



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Medicina

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METÁLICOS DESCEMENTADOS Y CEMENTADOS POSTERIOR A SU ACONDICIONAMIENTO CON DIFERENTES ARENADORES.”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de la

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

M.E. Paola Fernández Castro.

Dirigido por:

C.D.E.O. Haydee Burquete Torres.

Querétaro, Qro. a 30 de Octubre del 2025

M.E. PAOLA FERNÁNDEZ CASTRO

“ EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO DE BRACKETS METÁLICOS DESCEMENTADOS Y CEMENTADOS POSTERIOR A SU ACONDICIONAMIENTO CON DIFERENTES ARENADORES.”

2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Ortodoncia

“Evaluación de la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con diferentes arenadores.”

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de la
Especialidad en Ortodoncia.

Presenta:

M.E. Paola Fernández Castro.

Dirigido por:

C.D.E.O Haydee Buquete Torres.

C.D.E.O Haydee Burguete Torres.
Presidente

C.D.E.O Ma. De Lourdes Arvizu Valencia.
Secretario

C.D.E.O Luis Alberto Anguiano Martínez.
Vocal

C.D.E.O Verónica Reyes Resendiz.
Suplente

Dra. En C. Elisa Rebeca Ascencio Renteria.
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
30 de Octubre 2025
México

Resumen

Introducción: Uno de los problemas más comunes en la práctica de ortodoncia es el descementado intencional o accidental de los brackets, por lo cual el saber con qué herramienta es mejor acondicionarlos para su reutilización sin dañar la malla de retención y conservando su resistencia al cizallamiento es de gran ventaja para evitar generar gastos extras al paciente. **Objetivo:** Identificar con qué tipo de arenador se acondiciona mejor un bracket metálico descementado para que ofrezca mayor resistencia al cizallamiento, el arenador portátil de unidad o el microarenador estándar de pistola. **Material y métodos:** Se realizó un estudio experimental *in vitro*, en el cual se compararon 60 premolares humanos, fueron divididos en: brackets nuevos, brackets metálicos recementados a premolares posterior a su acondicionamiento con microarenador estándar de pistola, brackets metálicos recementados a premolares posterior a su acondicionamiento con arenador portátil de unidad (Introligh) y brackets metálicos recementados a premolares sin ningún tipo de acondicionamiento previo, los cuales fueron sometidos a fuerzas de cizallamiento mediante una máquina de pruebas universales a una velocidad de 1 milímetro/minuto hasta que el bracket fuera desprendido. Posteriormente se realizó la prueba Kruskal-Wallis, y un Post Hoc de Dunn, utilizando el software Graphpad versión 3. **Resultados:** Se obtuvo un valor de p estadísticamente significativo (<0.0001) al comparar los grupos, no se encontró diferencia significativa al comparar brackets nuevos y brackets reacondicionados con microarenador estándar de pistola, tampoco se encontró diferencia entre los brackets reacondicionados con microarenador estándar de pistola y arenador Intoligh, pero al comparar brackets nuevos y brackets reacondicionados con el arenador Introligh si se encuentra diferencia significativa. **Conclusiones:** Se pueden reciclar brackets desprendidos al acondicionarlos con microarenador estándar de pistola, obteniendo una resistencia al cizallamiento similar con los brackets nuevos.

(Palabras clave: reacondicionamiento, brackets metálicos, reciclado, arenado, descementado)

Summary

Introduction: One of the most common problems in orthodontic practice is the intentional or accidental debonding of brackets. Therefore, knowing which tool is best used to condition them for reuse without damaging the retention mesh and maintaining their shear strength is of great advantage to avoid generating extra expenses for the patient. **Objective:** To identify which type of sandblaster best conditions a debonded metal bracket to offer greater shear strength: the portable unit sandblaster or the standard gun micro-sandblaster. **Material and methods:** An in vitro experimental study was carried out, in which 60 human premolars were compared. They were divided into: new brackets, metal brackets recemented to premolars after conditioning with a standard gun microblaster, metal brackets recemented to premolars after conditioning with a portable unit sandblaster (Introlight) and metal brackets recemented to premolars without any type of previous conditioning, which were subjected to shear forces using a universal testing machine at a speed of 1 millimeter/minute until the bracket was detached. Subsequently, the Kruskal-Wallis test and a Dunn's Post Hoc test were performed using Graphpad version 3 software. **Results:** A statistically significant p value (<0.0001) was obtained when comparing the groups. No significant difference was found when comparing new brackets and brackets reconditioned with a standard microblaster. No difference was found between brackets reconditioned with a standard microblaster and the Intolight sandblaster. However, a significant difference was found when comparing new brackets and brackets reconditioned with the Intolight sandblaster. **Conclusions:** Detached brackets can be recycled by conditioning them with a standard gun microblaster, obtaining a shear strength similar to that of new brackets.

(**Keywords:** reconditioning, metal brackets, recycling, sandblasting, debonding)

Dedicatorias

A mi madre por siempre confiar en mí, aún y cuando yo ya no podía más y siempre tener las mejores palabras de aliento.

A mi papá por apoyarme en mis estudios y estar para mí siempre.

A mi abuelo Chilo que, aunque no estuvo a mi lado fue mi más grande ejemplo de que el trabajo y la dedicación siempre trae grandes recompensas.

A mí por nunca conformarme y querer salir adelante.

Agradecimientos

Al Doctor que me impartió la materia de metodología y me llevo paso a paso para completar esta tesis.

A la Nanas Quevedo que es un recuerdo que de que el universo siempre te junta con las personas que vibran igual que tú y que sin ella la especialidad no hubiera sido la misma.

A CONACYT por los recursos otorgados para realizar este proyecto de investigación.

A todos mis pacientes que durante mi formación confiaron en mí y dejaron su salud en mis manos.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Abreviaturas y siglas	vii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Fundamentación teórica	7
III.1 Por qué reacondicionar los brackets.	8
III.2 Métodos de reciclaje.	9
III.3 Variables que pueden alterar la fuerza de adhesión.	17
III.4 Consecuencias del reacondicionado.	20
III.5 Consideraciones en la preparación del diente para recementar un bracket.	22
IV. Hipótesis o supuestos	24
V. Objetivos	
V.1 General	25
V.2 Específicos	25
VI. Material y métodos	
VI.1 Tipo de investigación	26
VI.2 Población o unidad de análisis	26
VI.3 Muestra y tipo de muestra	26
VI.4 Procedimientos	28
VI.5 Análisis Estadístico	34

VII. Resultados	35
VIII. Discusión	37
IX. Conclusiones	42
X. Propuestas	43
XI. Bibliografía	44

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VI.1	Cuadro 1. Comparación de la resistencia al cizallamiento (MPa) de brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con diferentes arenadores	35
VI.2	Cuadro 2. Comparación de la resistencia al cizallamiento (MPa) <i>Post Hoc</i> entre grupos.	36

Abreviaturas y siglas

MPa MegaPascales

Kg Kilogramos

μm Micrómetros

mm Milímetros

mm² Milímetros cuadrados

% Por ciento

°C Centígrados

Er,Cr:YSGG Erbium, Chromium: itrio, escandio y galio

W Watts

ARI Adhesive Remnant Index

mW Milliwatt

cm Centímetro

psi Libras por pulgada cuadrada

I. Introducción

Uno de los problemas más comunes en la práctica clínica con aparatología fija es el descementado ya sea intencional (al querer cambiar de posición) o accidental (por parte del paciente) de los brackets. No es una opción viable para el paciente ni para el profesional que cada que esto ocurre se coloque un bracket nuevo cuando el bracket no se encuentra deformado, por lo tanto es útil para el profesional conocer diferentes métodos de acondicionamiento de la malla del bracket para poder ser reutilizado y cuál de estos es el que mejores resultados ofrece, estos métodos deben de eliminar completamente los restos de resina en la malla sin distorsionar ninguna parte de los componentes del bracket, de esta manera poder reutilizarlos por razones prácticas, económicas y ambientales.

Existen distintos métodos para el acondicionado de la malla del bracket, entre los más comunes y prácticos para el consultorio dental encontramos el arenado con partículas de óxido de aluminio, el flameado y la remoción de resina con pieza de carburo.

Existen diferentes equipos para realizar el arenado de la malla entre ellos encontramos el microarenador portátil de unidad tipo Introlight el cual tiene la ventaja de ser un equipo de pequeña dimensión, económico y ofrece una mayor comodidad y limpieza del área de trabajo, también se encuentran microarenadores de pistola los cuales se pueden conectar a la unidad dental o a una toma de aire previamente instalada, estos requieren un mayor gasto ya que se tiene que acondicionar toda una instalación para obtener un flujo de aire constante y regulado, además que si no se cuenta con una caja protectora para su uso causa mucho desorden y no se podría reutilizar la arena, también se pueden conseguir arenadores los cuales vienen con su métodos de protección y recolección de la arena los cuales tienen un costo elevado en el mercado.

El presente estudio tiene como objetivo identificar cual de estas dos herramientas para el arenado ofrece una mejor limpieza de la malla manteniendo su resistencia al cizallamiento para poder reutilizar los brackets y así poder orientar al clínico a elegir de manera más practica cual elegir en caso de optar por este método de limpieza.

II. Antecedentes

Estudios muestran que los brackets pueden ser reacondicionados de 2 a 5 veces (Goh, 2024; Matasa, 1989).

Un estudio *in vivo* encontró que no había diferencia significativa en los porcentajes de la falla de adhesión cuando se comparó en un seguimiento de 12 meses de brackets reciclados y nuevos (Cacciafesta et al., 2004).

Martina et al. (1997) y Regan et al., (1990), encontraron que reciclar brackets hasta 5 veces no mostraba diferencia significativa en la fuerza de adhesión cuando se comparaba con brackets nuevos.

Faust et al. (1978) en estudios con brackets nuevos y acondicionados, encontraron que la diferencias entre los adhesivos o las mallas de los brackets fueron más dramático que la fuerza de adhesión o de readherencia.

Regan et al. (1993) no encontraron diferencias entre los resultados obtenidos después de la preparación de la base del bracket con una piedra verde y un proceso más complicado que involucra calentamiento en una llama bunsen, chorro de arena y electropulido. Y la caída en la fuerza de unión se consideró importante desde el punto de vista clínico y recomendó que ciertos tipos de base de brackets no deben reutilizarse.

Sonis (1996) comparo la fuerza de adhesión de un bracket metálico previamente descemetado sometido a arenado y uno nuevo, no encontró diferencias entre los dos grupos. El examen de microscopía electrónica de barrido de los brackets tratados con abrasión por aire mostraron una fuerza de unión comparable a la de los brackets nuevos.

Grabouski et al. (1998) estudiaron brackets nuevos, nuevos arenados y descementados arenados, que se adhirieron a dientes extraídos y evaluaron la resistencia de la unión al cizallamiento, encontrando que los brackets descementados limpiados de resina mediante micrograbado tenían resistencias adhesivas al cizallamiento comparables a las de los brackets nuevos cuando se adhiere a dientes previamente tratados.

Un estudio realizado por Mui et al. (1999) en el cual los brackets descementados durante la determinación inicial de la fuerza de adhesión se volvieron a unir después de la eliminación de la resina residual de las superficies del esmalte utilizando cinco tratamientos diferentes, concluyo que el sistema fotopolimerizable produjo una mayor fuerza de adherencia al cizallamiento en la adhesión inicial que el sistema autopolimerizable, el reacondicionamiento de las superficies del esmalte con una fresa de carburo de tungsteno y grabado con ácido dio una fuerza de adhesión más alta (diferencia 5.8 MPa); y características de fractura clínicamente favorables y que se puede usar un bracket nuevo o reutilizarlo después del micrograbado.

Basudan & Al-Emran (2001) compararon los cambios en el ancho del slot, las dimensiones de espacio entre las alas, la base del bracket y la resistencia al corte y desprendimiento, posterior al reacondicionamiento de cinco métodos en el consultorio en brackets metálicos, los resultados mostraron que ninguno de los métodos parecía tener efectos adversos en el slot; el pulido con piedra verde resultó ser el método menos eficiente, mientras que el arenado y flameado directo son los métodos más viables y convenientes para el consultorio.

Banerjee & Watson (2002) encontraron que todos los métodos de reacondicionamiento tenían un efecto positivo, pero la técnica de arenado funcionó mejor. Los brackets reacondicionados mediante arenado y esmerilado superficial mostraron principalmente fallos de tipo mixto, mientras que, en las muestras

completamente reacondicionadas con fresas de piedra verde, los fallos de unión se produjeron predominantemente en el interfaz adhesivo/bracket.

Jones et al. (2002) investigaron los efectos del reacondicionamiento en las dimensiones de la ranura y la resistencia a la fricción estática de los brackets de acero inoxidable a 0, 5 y 10 grados de angulación del bracket/arco y encontraron que, aunque los brackets fueron alterados físicamente por el proceso de reacondicionamiento, su rendimiento durante la mecánica de deslizamiento simulado no se vio afectado negativamente.

Sharma-Sayal et al. (2003) demostraron que se necesitan 27.5 segundos de arenado para limpiar completamente la resina que queda en la malla.

Quick et al. (2005) realizaron una investigación comparando la técnica de flameado, chorro de arena y pulido con piedra verde. Los resultados indicaron que el chorreado con arena fue el método más eficaz para eliminar el composite sin un cambio significativo en la fuerza de unión, los brackets que solo habían sido flameados tenían la fuerza de unión más baja, seguidos por aquellos que habían sido pulidos con una piedra verde.

Mondelli & Feitas (2007) obtuvieron un promedio de 3.47 MPa en su grupo control, sin embargo, cuando se comparó la resistencia en los soportes arenados, encontraron valores medios más bajos, lo que podría deberse al tiempo de chorro de arena de 10 segundos que utilizaron en su estudio.

Bahnasi et al. (2013) llegaron a la conclusión de que los brackets de ortodoncia reciclados con chorro de arena se pueden utilizar como alternativa a los brackets nuevos, lo que podría proporcionar una reducción de costos y, en caso de utilizar brackets reciclados repetidamente, es mejor aplicar un agente adhesivo en la base del bracket para obtener una mayor fuerza de adhesión.

Venugopal et al. (2016) concluyeron que el arenado como método de reacondicionamiento para la base de los brackets provee una mayor fuerza de adhesión comparada con brackets reacondicionados por calentamiento o flameado.

Según Salcedo-Alcaychahua et al. (2020) observaron que los brackets reciclados con arenado mostraron mayor resistencia al cizallamiento aproximadamente de 4 a 6 Mpa más que los que no recibieron arenado y no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tamaños de partículas de óxido de aluminio.

Khanal et al. (2021) obtuvieron que la resistencia al cizallamiento de los brackets nuevos fue significativamente mayor que la de los brackets reciclados. Entre los brackets reciclados, el flameado con chorro de arena proporcionó una resistencia adecuada a la unión al cizallamiento, el flameado con limpieza ultrasónica proporcionó un valor límite para uso clínico y el flameado por sí solo condujo a un valor significativamente más bajo.

III. Fundamentación teórica

La ortodoncia como disciplina empieza a finales del siglo XIX, pero el uso de aparatos para enderezar los dientes data más allá de 3,000 años (Green, 2014).

El concepto de adhesión directa de los brackets a la superficie del diente fue descrito por primera vez por Newman (1965) y significaba que los brackets podían ser colocados en los dientes sin la necesidad de bandas por primera vez, perfeccionando así la instalación de los aparatos ortodónticos y revolucionando esa práctica en la ortodoncia.

La técnica de cementación directa de accesorios ortodónticos a las superficies de los dientes se hizo posible a partir del estudio de Buonocore (1955), que mostró que era posible la existencia de una unión mecánica significativamente más fuerte entre las superficies del esmalte y el material restaurador, cuando el esmalte era acondicionado con una solución de ácido fosfórico al 35% durante 30 segundos.

La fuerza de adhesión debe ser lo suficiente para que el bracket sea capaz de soportar las fuerzas masticatorias, pero por el otro lado no tan fuerte para comprometer que sea fácil y seguro el retirar el bracket al final del tratamiento (Anita & Kailasam, 2021).

Reynolds (1975) dice que de 5.9 MPa a 7.8 MPa es un rango de fuerza de adhesión óptimo requerido clínicamente.

La fuerza de adhesión entre adhesivo/esmalte (química) y adhesivo/bracket (mecánica), deben de ser excelentes para resistir las fuerzas experimentadas durante todo el tratamiento ortodóntico y también no ser debilitadas por los fluidos de la cavidad oral (Keizer et al., 1976). El promedio máximo de fuerza de adhesión al esmalte es de 121Kg por centímetro cuadrado, y la máxima fuerza de adhesión

al material del bracket es de 53Kg por centímetro cuadrado, por consecuente la unión del adhesivo al material del bracket es el punto de quiebre del procedimiento de adhesión de los Brackets (Keizer et al., 1976).

Por qué reacondicionar los brackets.

El desprendimiento de los brackets es inevitable en el tratamiento de ortodoncia fija, comúnmente es causada por fuerzas masticatorias inapropiadas o por una pobre técnica de adhesión (Ahrari et al., 2012), la tasa de fallo reportado en la literatura es de 2.7 a 23% (Lovius et al., 1987), el fallo de 1 de cada 10 brackets se considera clínicamente aceptable (Mavropoulos et al., 2003), con tasas de fracaso clínico del 6% para un adhesivo curado químicamente (O'brien et al., 1989) y del 6.5% para un adhesivo fotopolimerizable (Read & O'Brien, 1990).

Actualmente los brackets individualizados son más populares los cuales llevan características incorporadas para compensar los dobleces de primer, segundo y tercer orden (ProffitWR & Sarver, 2013); esto aumenta los costos de los brackets, por lo cual reemplazar un bracket desprendido o reubicarlo como suele hacerse en etapas avanzadas del tratamiento con uno nuevo eleva los costos del tratamiento ortodóntico.

El recementado es usado después de retirar el bracket intencionalmente por el clínico para obtener una posición más apropiada del bracket, o cuando se desprende por fuerzas traumáticas, es de enorme importancia clínica y económica para el ortodoncista saber cómo reciclar los brackets sin afectar en la fuerza de adhesión, el objetivo de todo sistema de reciclaje es remover por completo el adhesivo del bracket sin dañar o debilitar la delicada malla de la base o distorsionar las dimensiones del slot, y manteniendo una adecuada fuerza de adhesión (Khanal et al., 2021), con el fin de eliminar todas las impurezas relacionadas con el

tratamiento de ortodoncia, para que el bracket pueda volver a adherirse al esmalte (Martina et al., 1997).

Los brackets se pueden reciclar indirectamente enviándolos a servicios de reacondicionamiento especializados externos o directamente en la clínica de ortodoncia (Montero et al., 2015). Entre los métodos de reacondicionamiento de brackets en el consultorio se encuentran varias técnicas para lograrlo, como pueden ser por métodos mecánicos (piedra verde o fresa de carburo con pieza de baja velocidad, escariador periodontal, arenado, laser), métodos térmicos (flameado o calentamiento en horno) o una combinación de estos (método Buchman, que consiste en flameado directo para quemar el composite, seguido de arenado y electropulido), cuando se utiliza el método Buchman o la máquina BigJane, el procedimiento es complejo y toma mucho tiempo, por lo cual el método de arenado y flameado parecen ser opciones clínicamente viables, simples y que se puede realizar rápidamente (Mascia & Chen, 1982).

El mayor beneficio del reciclaje es el ahorro económico, que puede llegar al 90%, debido a que un mismo bracket puede reutilizarse hasta cinco veces (Matasa, 1989).

Métodos de reciclaje

Piedra verde de carburo en pieza de baja velocidad.

La piedra verde de carburo en pieza de baja velocidad es un método fácil y comúnmente utilizado para eliminar la resina, pero en la mayoría de los estudios se reporta una significativa reducción de la fuerza de adhesión (Basudan & Al-Emran, 2001; Tavares et al., 2006; Wright & Powers, 1985), siendo un método no tan eficiente al limpiar la base del bracket ya que causa un severo daño en la estructura de la malla y deja alrededor del 30% del adhesivo (Ahrari et al., 2012).

Técnica de arenado con óxido de aluminio

Quick et al. (2005), intentaron encontrar un método en el consultorio dental rápido para acondicionar los brackets y descubrieron que la técnica de arenado proporcionaba la forma más simple y eficiente.

Este mecanismo de chorro fue introducido por Black (1950), pero no fue hasta Dasch et al. (1993) y Millett et al. (1993) lo aplicaron para aumentar satisfactoriamente la fuerza de unión, utilizando ionómero de vidrio en soportes cementados, y Miller & Zernik (1996) los cuales arenaron las bandas para aumentar la fuerza de adhesión.

El arenado es un proceso que consiste en aventar partículas abrasivas con aire a presión como fuente de poder, convirtiendo exitosamente el aire comprimido y el movimiento de las partículas en un tratamiento efectivo de limpieza, este proceso es bien conocido para la limpieza exterior de puentes, barcos y otros sustratos de acero (Nouveau et al., 2009).

Este método se utiliza para remover el adhesivo y contaminantes, mejorando así la rugosidad de la superficie, y por lo tanto, aumentando la energía superficial y el área disponible para la adhesión, Millett et al. (1993) reportaron que el arenado de la base de los brackets mejoró significativamente el tiempo medio de supervivencia de los brackets adheridos y Black (1950) menciona que se ha demostrado que es el método que menos daña la base del bracket, y el daño microscópico causado por este no afecta la fuerza de adhesión (Mui et al., 1999).

Además, es una técnica simple que puede ser fácilmente realizada por el clínico para limpiar los brackets (Tavares et al., 2003), artículos que reportan mayores valores en la fuerza de adhesión en los brackets arenados lo atribuyen a

la micro rugosidad de la base del bracket producida por las partículas de óxido de aluminio, por lo tanto creando una mayor superficie de adhesión (Rajagopal et al., 2004), además que puede eliminar casi todo el adhesivo remanente en la base del bracket (Ahrari et al., 2012).

Parámetros que considerar:

1.-Tamaño de la partícula de arena.

Según una revisión realizada por Eram et al. (2024) la abrasión por aire funciona al convertir la energía mecánica del aire comprimido en energía cinética. El tamaño de las partículas abrasivas utilizadas en la abrasión por aire es un factor crítico. Las partículas más pequeñas tienen menos masa y, por lo general, son más fáciles de acelerar y controlar con aire comprimido. Estas partículas pueden eliminar capas muy finas de material con alta precisión. Sin embargo, las partículas más pequeñas pueden tener limitaciones en términos de eliminar eficazmente materiales más gruesos o duros. Debido a su tamaño más pequeño, pueden requerir una mayor duración para desgastar las superficies en comparación con las partículas más grandes (Eram et al., 2024).

Según Salcedo-Alcaychahua et al. (2020), no hay diferencia estadísticamente significativa entre el arenado con diferentes tamaños de partícula de óxido de aluminio.

Espinar-Escalona et al. (2012) confirmaron un aumento gradual estadísticamente significativo de la rugosidad al aumentar el tamaño de partícula de grano. También determinaron cierta diferencia entre las superficies chorreadas con óxido de aluminio mostraron valores de rugosidad más altos que las superficies chorreadas con carburo de silicio con diferencias estadísticamente significativas; además concluyeron que el arenado de partículas de 80, 200 y 600 μm no genera

diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los valores de resistencia, sin embargo, los valores de adhesión para partículas de 80 y 200 μm son mejores.

Algunos autores han mencionado que arenar con partículas de 50 μm de óxido de aluminio es la opción más recomendada (Sharma-Sayal et al., 2003; Salama et al., 2018).

2.-Presión.

La presión del aire comprimido utilizado para impulsar las partículas abrasivas es un parámetro de control importante, una presión más alta da como resultado un aumento de la energía cinética de las partículas, acelera las partículas abrasivas a velocidades más altas, lo que puede ser ventajoso para eliminar materiales de manera rápida y eficiente, el nivel de presión debe ajustarse de acuerdo con el material que se está tratando. La selección del tamaño y la presión de las partículas debe equilibrarse cuidadosamente, teniendo en cuenta la aplicación específica y el resultado deseado, las partículas más pequeñas y la presión más baja pueden ser preferibles para una precisión importante y una eliminación mínima de material, por el contrario, es posible que se necesiten partículas más grandes y una presión más alta para una eliminación de material más rápida en aplicación industrial. (Eram et al., 2024).

3.-Distancia

La distancia entre la boquilla que emite las partículas abrasivas y la superficie objetivo se conoce como "distancia de impacto" o "distancia de separación". Cuando la boquilla está más cerca de la superficie, las partículas abrasivas tienen que recorrer una distancia más corta, lo que resulta en un impacto más concentrado e intenso. Esto puede ser ventajoso para tareas que requieren una rápida eliminación de material. Por otro lado, cuando la boquilla está más alejada de la superficie, las

partículas abrasivas tienen que recorrer una mayor distancia y su impacto es menos intenso (Eram et al., 2024).

4.-El ángulo de impacto.

Se refiere al ángulo en el que las partículas abrasivas golpean la superficie, juega un papel crucial en el proceso de eliminación de material. Cuando las partículas abrasivas golpean la superficie en un ángulo perpendicular (80-90 grados), generalmente son más efectivas para eliminar el material directamente debajo de la boquilla (Eram et al., 2024).

Por qué se arena con Óxido de Aluminio.

Fue reconocido muy pronto, por Robert Black en 1945, como un material casi ideal para el proceso de abrasión por aire. Los autores identificaron varias ventajas de este material que lo hacen adecuado para el proceso de abrasión por aire. Estos incluyen su naturaleza no tóxica, estabilidad química, falta de afinidad específica por el agua, propiedades de flujo libre, incoloridad, asequibilidad y fácil disponibilidad (Black, 1945; Bailey & Phillips, 1950). Además, los datos experimentales de Van Leeuwen & Rossano (1952) y Banerjee & Watson (2002) indican que las partículas de polvo generadas durante el proceso de abrasión por aire de alúmina no representan ningún peligro para la salud, en el operador ni para el paciente.

Cotton et al. (1999), demostró que el carburo de silicio es reactivo a sustancias como el cromo, un elemento de aleación de los soportes de acero inoxidable, lo que da como resultado una fijación suelta. Aunque la rugosidad mejora la adherencia, las partículas de desecho y su reactividad con el adhesivo y el acero inoxidable empeoran drásticamente la adherencia general; por lo cual Black (1950) recomienda usar óxido de aluminio con una presión de propulsor de 80 libras por

pulgada cuadrada, una boquilla de 0.018 pulgadas de diámetro interior y una distancia de la punta de la boquilla de 7 a 13 mm con un ángulo de 90 grados, es capaz de eliminar 30 mg de esmalte en 30 segundos o 1 mg por segundo, cuando el arenado se usa en vez de una pieza de alta para preparar el diente.

Flameado.

El acero inoxidable se puede calentar de 400 a 500° C antes de que empiece a perder dureza y resistencia. Mas allá de los 650° C se pierde el temple y la aleación no se puede electropulir para recuperar su brillo original (Wheeler & Ackerman, 1983); La mayoría de los brackets de ortodoncia están hechos de acero inoxidable austenítico, si este acero se calienta entre 400°C y 900°C, se forma un precipitado de carburo de cromo y como resultado, se produce una desintegración parcial de la aleación, lo que conduce a un debilitamiento general de la estructura (Huang et al., 2001).

Problemas tales como la obstrucción de la base y la obstrucción de socavados y ranuras pueden ser experimentados, además un soporte de acero inoxidable sometido a altas temperaturas también adquiere un aspecto marrón inaceptable y requiere un nuevo pulido mediante un proceso de electropulido (Matasa, 1989).

Sin embargo, se debe enfatizar que al incinerar composite se producen humos tóxicos que pueden ser inhalados (Gallo & Doull, 1996). No obstante, la cantidad de composite incinerado en la clínica dental al reacondicionar un bracket es poco y con el uso de cubrebocas en un cuarto ventilado, los vapores producidos son considerados humos poco peligrosos (Basudan & Al-Emran, 2001).

Chetan & Reddy (2011), utilizaron el flameado por 5 segundos y la limpieza ultrasónica por 10 minutos, lo cual resulto en una fuerza de adhesión de 6MPa, ligeramente por encima de lo recomendado clínicamente por Reynolds.

Quick et al. (2005) descubrió que la fuerza de adhesión formada por el flameado seguida de arenado no es estadísticamente diferente a la obtenida por brackets nuevos.

Es una práctica común entre ortodoncistas por la practicidad, la resistencia al cizallamiento de un bracket reciclado usando este método es apenas el recomendable de 6-8 Mpa para soportar fuerzas ortodónticas (Goh, 2024).

Uso de láser.

La familia de los láseres Erbium han sido utilizados efectivamente para la remoción de resina (Almeida et al., 2009; Correa-Afonso et al., 2008). El láser Er,Cr:YSGG, está compuesto por itrio (Yttrium, Y), escandio (Scandium, S) y galio (Gallium, G) contaminado con erbio (Erbium, Er) y cromo (Chromium, Cr), ha sido utilizado exitosamente para el tratamiento de la superficie de la malla, con efectos similares a la técnica de arenado (Kimyai et al., 2010); al igual que en el arenado este causa micro rugosidades en la malla, lo cual puede aumentar potencialmente la retención en el área de adhesión (Ahrari et al., 2012).

El uso de Er,Cr:YSGG deja solo un pequeño porcentaje de adhesivo remanente en la base del bracket 4.9% al usar 3.5W y 5.9% con 4W (Ahrari, et al., 2012a).

Existen pocos estudios evaluando la eficacia del láser Er,Cr:YSGG como método para reciclar brackets. Ishida et al. (2011) no encontraron diferencias significativas en los valores de fuerza de adhesión de los brackets readheridos

tratados con láser Er,Cr:YSGG y los preparados con arenado, o con una combinación de láser Er,Cr:YSGG y arenado.

Al usar laser erbium como método de reciclaje, se produce una fuerza de adhesión en los brackets reciclados igual a la de los brackets nuevos con una media de reducción en fuerza de adhesión de 0.65 MPa (Goh, 2024).

Las ventajas de usar laser erbium son que tiene una energía de penetración baja y una absorción selectiva con los composites, además las retenciones de la malla del bracket no se ven alteradas y el composte puede ser removido de manera eficiente (Almeida et al., 2009).

El alto costo de los láseres también puede ser una gran barrera para su uso común en ortodoncia, sin embargo, los láseres de erbio son polivalentes y el reacondicionamiento de brackets puede considerarse como otra aplicación útil de los láseres en odontología (Ahrari et al., 2012).

La falla de adherencia en la interfaz esmalte-adhesivo se observó con mayor frecuencia en los brackets preparados por arenado y con láser Er,Cr:YSGG, y en los que se utiliza piedra verde de carburo en pieza de baja velocidad y en los brackets nuevos, la mayoría de los fallos se produjeron en la interfaz bracket-adhesivo, dejando una cantidad sustancial de adhesivo en la superficie del diente, lo que indica que esta interfaz es la más débil del sistema (Ahrari et al., 2012).

Se ha demostrado que la resistencia media a la tracción lineal del esmalte es de 14.51MPa (Bowen & Rodriguez, 1962), y se ha informado que la fractura del esmalte durante la extracción del bracket se produce con resistencias de unión tan bajas como 13.7 MPa (Retief, 1974).Teniendo esto en cuenta, el reacondicionamiento del bracket con piedra verde de carburo en pieza de baja velocidad puede ser inferior a lo que se requiere clínicamente, mientras que el uso

del arenado o láser Er,Cr:YSGG podría proporcionar fuerzas de unión que son suficientes y a veces más altas que el umbral de seguridad para uso clínico.

Estos métodos también se pueden utilizar siempre que se requiera una retención adicional, por ejemplo, cuando el ortodoncista prefiere usar cemento de ionómero de vidrio en lugar de compuestos de resina, cuando se planea la adhesión al esmalte moteado o hipoplásico, o cuando se deben unir brackets en los dientes primarios (Ahrari et al., 2012).

Variables que pueden alterar la fuerza de adhesión

Hay que considerar diversas variables que pueden alterar la fuerza de adhesión como, el tiempo y temperatura de flameado (Andrade de Freitas et al., 2018), la contaminación y limpieza del esmalte (Scribante et al., 2013), el tipo y marca de sistema adhesivo utilizado (Proença et al., 2020).

1.-Adhesivo remanente.

Incluso si se usa un bracket nuevo, la fuerza de adhesión puede ser afectada por el adhesivo remanente en la superficie del esmalte, por lo cual será necesario eliminar del esmalte grandes agregaciones de adhesivo, como las que pueden ocurrir alrededor de la periferia de la base del bracket, para permitir el asentamiento correcto del bracket reemplazado (Read & O'Brien, 1990).

Sin embargo, se ha encontrado que el grabado rutinario penetra hasta una profundidad media de 28 μm (Legler et al., 1990), es poco probable que se elimine completamente todo el adhesivo, el pulido de la superficie reduce la fuerza de unión al reducir los grupos químicamente reactivos (Davidson et al., 1981) y producir residuos superficiales (Miranda et al., 1984).

2.-Tipo de adhesivo utilizado para recementar.

Otra decisión que se debe tomar es la selección del adhesivo que se utilizará para volver a unir el bracket, incluso si el bracket se adhirió originalmente con un adhesivo curado químicamente, volver a pegar con un adhesivo fotopolimerizable ofrecería la ventaja de un conjunto de comandos con la capacidad de atar el arco de alambre inmediatamente.

3.-Momento de la colocación del arco

Es común que en la práctica clínica se coloquen los arcos de trabajo antes de pasada la primera hora de la adhesión de los brackets, cuando la resina puede no estar completamente polimerizada, por lo tanto incrementa las posibilidades de falla en la adhesión (Lopez, 1980), y en general la fuerza de adhesión aumenta con el tiempo, pero cualquier incremento de 1hra a 24hras no es significativo (Sharma-Sayal et al., 2003); todos los brackets alcanzan al menos el 76% de su fuerza de adhesión después de 1 hora (Keizer et al., 1976).

4.-Antigüedad de la resina

Se ha encontrado que la resistencia de las restauraciones de composite antiguas reparadas con material fresco se reduce considerablemente en comparación con una sola unidad polimerizada (Reisbick & Brodsky, 1971). Los factores que pueden afectar la unión entre un compuesto antiguo y uno nuevo incluyen la capacidad de humedecer la superficie del material, la cantidad y la actividad química de la resina disponible para la unión y el efecto del tratamiento de la superficie antes de la reparación (Saunders, 1990).

La antigüedad del compuesto reparado también afecta a la fuerza de unión, produciéndose la mayor reducción de la reactividad durante las primeras 24 horas

(Söderholm & Roberts, 1991). También se ha encontrado que el compuesto almacenado en agua tiene un menor potencial de unión que cuando se almacena en seco (BE, 1975), esto indicaría que se podía esperar que un bracket que se había retirado para reposicionarse y luego se había vuelto a unir inmediatamente después tuviera una mejor fuerza de unión que uno que había estado en el entorno oral durante algún tiempo.

5.-Base del bracket.

La alta demanda estética ha llevado a la reducción del tamaño del bracket y por consiguiente su base (Maijer & Smith, 1981), un área retentiva menor es otra variable que considerar en la fuerza de adhesión, al igual que el diseño de la base y el tratamiento de esta.

6.-Malla de la base.

El mecanismo de retención entre los dientes y los brackets depende principalmente del tallado en la malla de los brackets, que facilitan al adhesivo a fluir en las ranuras (Bahnasi et al., 2013).

Según Sharma-Sayal et al. (2003), demuestra que el diseño de la base de los brackets influye significativamente en la fuerza de adhesión, y que los brackets con malla de aluminio de calibre 60, o una muesca integrada logran mayores resistencias de unión, una malla más ancha y configuración de socavado abierto de las bases, permiten una penetración completa y más eficiente del material de adhesión, resultando en fuerzas de adhesión significativamente mayores; por otro lado calibres de malla de aluminio de 80, 100 y 150 pudieran resistir la penetración de este material, resultando en una menor pero aceptable fuerza de adhesión.

También se ha demostrado que los brackets con bases de malla de aluminio tienen una mayor fuerza de unión que aquellos con bases fresadas integrales y bases metálicas perforadas (Zachrisson & Brobakken, 1978, Regan & Van Noort, 1989); pero se observó que la fuerza de unión de los brackets con bases fresadas integrales mejoró cuando se utilizó un cemento de resina de gran relleno (Ferguson et al., 1984).

Además, el chorro de arena durante menos de 9 segundos mejora la unión, pero cuando se realiza más allá de este tiempo, daña y distorsiona la malla de alambre (Sonis, 1996).

Según Regan et al. (1993) la malla fundida de aluminio convencional tiene la mayor fuerza de adhesión una vez acondicionada (A-Company), y la que tiene la menor fuerza de adhesión es la malla de base integral fundida (Edgeway), además vieron que el área media de la base Edgeway (9.83 mm²) era ligeramente menor que la base Microlok (10.36 mm²) y la base A-Company (10.29 mm²). Un factor más importante es el área de la muesca disponible, ya que esto determinará el área de la superficie del adhesivo que puede fallar en un modo cohesivo.

Consecuencias del reacondicionado.

Se encontró una correlación significativamente inversa entre los cambios en el porcentaje de adhesivo restante en la malla después del reciclaje, con los cambios en la fuerza de adhesión. Esto implica que a medida que aumenta el adhesivo restante en la base del bracket, la fuerza de unión disminuirá (Ahrari et al., 2012).

Al volver a pegar brackets usados, estos tendrán cantidades variables de adhesivo en la superficie de ajuste, dado que la unión en la interfaz entre el soporte y el adhesivo es principalmente mecánica y es proporcional a las muescas y a la

rugosidad de la superficie, es probable que la cantidad de adhesivo restante afecte a la resistencia de la unión (Matasa, 1989).

La puntuación ARI, se usa comúnmente como un método para determinar donde es la interfaz de fractura de la adhesión (Ahrari et al., 2012).

0: no existe remanente de resina en el diente, indicando que la falla en la adhesión ocurrió puramente en la interfaz esmalte-adhesivo.

1: < 50% del adhesivo remanente en el diente, implica que la falla en la adhesión ocurre predominantemente en la interfaz esmalte-adhesivo.

2: > 50% del adhesivo remanente en el diente, implica que la falla en la adhesión ocurre predominantemente en la interfaz bracket-adhesivo.

3: Todo el adhesivo remanente se encuentra en el diente con una impresión distintiva de la base del bracket, lo que indica que la falla de la unión ocurrió puramente en la interfaz bracket-adhesivo.

(Mui et al., 1999).

Los brackets reciclados fallan más en la interfase bracket adhesivo, sin causar daños al esmalte (Martina et al., 1997). Los efectos adversos que presenta el reacondicionamiento pueden dar lugar a una reducción del diámetro de la malla base con la consiguiente reducción de las resistencias de unión a la tracción y al cizallamiento, también pueden incluir una alteración en la tolerancia del slot (Postlethwaite, 1992), la corrosión, y la propensión a la liberación de iones metálicos que pueden manchar los dientes o inducir una reacción hipersensible en el tejido oral (Huang et al., 2001).

La resistencia al cizallamiento se define como el esfuerzo requerido para fracturar la interfaz de adherencia entre dos constituyentes cuando se ejecutan potencias paralelas en direcciones opuestas (Henostroza, 2003).

La fuerza de adhesión se define como la fuerza aplicada dividida por el área adherida y se expresa en Mpa (Basudan & Al-Emran, 2001; Oliveira et al., 2017).

Consideraciones en la preparación del diente para recementar un bracket.

Para evitar daños mayores al esmalte, el grabado ácido podría evitarse al recementar un bracket, cuando la resina se redujo en lugar de eliminarse por completo, siempre y cuando la mayor área a ser recementada esté cubierta por resina (Rüger et al., 2011), los autores enfatizan en la compatibilidad del adhesivo y resina que se usa más que en los métodos de reacondicionamiento (Perry, 1980; Rosenstein, 1980).

Remover la resina y el adhesivo y volver a realizar el grabado ácido es necesario solo cuando menos de la mitad del área a ser recementada contiene resina, sin embargo, hay un aumento en el riesgo de desgarre del esmalte. Remover los restos de material adhesivo y no realizar el grabado ácido no proporciona la fuerza de adhesión necesaria (Rüger et al., 2011).

Los instrumentos rotatorios, como las piedras verdes y las fresas de diamante, utilizadas para remover los residuos de adhesivo, pueden producir una grave destrucción del esmalte (Retief & Denys, 1979), los selladores ultrasónicos son eficaces en la eliminación de composite, pero la cantidad de daño severo en la superficie del diente es inaceptable (Walmsley et al., 1989). Zachrisson & Årthun (1979) encontraron que ningún método resultaba en la eliminación completa del adhesivo, pero que una fresa de carburo de tungsteno utilizada a baja velocidad producía los mejores resultados.

Regan et al. (1993) observaron que el procedimiento de grabado no tiene ningún efecto en las áreas con adhesivo aún presente. Esto explicaba la reducción

de la fuerza de unión que se produce incluso cuando se utilizan nuevos brackets, ya que habrá una reducción en la cantidad de retención mecánica disponible en la superficie del esmalte, además que no se encontraban diferencias en las fuerzas de adhesión cuando se recementaba con un adhesivo curado químicamente y un adhesivo fotopolimerizable.

IV. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Los brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con microarenador estándar de pistola presentan mayor resistencia al cizallamiento que los acondicionados con arenador portátil de unidad.

Hipótesis nula

Los brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con microarenador estándar de pistola presentan menor resistencia al cizallamiento que los acondicionado con arenador portátil de unidad.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Identificar qué bracket metálico recementado presenta mayor resistencia al cizallamiento, posterior al acondicionado; los acondicionados con arenador portátil de unidad o los acondicionados con microarenador estándar de pistola.

V.2 Objetivos específicos

Medir la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos nuevos.

Medir la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con microarenador estándar de pistola.

Medir la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con arenador portátil de unidad.

Comparar la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos nuevos, brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con microarenador estándar de pistola y brackets metálicos recementados posterior al acondicionamiento con arenador portátil de unidad.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

Experimental *In vitro*.

VI.2 Unidad de análisis

Brackets metálicos de premolares tipo Roth slot 0.022.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

60 brackets, divididos en 3 grupos de 20 cada uno.

Grupo pistola: Brackets metálicos recementados a premolares posterior a su acondicionamiento con microarenador estándar de pistola.

Grupo Introligth: Brackets metálicos recementados a premolares posterior a su acondicionamiento con arenador portátil de unidad.

Grupo Control Positivo: Brackets metálicos de premolares tipo Roth slot 0.022 con malla de aluminio cementados por primera vez a premolares.

Grupo Control Negativo: Brackets metálicos de premolares tipo Roth slot 0.022 con malla de aluminio cementados posterior a su desprendimiento sin ningún acondicionamiento.

VI.3.1 Criterios de selección

Criterios de inclusión

Brackets de premolares tipo Roth slot 0.022 que cumplieron con las medidas declaradas por el proveedor.

Criterios de exclusión

Brackets que presentaron signos de deterioro significativo o corrosión.

Brackets que presentaron defectos visibles o daños estructurales.

Criterios de eliminación

Se eliminaron todos aquellos especímenes que sufran algún imprevisto durante el desarrollo de las pruebas que imposibilite evaluar las variables de interés.

VI.3.2 Variables estudiadas

Variables dependientes

Resistencia al cizallamiento: Capacidad de un material para resistir la deformación o ruptura cuando se somete a fuerzas que actúan en direcciones opuestas pero paralelas entre sí, provocando un deslizamiento relativo en las paredes del material. Es una medida de la resistencia del material a la separación o deformación bajo cargas de corte. Se mide con la utilización de una máquina universal de pruebas CMS Metrology, para la realización de este proyecto se utilizó a una velocidad de cruce de 1 milímetro/minuto. Es de tipo cuantitativa continua y su unidad de medida son los Megapascals (MPa).

Variables independientes

Brackets metálicos cementados por primera vez: Es un dispositivo utilizado en ortodoncia que se adhiere a la superficie de los dientes para permitir el movimiento controlado de los mismos. Está hecho de metal con una malla de aluminio y está diseñado con una ranura en la que se inserta el arco dental para aplicar fuerzas específicas y corregir la posición de los dientes, el cual se cementa por primera vez en un diente. Es de tipo cualitativa nominal.

Bracket metálico recementado posterior al acondicionado con microarenador estándar de pistola: Bracket el cual fue desprendido de la superficie del diente, el cual su malla es limpiada con un microarenador estándar de pistola conectada a una toma de aire para volver a ser cementado al diente. Es de tipo cualitativa nominal.

Bracket metálico recementado posterior al acondicionado con arenador portátil de unidad: Bracket el cual fue desprendido de la superficie del diente, el cual su malla es limpiada con un arenador portátil de unidad marca Introlight para volver a ser cementado. Es de tipo cualitativa nominal.

VI.4 Procedimientos

Recolección de los especímenes.

1. Se recolectaron 60 premolares que no tuvieron caries, fracturas o daños estructurales y que tuvieron su cúspides vestibulares y palatinas bien desarrolladas en la clínica odontológica de la Facultad de Medicina, los cuales fueron solicitados como donación después de haber sido extraídos por fines protésicos, ortodóncicos o periodontales, y solo se utilizaron para este protocolo y sin fines de lucro. Una vez realizados los experimentos se desecharon conforme a las normas de bioseguridad y disposición de desechos biológicos infecciosos.
2. Los premolares recolectados se almacenaron en un recipiente hermético con solución salina hasta el momento de su uso para evitar su deshidratación.

Preparación de los especímenes

Acondicionamiento del esmalte

3. Se grabó el esmalte de la cara vestibular con ácido ortofosfórico al 35% durante 15 segundos (Fig. 1).

4. Se realizó lavado con agua durante 15 segundos y se procedió a secar la zona con aire.
5. Se procedió a colocar adhesivo Transbond XT 3M Unitek frotando con un microbrush (Fig. 2).
6. Se fotopolimerizó el adhesivo con una lámpara de fotopolimerización LED 3M Elipar con un potencial de luz de 1470 mW/cm 20 segundos (Fig. 3).



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Adhesión del bracket

7. Se colocó una capa ligera y uniforme de resina Transbond XT 3M Unitek a la base del bracket para posteriormente colocarlo sobre el centro de la cara vestibular del diente (Fig. 4).
8. Se realizó una ligera presión con una pinza portabacket sobre el bracket y se retiraron los excedentes de resina con un explorador (Fig. 5 y 6).
9. Se acomodó el bracket de tal manera que quedara centrado mesiodistalmente a una altura de 4mm.
10. Se fotopolimerizó con una lámpara de fotopolimerización LED 3M Elipar con un potencial de luz de 1470 mW/cm² durante 5 segundos cada borde del bracket, dando un total de 20 segundos.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Montaje del espécimen.

11. Se consiguió un molde en forma de cubo que media 2cm x 2cm x 2cm en el cual quedara incluida la raíz del diente (Fig. 7).
12. Se empezó a cubrir el molde conacrílico y monómero con la técnica de espolvoreo y goteo (Fig.8), cuando el molde se encontraba a un 90% de su capacidad se introdujo la raíz del premolar, una vez adentro la raíz en elacrílico se colocó una sonda periodontal para que el bracket quedara paralelo a la sonda, para que de esta manera al momento de colocar la punta plana para hacer la prueba de cizallamiento esta quedara paralela al bracket (Fig. 9).
13. Una vez fraguado elacrílico se enumeraron los cubos del 1 al 60.



Fig. 7



Fig. 8

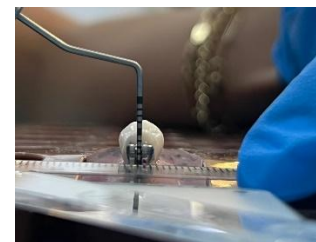


Fig. 9

Prueba de cizallamiento

14. Ya teniendo los especímenes, se procedió a realizar la prueba de cizallamiento en una máquina de pruebas marca CMS Metrology, a una velocidad de cruce de 1 milímetro/minuto. Se colocaron los especímenes sujetos sobre una base diseñada para mantenerlos inmóviles (Fig.10), se sometieron a fuerzas de cizalla mediante una punta plana colocada entre el bracket y el diente de manera paralela (Fig. 11 y 12) hasta ocasionar el desprendimiento del bracket.

15. Se registró la fuerza de cizalla en Newtons en una tabla de Excel.



Fig. 10



Fig.11

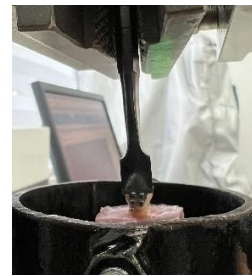


Fig.12

Acondicionamiento de la malla

Acondicionado con arenador portátil de unidad.

16. Posteriormente el bracket desprendido de los primeros 20 premolares fueron sometidos a reacondicionamiento de la malla mediante un arenador portátil de unidad marca Introlight bracket cleaner, el cual estuvo conectado a una unidad dental (Fig. 13), el bracket se colocó en el embolo con la cara vestibular cubierta con cera pegajosa para que este no se moviera (Fig. 14), se introdujo el embolo en el compartimiento y se activó la presión de aire pisando el pedal de la unidad simultáneamente con el botón del arenador para que este liberará partículas de aluminio de 50µm durante 60 segundos,

y así repetidamente hasta observar que se eliminó toda la resina contenida en la base del bracket.

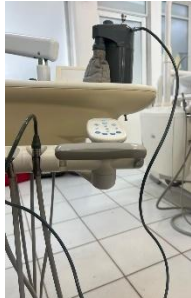


Fig. 13



Fig. 14

Acondicionado con microarenador estándar de pistola.

17. Los brackets desprendidos del 21 al 40 se sostuvieron con una pinza portatubos y se arenaron con un arenador marca Renfert Basic Master (Fig. 15) el cual consta de una pistola conectada a una toma de aire de 60 psi de presión de tal manera que se formó un ángulo de 90 grados entre la base del bracket y la boquilla del arenador a una distancia de 1mm aproximadamente por 60 segundos hasta ver que la resina de la malla había desaparecido (Fig.16).



Fig. 15



Fig.16

Especímenes control

18. Después de realizar la primera prueba de cizallamiento los brackets del 41 al 60, no se les realizó ningún acondicionamiento a su malla.

Montaje del espécimen para la segunda prueba de cizallamiento

19. Se recortó con una recortadora elacrílico alrededor del diente (Fig.17). y se procedió a acondicionar el diente (ácido, enjuague, secado y adhesivo) por la cara palatina de la misma manera que se realizó por la cara vestibular, para tener un esmalte sin un previo acondicionado y no sesgar la adhesión.
20. Se procedió a adherir el bracket acondicionado al igual que se realizó en la cara vestibular, pero esta vez por la cara palatina (Fig.18).
21. Se volvió a montar el espécimen en el molde conacrílico con la técnica de espolvoreo y goteo poniendo el espécimen de tal manera que el bracket adherido en la cara palatina quedara paralelo a la sonda periodontal, para que de esta manera al momento de colocar la punta plana para hacer la prueba de cizallamiento esta quedara paralela al bracket (Fig. 19).
22. Se realizó la prueba de cizallamiento con las mismas condiciones en las que se desprendió la primera vez y se anotaron los resultados en la tabla de Excel.



Fig. 17

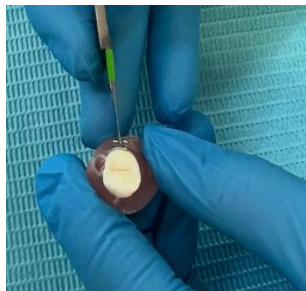


Fig.18



Fig.19

VI.5.1 Análisis estadístico

Se realizó la prueba de normalidad Smirnov-Kolmogorov teniendo como resultado una distribución anormal, posteriormente se realizó la prueba Kruskal-Wallis, y un *Post Hoc* de Dunn, utilizando el software Graphpad versión 3, considerando un valor significativo de $p < 0.05$.

VI.5.2 Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación fue presentado para su revisión al Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cuál fue evaluado y aprobado para su realización. Una vez culminado el estudio experimental se procedió a desechar los órganos dentales de acuerdo con las normas de bioseguridad y disposición de desechos biológicos de la NOM-087-ECOL-SSA1-2002.

VII. Resultados

En el cuadro 1 se presentan los valores de la comparación de la resistencia al cizallamiento de brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con diferentes arenadores. Se puede observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos estudiados.

Cuadro 1. Comparación de la resistencia al cizallamiento (MPa) de brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con diferentes arenadores.

Grupo	Control positivo (n=60)	Introlight (n=20)	Pistola (n=17)	Control negativo (n=18)	Valor de p
X ± DE (Rango)					
Resistencia al cizallamiento	8.5 ± 3.8 (1.7-16.3)	4.5 ± 1.5 (2.3-7.6)	6.5 ± 2.0 (4.3-11.0)	3.2 ± 2.8 (0.8-10.4)	<0.0001

Control positivo: Brackets metálicos descementados; Introlight: Brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con arenador IntoLight; Pistola: Brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con arenador de toma de aire de pistola; Control negativo: brackets metálicos descementados y cementados sin ningún acondicionamiento.

*Prueba Kruskal-Wallis

En el cuadro 2 se muestra el análisis estadístico realizado *post hoc* de los grupos estudiados.

Cuadro 2. Comparación de la resistencia al cizallamiento (MPa) *Post Hoc* entre grupos.

Grupo A	Grupo B	Valor de p
Introlight	Pistola	No significativo
Control positivo	Introlight	Significativo
Control positivo	Pistola	No significativo
Introlight	Control negativo	No significativo
Pistola	Control negativo	Significativo
Control positivo	Control Negativo	Significativo

Control positivo: Brackets metálicos descementados; Introlight: Brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con arenador IntoLight; Pistola: Brackets metálicos descementados y cementados posterior a su acondicionamiento con arenador de toma de aire de pistola; Control negativo: brackets metálicos descementados y cementados sin ningún acondicionamiento.

*Prueba de Dunn

VIII. Discusión

Según un metaanálisis realizado por (Goh, 2024), la fuerza de adhesión media para desprender un bracket nuevo es de 10.16 MPa, en el cuál después de realizar una comparación entre distintos métodos para acondicionar la malla, como el láser Erbio, el arenado con óxido de aluminio, la remoción de resina con pieza de alta y baja velocidad y el flameado, concluyo que el método más práctico y económico para reciclar brackets desprendidos es el arenado.

Desde el trabajo realizado por Black (Espinar-Escalona et al., 2012) se sabe que la proyección de partículas abrasivas a través de aire a presión mejora la fuerza de unión de los brackets a los dientes. El arenado es una herramienta asequible para cualquier practica ortodóntica y puede reciclar de manera eficiente los brackets desprendidos en un corto tiempo. El recementado, no modifica las propiedades originales del sloth, cuando el arenado es usado en estas circunstancias, la superficie de la malla se hace más rugosa y aumenta la retención mecánica (Egan et al., 1996).

En la actualidad no se encuentran estudios que comparen diferentes herramientas de arenado y por lo anteriormente descrito el presente estudio, tuvo como objetivo comparar diferentes herramientas de arenado para la limpieza de la malla de un bracket descementado, identificar qué tipo de arenador nos ofrece mejor limpieza de la malla y por lo tanto una mejor resistencia al cizallamiento comparado con un bracket nuevo, y así saber cuál herramienta es mejor tener en la oficina dental.

Se decidió comparar estos dos tipos de arenadores ya que en la página oficial del arenador introligh mencionan dentro de las ventajas de este arenador que

aumenta más de un 50% la retención mecánica del bracket al generar un micrograbado, el bracket no pierde su brillo original, es un equipo hermético, compacto y de fácil mantenimiento sin necesidad de un técnico.

Según el presente estudio realizado existe una diferencia estadísticamente significativa, (Cuadro 1) al comparar diferentes protocolos de arenado de la malla del bracket. Se compararon dos tipos de arenadores con la finalidad de identificar cuál de ellos es una mejor opción para tener en el consultorio dental ya que muchas veces el conseguir un equipo muy sofisticado o adecuar una toma de aire especial para el equipo suele ser costoso y ocupa lugar en el área de trabajo; como se puede observar en la tabla 1 el colocar un bracket nuevo nos ofrece una mayor resistencia al cizallamiento por lo cual lo ideal sería colocar un bracket nuevo cada vez que un bracket sea desprendido, pero esta opción es poco conveniente económicamente para el paciente y obliga al clínico a tener un stock de repuestos disponibles en la clínica dental, al observar el Cuadro 2 podemos observar que al reacondicionar la malla de un bracket desprendido con arenador con una pistola conectada a una toma de aire no existe una diferencia estadísticamente significativa por lo cual el reutilizar el bracket y reacondicionarlo nos dará la resistencia al cizallamiento necesaria para soportar los movimientos ortodónticos.

Como se observa en el Cuadro 2, a pesar de que el arenador Introlight tiene un promedio de resistencia al cizallamiento de 4.5 MPa y el arenador de pistola conectada a una toma de aire 6.5 MPa, se encontró un valor de p no significativo entre estos lo cual nos indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa al usar cualquiera de estos dos métodos de arenado para limpiar la malla del bracket, además de estos resultados se tiene que tener en cuenta otros factores a la hora de seleccionar una herramienta de arenado, como es el costo del arenador, el costo de la instalación de una toma de aire, y la caja de protección, comparado con el arenador Introligth el cual no requiere de una instalación previa y se puede utilizar de inmediato una vez que se obtiene el producto y el costo de este

es menor, otras de las ventajas que tiene el arenador Introlight es que es un dispositivo compacto y portátil por lo cual si es necesario salir del consultorio se puede transportar y se conecta a la unidad dental con una presión de 35 a 45 libras de aire , además que no requiere de mucho espacio para su almacenamiento, siendo un equipo hermético por lo cual la limpieza en el consultorio se facilita. En cambio, el arenador de pistola tiene que ser conectado a una toma de aire fija y esto hace que no se pueda transportar, además de que el costo va a depender de los accesorios anexos que permiten la recolección de la arena y su dispersión.

Khosravanifard et al. (2011) encontraron que arenar los brackets metálicos con óxido de aluminio a 90 psi a 5mm produce una fuerza de adhesión que es incluso mayor que la de los brackets nuevos, pero en nuestro estudio se puede ver que la fuerza de cizallamiento si difiere entre un bracket nuevo y uno reacondicionado, por lo cual lo ideal sería colocar siempre un bracket nuevo.

En el metaanálisis realizado por Goh (2024) muestra que arenando con óxido de aluminio de 50 μm a una distancia de 5 a 10 mm con 72.5 a 90 psi por 15 a 40 segundos producirá una adecuada fuerza de adhesión, no dañando la malla y al mismo tiempo creará rugosidades para tener una mayor retención, por lo cual en el presente estudio se areno a 60 psi con partículas de óxido de aluminio de 50 μm a 1mm de distancia ya que al alejar la pistola no removía el material adhesivo y exponiendo el bracket a un mayor tiempo de arenado ya que después de pasados 20 segundos se seguían observando restos de adhesivo.

Algunos estudios dicen que la fuerza de adhesión máxima debería de ser menor a la fuerza de quiebre del esmalte, que es alrededor de 14 MPa, por lo cual el objetivo de un método de reciclaje es que sea capaz de soportar una fuerza de cizallamiento alrededor de 6 y 14 MPa, rango que es capaz de soportar fuerzas ortodónticas normales y al mismo tiempo prevenir que se fracture el esmalte cuando se desprende un bracket (Bowen & Rodriguez, 1962; Retief, 1974); al igual que el

estudio realizado por Reynolds, (1975) el cual afirma que la fuerza de adhesión que se necesita para vencer las fuerzas introrales y ortodónticas va de 5.9 a 7.8 MPa. Según los resultados obtenidos podemos confirmar que nuestro grupo control negativo y el grupo Intolight no llegan a las fuerzas necesarias para soportar movimientos ortodónticos y el grupo pistola si alcanzan las fuerzas necesarias para poder ser reutilizados, pero al comparar el grupo pistola con el Intolight vemos que no hay una diferencia estadísticamente significativa, por lo cual usar cualquiera de las dos herramientas nos dará resultados similares.

Regan et al., (1993) encontraron una reducción mayor al 40% en la fuerza de adhesión en brackets reutilizados y menciona que la diferencia en las fuerzas de adhesión se pudiera atribuir a la configuración de la malla del bracket, lo cual es una variable que puede influenciar los resultados entre los diferentes estudios.

También el clínico debe de valorar a la hora de reciclar un bracket la mecánica ortodóntica a seguir, si es un bracket de un diente al cual se le va a ejercer mucha fuerza como podría ser un tubo al momento del cierre de espacios o si es un bracket no tan fundamental en la mecánica en el cual no se ejercerá tanta fuerza y valorar si vale la pena colocar mejor un bracket nuevo en vez de uno reacondicionado ya que si en las ventajas de reciclar un bracket se encuentra el beneficio económico, cada que un bracket se desprende requiere tiempo en la unidad dental, insumos y retraso en el tratamiento.

Hay una falta de estandarización en la metodología de las pruebas *in vitro* de la fuerza de adhesión (Kulandaivelu et al., 2009), lo cual hace difícil la comparación de los resultados obtenidos por diferentes estudios. Además, no hay un protocolo confiable en la estimación *in vivo* de la fuerza provista por los sistemas de adhesión. La fuerza de adhesión obtenida en los estudios *in vitro* puede ser mayor a la observada clínicamente. La mayoría de los estudios usan la máquina de pruebas universales para medir fuerzas puras de cizallamiento (Goh, 2024); cuando existen

fuerzas de cizallamiento, tensión y torsión presentes durante el desprendimiento *in vivo*; además la máquina de pruebas universales aplica una fuerza constante lo cual no es así *in vivo*, por otra parte se tiene que considerar que el medio en el que se encuentra nuestro bracket en cavidad oral es difícil replicarlo, se tendría que considerar ciertos factores como: la saliva y su calidad, la dieta e higiene del paciente, la humedad al momento de colocar nuestro bracket, entre otras variables.

IX. Conclusiones

Se puede concluir que los brackets reciclados con limpieza de su malla con arenador de pistola conectado a una toma de aire pueden ser usados como alternativa a la colocación de un bracket nuevo, lo cual provee una reducción de gastos tanto para el operador como para el paciente, siendo la herramienta de arenado que ofrece mayor resistencia al cizallamiento.

X. Propuestas

Para futuras investigaciones, se propone realizar el proceso experimental *in vivo* para tener en cuenta factores intraorales los cuales no se pueden replicar en el laboratorio y comparar arenadores conectados a toma de aire de diferentes modelos.

XI. Bibliografía

- Ahrari, F., Basafa, M., Fekrazad, R., Mokarram, M., & Akbari, M. (2012). The efficacy of Er, Cr: YSGG laser in reconditioning of metallic orthodontic brackets. *Photomedicine and Laser Surgery*, 30(1), 41–46.
- Ahrari, F., Heravi, F., Fekrazad, R., Farzanegan, F., & Nakhaei, S. (2012). Does ultra-pulse CO 2 laser reduce the risk of enamel damage during debonding of ceramic brackets? *Lasers in Medical Science*, 27, 567–574.
- Almeida, H. C., Vedovello Filho, M., Vedovello, S. A., Young, A. A. A., & Ramirez-Yanez, G. O. (2009). ER: YAG laser for composite removal after bracket debonding: a qualitative SEM analysis. *IJO*, 20(1).
- Andrade de Freitas, S. L., Brandt, W. C., Miranda, M. E., & Vitti, R. P. (2018). Effect of thermocycling, teeth, and polymerization methods on bond strength teeth-denture base. *International Journal of Dentistry*, 2018.
- Anita, P., & Kailasam, V. (2021). Effect of sandblasting on the shear bond strength of recycled metal brackets: A systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *International Orthodontics*, 19(3), 377–388.
- Bahnasi, F. I., Abd Rahman, A. N. A., & Abu-Hassan, M. I. (2013). The impact of recycling and repeated recycling on shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets. *Orthodontic Waves*, 72(1), 16–22.
- Bailey, L. R., & Phillips, R. W. (1950). Effect of certain abrasive materials on tooth enamel. *Journal of Dental Research*, 29(6), 740–748.
- Banerjee, A., & Watson, T. F. (2002). Air abrasion: its uses and abuses. *Dental Update*, 29(7), 340–346.
- Basudan, A. M., & Al-Emran, S. E. (2001). The effects of in-office reconditioning on the morphology of slots and bases of stainless steel brackets and on the shear/peel bond strength. *Journal of Orthodontics*, 28(3), 231–236.
- BE, C. (1975). Repair of abraded composite fillings. An in vitro study. *Br Dent J*, 139, 286–288.

- Black, R. B. (1945). Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis. *The Journal of the American Dental Association*, 32(15), 955–965.
- Black, R. B. (1950). Airbrasive: some fundamentals. *The Journal of the American Dental Association*, 41(6), 701–710.
- Bowen, R. L., & Rodriguez, M. S. (1962). Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. *The Journal of the American Dental Association*, 64(3), 378–387.
- Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849–853.
- Cacciafesta, V., Sfondrini, M. F., Melsen, B., & Scribante, A. (2004). A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *European Journal of Orthodontics*, 26(4).
- Chetan, G. B., & Reddy, M. (2011). Comparative evaluation of four office reconditioning methods for orthodontic stainless steel brackets on shear bond strength—an in vitro study. *Ann Essences Dent*, 3(1), 6–13.
- Correa-Afonso, A. M., Pécora, J. D., & Palma-Dibb, R. G. (2008). Influence of pulse repetition rate on temperature rise and working time during composite filling removal with the Er: YAG laser. *Photomedicine and Laser Surgery*, 26(3), 221–225.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., & Bochmann, M. (1999). *Advanced inorganic chemistry*. John Wiley & Sons.
- Dasch, W., Turner, D. S., & Powers, J. M. (1993). Bond strength of a light-cured glass ionomer orthodontic adhesive. *J Dent Res*, 72, 224.
- Davidson, C. L., Duysters, P. P. E., De Lange, C., & Bausch, J. R. (1981). Structural changes in composite surface material after dry polishing. *Journal of Oral Rehabilitation*, 8(5), 431–439.
- De Oliveira Correia, A. M., de Souza Matos, F., de Mello Rode, S., Cesar, P. F., & Paranhos, L. R. (2017). Comparative assessment of different recycling methods of orthodontic brackets for clinical use. *Minerva Stomatologica*, 66(3), 107–114.

- Egan, F. R., Alexander, S. A., & Cartwright, G. E. (1996). Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 109(1), 64–70.
- Eram, A., Kr, R. V., Chethan, K. N., Keni, L. G., Shetty, D. D., Zuber, M., Kumar, S., & Pradeep, S. (2024). Air-Abrasion in Dentistry: A Short Review of the Materials and Performance Parameters. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*, 14(1), 99.
- Espinar-Escalona, E., Barrera-Mora, J. M., Llamas-Carreras, J. M., Solano-Reina, E., Rodríguez, D., & Gil, F. J. (2012). Improvement in adhesion of the brackets to the tooth by sandblasting treatment. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 23, 605–611.
- Faust, J. B., Grego, G. N., Fan, P. L., & Powers, J. M. (1978). Penetration coefficient, tensile strength, and bond strength of thirteen direct bonding orthodontic cements. *American Journal of Orthodontics*, 73(5), 512–525.
- Ferguson, J. W., Read, M. J. F., & Watts, D. C. (1984). Bond strengths of an integral bracket-base combination: an in vitro study. *European Journal of Orthodontics*, 6(4), 267–276.
- Gallo, M. A., & Doull, J. (1996). History and scope of toxicology. *Cassarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons (Klassen CD, Ed). 5th Ed. New York: McGraw-Hill*, 3–11.
- Goh, M. W. (2024). Recycling Debonded Metal Orthodontic Brackets-A Comprehensive Review and Meta-Analysis. *Archive of Orofacial Data Science*, 1.
- Grabouski, J. K., Staley, R. N., & Jakobsen, J. R. (1998). The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: an in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(4), 452–460.
- Green, J. (2014). The origins and evolution of fixed orthodontic appliances. *Dental Nursing*, 10(9), 524–528.
- Henostroza, G. (2003). Adhesión en odontología restauradora. *Curitiba: Maio*.

- Huang, T.-H., Yen, C.-C., & Kao, C.-T. (2001). Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 120(1), 68–75.
- Ishida, K., Endo, T., Shinkai, K., & Katoh, Y. (2011). Shear bond strength of rebonded brackets after removal of adhesives with Er, Cr: YSGG laser. *Odontology*, 99, 129–134.
- Jones, S. P., Tan, C. C. H., & Davies, E. H. (2002). The effects of reconditioning on the slot dimensions and static frictional resistance of stainless steel brackets. *The European Journal of Orthodontics*, 24(2), 183–190.
- Keizer, S., Ten Cate, J. M., & Arends, J. (1976). Direct bonding of orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics*, 69(3), 318–327.
- Khanal, P. P., Shrestha, B. K., Yadav, R., & Prasad Gupta, D. S. (2021). A comparative study on the effect of different methods of recycling orthodontic brackets on shear bond strength. *International Journal of Dentistry*, 2021, 1–7.
- Khosravanifard, B., Nemati-Anaraki, S., Nili, S., & Rakhshan, V. (2011). Assessing the effects of three resin removal methods and bracket sandblasting on shear bond strength of metallic orthodontic brackets and enamel surface. *Orthodontic Waves*, 70(1), 27–38.
- Kimyai, S., Mohammadi, N., Navimipour, E. J., & Rikhtegaran, S. (2010). Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28(S2), S-25.
- Kulandaivelu, T. A., Ebenezar, A. V, Sumitha, M., & Dhandapani, G. (2009). Comparative Evaluation of the Effectiveness of Er: YAG Laser and Other In-house Refurbishing Methods for Reconditioning Stainless Steel Brackets. *Journal of Oral Laser Applications*, 9.
- Legler, L. R., Retief, D. H., & Bradley, E. L. (1990). Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(2), 154–160.

- Lopez, J. I. (1980). Retentive shear strengths of various bonding attachment bases. *American Journal of Orthodontics*, 77(6), 669–678.
- Lovius, B. B. J., Pender, N., Hewage, S., O'Dowling, I., & Tomkins, A. (1987). A clinical trial of a light activated bonding material over an 18 month period. *British Journal of Orthodontics*, 14(1), 11–20.
- Maijer, R., & Smith, D. C. (1981). Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases. *American Journal of Orthodontics*, 79(1), 20–34.
- Martina, R., Laino, A., Cacciafesta, V., & Cantiello, P. (1997). Recycling effects on ceramic brackets: a dimensional, weight and shear bond strength analysis. *European Journal of Orthodontics*, 19(6), 629–636.
- Mascia, V. E., & Chen, S.-R. (1982). Shearing strengths of recycled direct-bonding brackets. *American Journal of Orthodontics*, 82(3), 211–216.
- Matasa, C. G. (1989). Pros and cons of the reuse of direct-bonded appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 96(1), 72–76.
- Mavropoulos, A., Karamouzos, A., Kolokithas, G., & Athanasiou, A. E. (2003). In vivo evaluation of two new moisture-resistant orthodontic adhesive systems: a comparative clinical trial. *Journal of Orthodontics*, 30(2), 139–147.
- Miller, S., & Zernik, J. H. (1996). Sandblasting of bands to increase bond strength. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 30(4), 217–222.
- Millett, D., McCabe, J. F., & Gordon, P. H. (1993). The role of sandblasting on the retention of metallic brackets applied with glass ionomer cement. *British Journal of Orthodontics*, 20(2), 117–122.
- Miranda, F. J., Duncanson Jr, M. G., & Dilts, W. E. (1984). Interfacial bonding strengths of paired composite systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 51(1), 29–32.
- Mondelli, A. L., & Feitas, M. R. de. (2007). Comparative study of the shear bond strength of the resin/bracket interface, using three different resin composites and three different treatments in the base of the bracket. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 12, 111–125.

- Montero, M. M. H., Vicente, A., Alfonso-Hernández, N., Jiménez-López, M., & Bravo-González, L.-A. (2015). Comparison of shear bond strength of brackets recycled using micro sandblasting and industrial methods. *The Angle Orthodontist*, 85(3), 461–467.
- Mui, B., Rossouw, P. E., & Kulkarni, G. V. (1999). Optimization of a procedure for rebonding dislodged orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist*, 69(3), 276–281.
- Newman, G. V. (1965). Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *American Journal of Orthodontics*, 51(12), 901–912.
- Nouveau, C., Labidi, C., Collet, R., Benlatreche, Y., & Djouadi, M.-A. (2009). Effect of surface finishing such as sand-blasting and CrAlN hard coatings on the cutting edge's peeling tools' wear resistance. *Wear*, 267(5–8), 1062–1067.
- O'brien, K. D., Read, M. J. F., Sandison, R. J., & Roberts, C. T. (1989). A visible light-activated direct-bonding material: an in vivo comparative study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 95(4), 348–351.
- Perry, A. C. (1980). Rebonding brackets. *J. Clin. Ortho.*, 14, 850–854.
- Postlethwaite, K. M. (1992). Recycling bands and brackets. *British Journal of Orthodontics*, 19(2), 157–164.
- Proença, M. A. M., Silva, K. T. L. da, Costa e Silva, A., Carvalho, E. M., Bauer, J., & Carvalho, C. N. (2020). Shear strength of brackets bonded with universal adhesive containing 10-MDP after 20,000 thermal cycles. *International Journal of Dentistry*, 2020.
- ProffitWR, F. H. W., & Sarver, D. M. (2013). Contemporary orthodontics. *Mosby Elsevier 4th Edition*, Pg86.
- Quick, A. N., Harris, A. M. P., & Joseph, V. P. (2005). Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *The European Journal of Orthodontics*, 27(3), 231–236.
- Rajagopal, R., Padmanabhan, S., & Gnanamani, J. (2004). A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture-

- insensitive, and self-etching primers in vitro. *The Angle Orthodontist*, 74(2), 264–268.
- Read, M. J. F., & O'Brien, K. D. (1990). A clinical trial of an indirect bonding technique with a visible light-cured adhesive. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(3), 259–262.
- Regan, D., LeMasney, B., & Noort, R. van. (1993). The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *The European Journal of Orthodontics*, 15(2), 125–135.
- Regan, D., & Van Noort, R. (1989). Bond strengths of two integral bracket-base combinations: an in vitro comparison with foil-mesh. *The European Journal of Orthodontics*, 11(2), 144–153.
- Regan, D., Van Noort, R., & O'Keeffe, C. (1990). The effects of recycling on the tensile bond strength of new and clinically used stainless steel orthodontic brackets: an in vitro study. *British Journal of Orthodontics*, 17(2), 137–145.
- Reisbick, M. H., & Brodsky, J. F. (1971). Strength parameters of composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 26(2), 178–185.
- Retief, D. H. (1974). Failure at the dental adhesive—etched enamel interface. *Journal of Oral Rehabilitation*, 1(3), 265–284.
- Retief, D. H., & Denys, F. R. (1979). Finishing of enamel surfaces after debonding of orthodontic attachments. *The Angle Orthodontist*, 49(1), 1–10.
- Reynolds, I. R. (1975). A review of direct orthodontic bonding. *British Journal of Orthodontics*, 2(3), 171–178.
- Rosenstein, P. (1980). Bonding and rebonding peel testing of orthodontic brackets. *Clin Prev Dent.*, 2, 15–17.
- Rüger, D., Harzer, W., Krisjane, Z., & Tausche, E. (2011). Shear bond strength after multiple bracket bonding with or without repeated etching. *The European Journal of Orthodontics*, 33(5), 521–527.
- Salama, F., Alrejaye, H., Aldosari, M., & Almosa, N. (2018). Shear bond strength of new and rebonded orthodontic brackets to the enamel surfaces. *Journal of Orthodontic Science*, 7.

- Salcedo-Alcaychahua, A. B., Aliaga-Del Castillo, A., & Arriola-Guillén, L. E. (2020). Shear Bond Strength at the Resin/Bracket Interface of Sandblasted Brackets with Different Aluminum Oxide Particle Size. *Journal of Orofacial Sciences*, 12(1), 24–29.
- Saunders, W. (1990). Effect of fatigue upon the interfacial bond strength of repaired composite resins. *Journal of Dentistry*, 18(3), 158–162.
- Scribante, A., Sfondrini, M. F., Gatti, S., & Gandini, P. (2013). Disinclusion of unerupted teeth by mean of self-ligating brackets: effect of blood contamination on shear bond strength. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 18(1), e162.
- Sharma-Sayal, S. K., Rossouw, P. E., Kulkarni, G. V., & Titley, K. C. (2003). The influence of orthodontic bracket base design on shear bond strength. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(1), 74–82.
- Söderholm, K. M., & Roberts, M. J. (1991). Variables influencing the repair strength of dental composites. *European Journal of Oral Sciences*, 99(2), 173–180.
- Sonis, A. L. (1996). Air abrasion of failed bonded metal brackets: a study of shear bond strength and surface characteristics as determined by scanning electron microscopy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(1), 96–98.
- Tavares, S. W., Consani, S., Nouer, D. F., Magnani, M. B. B. A., Neto, J. S. P., & Romano, F. L. (2003). Evaluation in vitro of the shear bond strenght of aluminun oxide recycled brackets. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 2(7), 378–381.
- Tavares, S. W., Consani, S., Nouer, D. F., Magnani, M. B. B. de A., Nouer, P. R. A., & Martins, L. M. (2006). Shear bond strength of new and recycled brackets to enamel. *Brazilian Dental Journal*, 17, 44–48.
- Van Leeuwen, M. J., & Rossano JR, A. T. (1952). Dust factors involved in the use of the airdent machine. *Journal of Dental Research*, 31(1), 33–34.
- Venugopal, A., Tejani, H., Manzano, P., & Vergara, R. G. (2016). Comparison of two different orthodontic bracket recycling techniques. *Orthodontic Journal of Nepal*, 6(2), 28–32.

- Walmsley, A. D., Jones, P. A., Hullah, W., & Harrington, E. (1989). Ultrasonic debonding of composite-retained restorations. *British Dental Journal*, 166(8), 290–294.
- Wheeler, J. J., & Ackerman Jr, R. J. (1983). Bond strength of thermally recycled metal brackets. *American Journal of Orthodontics*, 83(3), 181–186.
- Wright, W. L., & Powers, J. M. (1985). In vitro tensile bond strength of reconditioned brackets. *American Journal of Orthodontics*, 87(3), 247–252.
- Zachrisson, B. U., & Årthun, J. (1979). Enamel surface appearance after various debonding techniques. *American Journal of Orthodontics*, 75(2), 121–137.