrospective cohort study. *Int Orthod.* 2019 Jun;17(2):208–15. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.03.002
- Grazioli G, Hardan L, Bourgi R, Nakanishi L, Amm E, Zarow M, et al. Residual Adhesive Removal Methods for Rebonding of Debonded Orthodontic Metal Brackets: Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel).* 2021 Oct 15;14(20):6120. DOI: 10.3390/ma14206120
- Bakhadher W, Halawany H, Talic N, Abraham N, Jacob V. Factors Affecting the Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets - a Review of In Vitro Studies. *Acta Medica (Hradec Kral.* 2015;58(2):43–8. DOI: 10.14712/18059694.2015.92
- Newman G. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod.* 1965;51(12):901–12. DOI: 10.1016/0002-9416(65)90203-4
- Ropp RC. Group 15 (N, P, As, Sb and Bi) Alkaline Earth Compounds. In: *Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds.* Elsevier; 2013. p. 199–350.
- Legler L, Retief D, Bradley E. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;98(2):154–60. DOI: 10.1016/0889-5406(90)70009-2
- Gardner A, Hobson R. Variations in Acid-Etch Patterns With Different Acids and Etch Times. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2001;20(1):64–7. DOI: 10.1067/mod.2001.114643
- Shafiei F, Sardarian A, Fekrazad R, Farjood A. Comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a universal adhesive using different etching methods. *Dent Press J Orthod.* 2019 Aug;24(4):33.e1-33.e8. DOI: 10.1590/2177-6709.24.4.33.e1-8.onl
- Ousehal L, El Aouame A, Rachdy Z, Benkiran G. Comparison of the efficacy of a conventional primer and a self-etching primer. *Int Orthod.* 2016 Jun;14(2):195–205. DOI: 10.1016/j.ortho.2016.03.005
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2-Hydroxyethyl methacrylate, CID=13360 [Internet]. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Hydroxyethyl-methacrylate>
- National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. Aluminum oxide, CID=9989226 [Internet]. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aluminum-oxide>
- Daratsianos N, Schütz B, Reimann S, Weber A, Papageorgiou SN, Jäger A, et al. The influence of enamel sandblasting on the shear bond strength and fractography of the bracket-adhesive-enamel complex tested in vitro by the DIN 13990:2017-04 standard. *Clin Oral Investig.* 2019 Jul 13;23(7):2975–85. DOI: 10.1007/s00784-018-2692-7
- Anja B, Walter D, Nicoletta C, Marco F, Pezelj Ribarić S, Ivana M. Influence of Air Abrasion and Sonic Technique on Microtensile Bond Strength of One-Step Self-Etch Adhesive on Human Dentin. *ScientificWorldJournal.* 2015;2015:1–6. DOI: 10.1155/2015/368745
- Lorenzo MC, Portillo M, Moreno P, Montero J, Castillo-Oyagüe R, García A, et al. In vitro analysis of femtosecond laser as an alternative to acid etching for achieving suitable bond strength of brackets to human enamel. *Lasers Med Sci.* 2014 May 13;29(3):897–905. DOI: 10.1007/s10103-013-1278-5
- Latić Hodžić L, Ionescu AC, Brambilla E, Basso M, Gabrić D, Meštrović S. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Luted with RMGIC After Er:YAG Laser Etching with Two Pulse Modes Using a Digitally Controlled “X-Runner” Handpiece. *Photomed Laser Surg.* 2018 Nov;36(11):608–13. DOI: 10.1089/pho.2018.4461
- Birnie D. Ceramic Brackets. *Br J Orthod.* 1990;17(1):71–5. DOI: 10.1179/bjo.17.1.71

19. Joseph VP, Rossouw E. The shear bond strengths of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990 Feb;97(2):121–5. DOI: 10.1016/0889-5406(90)70084-P
20. Reddy Y, Sharma R, Singh A, Agrawal V, Agrawal V, Chaturvedi S. The Shear Bond Strengths of Metal and Ceramic Brackets: An in-Vitro Comparative Study. *J Clin Diagn Res.* 2013;7(7):1495–7. DOI: 10.7860/JCDR/2013/5435.3172
21. Forsberg C, Hagberg C. Shear bond strength of ceramic brackets with chemical or mechanical retention. *Br J Orthod.* 1992;19(3):183–9. DOI: 10.1179/bjo.19.3.183
22. Viazis A, Cavanaugh G, Bevis R. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1990;98(3):214–21. DOI: 10.1016/S0889-5406(05)81598-7
23. Reynolds I. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975;2:171–8. DOI: 10.1080/0301228X.1975.11743666
24. Sorel O, El Alam R, Chagneau F, Cathelineau G. Comparison of bond strength between simple foil mesh and laser-structured base retention brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2002;122(3):260–6. DOI: 10.1067/mod.2002.125834
25. Wang W, Li C, Chou T, Wang D, Lin L, Lin C. Bond strength of various bracket base designs. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2004;125(1):65–70. DOI: 10.1016/j.ajodo.2003.01.003
26. Shyagali TR, Bhayya DP, Urs CB, Subramaniam S. Finite element study on modification of bracket base and its effects on bond strength. *Dent Press J Orthod.* 2015 Apr;20(2):76–82. DOI: 10.1590/2176-9451.20.2.076-082.oar
27. Bishara S, Gordan V, VonWald L, Jakobsen J. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999;115(1):24–8. DOI: 10.1016/s0889-5406(99)70312-4
28. Movahhed HZ, Øgaard B, Syverud M. An in vitro comparison of the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer cement and a composite adhesive for bonding orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 2005 Oct 1;27(5):477–83. DOI: 10.1093/ejo/cji051
29. Sharma S, Singh G, Singh A, Tandon P, Nagar A. A comparison of shear bond strength of orthodontic brackets bonded with four different orthodontic adhesives. *J Orthod Sci.* 2014;3(2):29. DOI: 10.4103/2278-0203.132892
30. Sperber R, Watson P, Rossouw P, Sectakof P. Adhesion of bonded orthodontic attachments to dental amalgam: In vitro study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1999;1116(5):506–13. DOI: 10.1016/s0889-5406(99)70180-0
31. Tahmasbi S, Shiri A, Badiiee M. Shear bond strength of orthodontic brackets to porcelain surface using universal adhesive compared to conventional method. *Dent Res J.* 2020;17(1):19–24.
32. Oldham CC, Ballard RW, Yu Q, Kee EL, Xu X, Armbruster PC. In vitro comparison of shear bond strengths of ceramic orthodontic brackets with ceramic crowns using an aluminium oxide air abrasion etchant. *Int Orthod.* 2020 Mar;18(1):115–20. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.07.005
33. Golshah A, Mohamadi N, Rahimi F, Pouyanfar H, Tabaii ES, Imani MM. Shear Bond Strength of Metal Brackets to Porcelain Using a Universal Adhesive. *Med Arch.* 2018;72(6):425–9. DOI: 10.5455/medarh.2018.72.425-429
34. Rambhia S, Heshmati R, Dhuru V, Iacopino A. Shear bond strength of orthodontic brackets bonded to provisional crown materials utilizing two different adhesives. *Angle Orthod.* 2009;79(4):784–9. DOI: 10.2319/060908-298.1
35. Adanir N, Turkkahraman H, Yalcin Gungor A. Effects of adhesion promoters on the shear bond strengths of orthodontic brackets to fluorosed enamel. *Eur J Orthod.* 2009 Jun 1;31(3):276–80. DOI: 10.1093/ejo/cjn093
36. Suma S, Anita G, Chandra SB, Kallury A. The effect of air abrasion on the retention of metallic brackets bonded to fluorosed enamel surface. *Indian J Dent Res.* 2012;23(2):230–5. DOI: 10.1093/ejo/cjn093
37. Bishara S, Vonwald L, Zamtua J, Damon P. Effects of various methods of chlorhexidine application on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;114(2):150–3. DOI: 10.1053/od.1998.v114.a84780
38. Keçik D, Cehreli S, Sar C, Unver B. Effect of acidulated phosphate fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2008;78(1):129–33. DOI: 10.2319/122506-529.1
39. Omar H, Haggag S, Ghoneima A. The effect of cigarette smoke on the shear bond strength of metallic and ceramic orthodontic brackets: An in vitro study. *Int Orthod.* 2020 Mar;18(1):121–6. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.07.002
40. Zarif Najafi H, Bagheri R, Pakshir HR, Tavakkoli MA, Torkan S. Effect of different surface treatment on the shear bond strength of metal brackets to bleached and desensitized enamel. *Int Orthod.* 2019 Mar;17(1):73–9. DOI: 10.1016/j.ortho.2019.01.008
41. Goracci C, Özcan M, Franchi L, Di Bello G, Louca C, Vichi A. Bracket bonding to polymethylmethacrylate-based materials for computer-aided design/manufacture of temporary restorations: Influence of mechanical treatment and chemical treatment with universal adhesives. *Korean J Orthod.* 2019;49(6):404. DOI: 10.4041/kjod.2019.49.6.404
42. Ostby AW, Bishara SE, Denehy GE, Laffoon JF, Warren JJ. Effect of self-etchant pH on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008;134(2):203–8. DOI: 10.1016/j.ajodo.2006.07.039
43. Vijayakumar R, Jagadeep R, Ahamed F, Kanna A, Suresh K. How and why of orthodontic bond failures: An in vivo study. *J Pharm Bioallied Sci.*

- 2014;6(1):S85–9. DOI: 10.4103/0975-7406.137394
44. Stanford S, Wozniak W, Fan P. The need for standardization of test protocols. *Semin Orthod.* 1997;3:206–9. DOI: 10.1016/s1073-8746(97)80071-0
45. McCabe J, Carrick T. A statistical approach to the mechanical testing of dental materials. *Dent Mater.* 1986;2:139–42. DOI: 10.1016/s0109-5641(86)80021-5
46. Karandish M. Relevance of Micro-leakage to Orthodontic Bonding - a Review. *J Dent Biomater.* 2016;3(3):254–60.
47. Öztürk F, Ersöz M, Öztürk SA, Hatunoğlu E, Malkoç S. Micro-CT evaluation of microleakage under orthodontic ceramic brackets bonded with different bonding techniques and adhesives. *Eur J Orthod.* 2016 Apr;38(2):163–9. DOI: 10.1093/ejo/cjv023
48. Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater.* 2013 Jan;29(1):59–84. DOI: 10.1016/j.dental.2012.07.158

Arnaldo Alfredo Munive Mendez
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4676-7798>
Correo: peamuniv@upc.edu.pe

Juanita María Cristina Montserrat Servat Riepl
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6781-7778>
Correo: E202210195@upc.edu.pe

Copyright © La revista. La revista Kiru es publicada por la Facultad de Odontología de la [Universidad de San Martín de Porres](#), en Lima, Perú.