

Estudio comparativo de la resistencia al desalojo en brackets nuevos, arenados y reciclados: Un estudio *in vitro*

A Comparative Study of Shear Debonding Strength Between New Brackets, Air-Abrasion and Recycled Brackets: An *In Vitro* Analysis

Tony Sánchez Achío¹

1. Máster en Ortodoncia. Docente en el Departamento de Odontopediatría y Ortodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Autor para correspondencia: Dr. Tony Sánchez - dr_tsanchez@hotmail.com

Recibido: 3-XII-2014

Aceptado: 8-IV-2015

Publicado Online First: 20-XI-2015

DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/ijds.v0i0.20731>

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar una comparación de la resistencia al desalojo entre *brackets* nuevos, *brackets* arenados junto con un proceso de esterilizado posterior al debondado, y *brackets* reciclados por la empresa Orto-Cycle Co. Inc. Por motivos ortodóncicos, se extrajeron 60 premolares, los cuales se dividieron, aleatoriamente, en tres grupos de igual cantidad para la adhesión de los *brackets*. Grupo 1: *brackets* nuevos. Grupo 2: *brackets* desprendidos del grupo 1, estos se arenaron, colocaron en el ultrasonido y esterilizaron. Grupo 3: *brackets* de la empresa recicladora Orto-Cycle Co. Inc. Se realizó el desalojo de los *brackets* en la máquina universal de pruebas Instron y se anotaron los resultados; se observaron en un microscopio óptico y se realizó el Índice de Adhesivo Remanente; además, se observaron en el microscopio óptico y electrónico de barrido, donde se analizaron las características de sus mallas. El grupo de *brackets* reciclados presentó el promedio de resistencia al desprendimiento más alto, con un valor de 7.55 MPa (Megapascuales). Luego, se encontraron los *brackets* nuevos con 7.24 MPa. Y, finalmente, el grupo de *brackets* arenados con 6.43 MPa. Los resultados del estudio afirman que las mallas de los *brackets* nuevos, arenados y reciclados no presentan diferencia estadísticamente significativa en sus promedios de resistencia al desprendimiento. Además, reúnen los requerimientos adecuados para su cementación al diente.

PALABRAS CLAVE

Fuerza de adhesión, *Bracket*, Reciclado, Arenado.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the shear bonding strength between new *brackets*, recycled *brackets* by the Ortho-Cycle Co. and sandblasted *brackets* along with a sterilization process after being debonded. Thus, 60 human bicuspid teeth extracted for orthodontics purposes were divided into 3 groups to bond the *brackets*. Group 1: new *brackets*. Group 2: these *brackets* were removed from Group 1, they were sandblasted and placed in the ultrasound and sterilized. Group 3: these *brackets* were recycled by the Ortho-Cycle Co. The *brackets* were debonded using the Instron Universal Test machine and the results were recorded. Then the *brackets* were inspected using an optical microscope and a scanning electron microscope to perform the Adhesive Remnant Index. The group of recycled *brackets* had the highest mean value of 7.55 MPa, then, the new *brackets* group with a mean value of 7.24 MPa. And finally the minor value was for the sandblasted *brackets* with a mean value of 6.43 MPa. The results of this study shows that the three groups of *brackets* studied had not statistical significant differences in their mean values in their resistance to debonding and that the three groups of *brackets* fulfill the requirements to be bonded to the teeth.

KEYWORDS

Shear bonding strength, *Bracket*, Recycled, Sandblasted.

INTRODUCCIÓN

A diferencia de la odontología restauradora, donde una restauración debe durar tanto como sea posible, los aditamentos de ortodoncia deben adherirse en los dientes aproximadamente 2 años. No obstante, a pesar de ser transitoria la unión entre la base del *bracket* y la superficie del esmalte, esta debe ser lo suficientemente fuerte para resistir tensiones, cargas y fuerzas masticatorias (2). Reynolds, en 1975, estableció que el rango de resistencia al desalajo de *brackets*, debe ser clínicamente de 5.9 a 7.8 MPa como óptimo (3).

A principios de 1990, se estimó que el 75 % de los ortodoncistas estadounidenses reciclan sus *brackets*, cuyo proceso básico de reciclado consiste en la eliminación de restos del agente de unión en su base, sin causar daños en la malla de retención, sin distorsionar las dimensiones de la ranura ni alterar negativamente las propiedades del material metálico (4). El reciclado de *brackets* se puede realizar en el consultorio dental o en empresas especializadas.

El reciclaje industrial de *brackets* ortodóncicos presenta como ventajas una superficie resistente a la corrosión después del electropulido, la esterilidad como resultado de las temperaturas empleadas y el ahorro económico, que podría ser tan alto como el 90 %, debido al hecho de que uno solo, se puede reciclar hasta cinco veces (5).

Existen varios métodos de reciclaje, entre ellos se encuentran los métodos mecánicos (pieza de mano con broca o arenado), los térmicos (calentamiento directo) y una combinación de ambos (calor directo para quemar el compuesto adhesivo, seguido de arenado y pulido electrolítico) (6).

El arenado es una técnica introducida en la década de 1950, que utiliza una corriente de aire comprimido de alta velocidad con partículas de óxido de aluminio entre 50 μm y 100 μm de diámetro (7-8). En *brackets* ortodóncicos que se desean reciclar, las partículas de óxido de aluminio se aplican sobre su base para eliminar los restos de resina que quedan adheridos a esta.

Adicionalmente, el arenado confiere a la base una superficie rugosa e irregular que puede mejorar su adhesión mecánica al diente (6-8).

La flama directa aumenta la temperatura y elimina restos de resina en la base del *bracket*. Sin embargo, algunos estudios concluyen que este procedimiento disminuye ligeramente la fuerza de adhesión (5, 9). La utilización de calor para eliminar resina de la base del *bracket*, así como para esterilizar estos aditamentos afecta su microestructura (7, 10). Si el acero se calienta entre 400-900 °C, se presenta un precipitado de carburo y cromo, provocando un debilitamiento de la estructura general del *bracket*. Temperaturas superiores a 650 °C recalientan y ablandan el metal, afectando las propiedades de dureza y resistencia a la tracción (10).

El electropulido es una técnica utilizada para eliminar la capa altamente adherente de óxidos y carburos que se forma en la superficie del *bracket*, restaurando el brillo del metal después de haber sido sometido al calentamiento directo. Varios autores aseguran que el electropulido tiende a abrir las ranuras del *bracket*, disminuye el nivel de retención en las bases y adelgaza las alas, el cuerpo y especialmente su malla (11).

Orto-Cycle Co. Inc. es una empresa recicladora que comenzó a laborar en Hollywood, California en 1976. Esta empresa se encarga de limpiar, inspeccionar, clasificar y descontaminar aparatos de ortodoncia con gran precisión. Según el señor Arroyo, representante de Orto-Cycle Co. Inc., en el proceso de reciclaje de *brackets*, la ranura sigue siendo la misma, no hay carbonización adhesiva, no se utiliza el electropulido, los clips autoligables no se ven afectados, hay un cambio mínimo de propiedades y la adherencia al diente puede mejorarse. Por políticas de la empresa se reservan la divulgación de los procedimientos

específicos por los cuales reciclan los aditamentos ortodóncicos (12).

Dada la tendencia actual de reciclaje, se hace necesario simular pruebas mecánicas para conocer el comportamiento de los *brackets* reutilizados, con el fin de documentar científicamente e investigar la confiabilidad de su uso.

En el presente estudio se realizó una comparación de la resistencia al desalajo entre *brackets* nuevos, *brackets* arenados junto con un proceso de esterilizado posterior al debondeado, y *brackets* reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación experimental se realizó entre los años 2012 y 2013, en tres universidades distintas del Distrito Federal de México: Universidad Intercontinental (UIC), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

El diseño experimental contempló tres grupos de estudio, según el tipo de *bracket* utilizado: un grupo control (*brackets* nuevos), y dos experimentales (*brackets* arenados y *brackets* de la empresa Ortho-Cycle Co. Inc.).

La elección del tipo de *bracket* utilizado en los tres grupos fue por conveniencia, ya que se utilizaron *brackets* de premolares con prescripción MBT 0.022" x 0.028", de la Serie Gemini de Unitek™ 3M, fabricados en Estados Unidos y donados por esta empresa para el estudio.

Más de 100 premolares humanos, extraídos por indicaciones ortodóncicas a pacientes del Postgrado de Ortodoncia de la Universidad Intercontinental (UIC), se almacenaron en agua

destilada. De este grupo se eligieron solamente 60, por medio de una inspección macroscópica de forma directa, con un tiempo de antigüedad menor a 6 meses, almacenados y colocados, posterior a su extracción, en agua destilada, sin restauraciones, manchas, erosiones, fracturas ni fisuras. Los criterios establecidos para la exclusión fueron aquellas piezas dentales extraídas con un tiempo mayor a 6 meses, no almacenados o no colocados, posterior a su extracción, en agua destilada, con restauraciones, manchas, erosiones, fracturas o fisuras. La cantidad de premolares para cada grupo se determinó por un parámetro que estableciera el nivel de confianza deseado (95 %).

Las pruebas de desprendimiento se realizaron en el Laboratorio de Biomateriales Dentales de la Facultad de Odontología en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Los 60 premolares se dividieron al azar en tres grupos. A cada diente se le realizó profilaxis con polvo de piedra pómez por 20 segundos; seguidamente, se lavó con agua destilada y se secó con una torunda de algodón. Se aplicó el sistema adhesivo Transbond™ Plus Self Etching Primer (3M Unitek, Estados Unidos) por 3-5 segundos, soplando con aire libre de humedad con una jeringa triple por 1-2 segundos para aplanar la superficie. Se colocó resina Transbond XT (3M Unitek, Estados Unidos) en la malla del *bracket*, este se ajustó en el centro de la corona del diente, y se ejerció una fuerza de 7 onzas con un Dontrix (Orthodontic Design and Production Inc.). Se retiraron los excesos de resina con un explorador, y por último, se fotopolimerizó por 40 segundos (Lámpara de fotocurado LED, Bluephase 20i Ivoclar Vivadent).

Los grupos se dividieron, según la condición del *bracket* utilizado:

GRUPO 1: 20 premolares a los que se le adhirieron *brackets* nuevos.

GRUPO 2: 20 premolares a los que se le adhirieron *brackets* arenados, limpiados con ultrasonido y esterilizados.

Los *brackets* de este grupo fueron los debondeados del Grupo 1. Estos se arenaron con un arenador (Dune ECO Tech), a una distancia de 10 mm, con polvo de óxido de aluminio de 50 µm (Bio Art), a 90 PSI (5 BAR), por un tiempo de 10 a 15 segundos, hasta que, visiblemente, no quedaran restos de adhesivo en sus bases. Posteriormente, se colocaron en el ultrasonido por 10 minutos con solución limpiadora para este propósito (BioSonic UC 125, Coltène Whaledent).

Para finalizar, se introdujeron en una bolsa de papel grado médico y se esterilizaron en la autoclave (Tuttnaver) por 35 minutos a una temperatura de 134 °C (273 °F).

GRUPO 3: 20 premolares a los que se le adhirieron *brackets* reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc.

Posterior a la adhesión de los *brackets*, los dientes se conservaron 24 horas en tres envases plásticos con agua destilada, rotulados según el grupo.

Luego, se termociclaron durante 500 ciclos, un ciclo por minuto, a las temperaturas de 5 y 55 °C. Posteriormente, se colocaron en una cámara ambientadora a 37 °C por 24 horas.

Cada diente se montó en un anillo metálico con acrílico y se colocaron en agua destilada a temperatura ambiente, para luego probar la resistencia al desalojo del *bracket* en la máquina universal de pruebas Instron (Instron 5567), con una velocidad de desprendimiento de 1 mm por minuto. Finalmente, se anotó la resistencia al desalojo.

Para determinar el Índice de Adhesivo Remanente, se utilizaron los criterios de Artun y Bergland en 1984 (1). Este índice determina la cantidad de adhesivo remanente adherido en la base del *bracket* y en el esmalte dental. Para realizar esta observación, se utilizó un microscopio óptico (Seiler Dental LED 100-LED220) a una magnificación de 10x y se clasificó según el adhesivo remanente en valores de 0 a 3.

0 = No adhesivo remanente en el diente.

1 = Menos del 50 % de adhesivo remanente en el diente.

2 = Más del 50 % de adhesivo remanente en el diente.

3 = Todo el adhesivo remanente en el diente.

Por último, se observaron las mallas de los tres grupos de *brackets* antes de su adhesión al diente y después del desprendimiento, por medio de un microscopio óptico (Seiler Dental LED 100-LED220) en la Universidad Intercontinental (UIC), a una magnificación de 10x. También, se utilizó un microscopio electrónico de barrido (JEOL, JSM 5610), proporcionado por la UAM, para inspeccionarlos a 50x, 100x y 500x.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La prueba estadística utilizada contempló la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA), a partir de la prueba de Fisher. Esta permitió comparar los tres grupos experimentales.

Mediante el análisis estadístico se efectuó la comparación entre las medias de

las muestras consideradas. Primeramente, la prueba de Fisher permitió conocer si existen o no diferencias estadísticas significativas entre los grupos experimentales y, adicionalmente, por medio de la prueba no paramétrica de Tukey, se dio a conocer entre qué grupos de comparación existen diferencias estadísticamente significativas.

Para verificar si se presentó diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento de los grupos, según el ARI (1), se realizó la Prueba de Chi Cuadrada.

RESULTADOS

Los valores obtenidos, después de realizar las pruebas de desprendimiento de los *brackets* nuevos, arenados y reciclados, se utilizaron para calcular la estadística, donde se obtuvo las medidas de tendencia central y el grado de dispersión de las muestras (Tabla 1). El grupo de *brackets* reciclados presentó el promedio de resistencia al desprendimiento más alto, la desviación estándar más baja y el menor coeficiente de variación. Seguido a este grupo, se encontraron los *brackets* nuevos en cuanto a la fuerza de desalojo y a la desviación estándar. Finalmente, el menor valor de desalojo fue para el grupo de *brackets* arenados, teniendo la mayor desviación estándar y la mayor variabilidad en los resultados, lo que conlleva a la posibilidad de obtener resultados diferentes a los deseados.

Al realizar la Prueba de Fisher se determinó que la F experimental (F_{exp}) es menor que la F crítica (F_{crit}), por lo que no existe una diferencia estadísticamente significativa, con una certidumbre del 95 % (Tabla 2).

Una vez obtenido el resultado de la Prueba de Fisher, se realizó la Prueba de Tukey. Al comparar los valores de Tukey experimentales (T_{exp}) contra los valores de Tukey críticos (T_{crit}), se adquirieron, en todas las comparaciones, valores menores

para los T_{exp} , por lo que se infiere que no existe diferencia estadísticamente significativa entre todos y cada par de los grupos comparados (Tabla 3).

Después del desprendimiento de los *brackets* con la Máquina Universal de Pruebas Instron, se realizó el análisis de ARI (Índice de Adhesivo Remanente), según los criterios de Artun y Berglan (1984) (1). Para el grupo control (*brackets* nuevos), el 55 % de las muestras (11) se observaron con un valor de 1, el 35 % con un valor ARI de 0 (7 muestras), y solamente 1 *bracket* presentó valor 2, y otro 3. En el grupo de *brackets* arenados, se observa que el 75 % de las muestras (15) presentan un índice de 2, y el otro 25 % (5 muestras) se encontraban con un valor ARI de 1. Finalmente, el grupo de *brackets* reciclados presenta 11 muestras con el valor 1 (55 %), 7 con ARI de 3 (35 %) y 2 con 1 (10 %).

Para verificar si se presenta diferencia estadísticamente significativa en el comportamiento de los grupos según el ARI, se realizó la Prueba de Chi Cuadrada, de la cual se puede afirmar que sí se presenta entre los *brackets* nuevos y los arenados, también entre los nuevos y los reciclados [chi cuadrada experimental (X^2_{exp}) es mayor que la chi cuadrada crítica (X^2_{crit})]. Contrario a esto, si se comparan los *brackets* arenados y los reciclados, no se encuentra diferencia significativa entre ambos grupos en cuanto a su índice de adhesivo remanente [chi cuadrada experimental es menor que la chi cuadrada crítica] (Tabla 4).

Tabla 1. Estadística Básica o Descriptiva

| | Brackets Nuevos | Brackets Arenados | Brackets Reciclados |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Promedio (MPa) | 7.24 | 6.43 | 7.55 |
| DS (MPa) | 3.09 | 3.13 | 1.96 |
| CV (%) | 42.72 | 48.67 | 26.00 |

DS: Desviación estándar
CV: Coeficiente de variación

Tabla 2. Prueba de Fisher

| Muestra | DF | SS | MS | F_{exp} |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Entre grupos | 13.54 | 2 | 6.77 | 0.876 |
| Por grupos | 440.84 | 57 | 7.73 | |
| Total | 454.28 | 59 | | |

$$F_{exp} = 0.876 < F_{crit} = 3.16$$

DF: Grado de libertad de los grupos y entre ellos.
SS: Suma cuadrática de los datos en el análisis de varianza.
MS: Promedio cuadrático de acuerdo a los grados de libertad.
 F_{exp} : Cociente de la media cuadrática entre los grupos y entre ellos.

Tabla 3. Prueba de Tukey

| Comparación de brackets | Comparación de valores |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Nuevos-Arenados | $T_{exp} = 0.81 < T_{crit} = 2.13$ |
| Nuevos-Reciclados | $T_{exp} = 0.31 < T_{crit} = 2.13$ |
| Arenados-Reciclados | $T_{exp} = 1.12 < T_{crit} = 2.13$ |

Tabla 4. Prueba de Chi Cuadrada

| Comparación de brackets | Comparación de valores |
|--------------------------------|--|
| Nuevos-Arenados | $X^2_{exp} = 22.5 > X^2_{crit} = 7.82$ |
| Nuevos-Reciclados | $X^2_{exp} = 8.28 > X^2_{crit} = 7.82$ |
| Arenados-Reciclados | $X^2_{exp} = 7.15 < X^2_{crit} = 7.82$ |

La mallas de los tres grupos de *brackets* se observaron antes de su adhesión (Figura 1) y posterior al decementado (Figura 2), por medio de un microscopio óptico a una magnificación de 10x; también se utilizó un microscopio electrónico de barrido para inspeccionarlos a 50x, 100x y 500x.

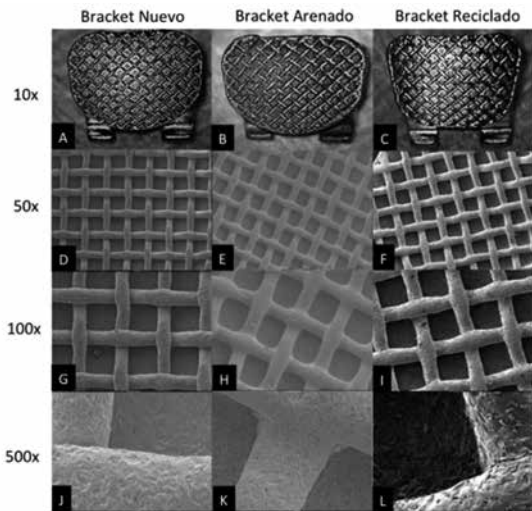


Figura 1. Fotografías de las bases de los *brackets* antes de su adhesión:

Bracket nuevo: A, D, G, J a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.
Bracket arenado: B, E, H, K a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.
Bracket reciclado: C, F, I, L a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.

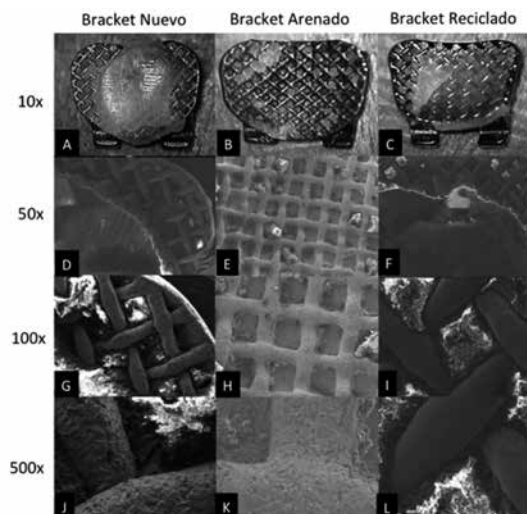


Figura 2. Fotografías de las bases de los *brackets* posterior al desprendimiento:

Bracket nuevo: A, D, G, J a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.
Bracket arenado: B, E, H, K a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.
Bracket reciclado: C, F, I, L a 10x, 50x, 100x y 500x respectivamente.

DISCUSIÓN

La fuerza de adhesión de los *brackets* de ortodoncia es de suma importancia y, al mismo tiempo, difícil de pronosticar. Según Harini y Reddy, un 5-7 % sufren fallas de unión debido a deficientes técnicas de adhesión, desprendimiento accidental o la falta de un enlace químico en la interface *bracket* – adhesivo (13). El desprendimiento de estos aditamentos durante el tratamiento causa molestias en el paciente, además que retrasa y aumenta el costo del mismo (14).

La falta de estandarización en la metodología de investigaciones *in vitro* de resistencia al desprendimiento de *brackets* en ortodoncia se demuestra en la literatura y dificulta las comparaciones de los resultados por diferentes estudios (15).

En esta investigación se realizaron mediciones de fuerzas al desprendimiento para *brackets* nuevos, *brackets* arenados y *brackets* reciclados, con el fin de observar cualquier posible cambio en las propiedades de retención de las mallas tratadas.

En el estudio *in vitro* se encontró que el grupo de *brackets* reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc. obtuvo el promedio de desprendimiento más alto, seguido por el grupo de *brackets* nuevos; el grupo con menor fuerza de adhesión, fue el integrado por los *brackets* arenados clínicamente. Si se compara la resistencia al desalojo de los tres grupos de *brackets* analizados, todos se encuentran dentro del rango propuesto por Reynolds y Von Fraunhofer (3) y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

El grupo control constituido por los *brackets* nuevos obtuvo un promedio en la resistencia al desprendimiento de 7.24 MPa, cuyo valor es inferior al estudio realizado por Martínez (16); esta disminución se puede atribuir al procedimiento de

termociclado que se realizó en esta investigación, apoyado en la literatura por Bishara, Ajlouni y Laffoon (17), en donde afirman que existe una disminución en la fuerza de resistencia al desprendimiento después del termociclado.

Al estudiar los *brackets* reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc., estos presentan una fuerza de desprendimiento de 7.55 MPa, coincidiendo con los estudios realizados por Mascia y Chen (18), donde los *brackets* de la marca Unitek no mostraron cambios significativos en su fuerza de adhesión después de su reciclaje por la citada empresa.

Se concuerda con Cacciafesta, Sfondrini, Melsen y Scribante (19), quienes afirman que ciertos procedimientos de reciclaje industrial no afectan significativamente la adhesión de los *brackets*. También, de acuerdo con el señor Pedro Arroyo, representante de ventas de la compañía Ortho-Cycle Co. Inc., en que la adherencia del *bracket* se mantiene debido a los procedimientos de acondicionamiento realizados por su empresa (12).

Por último, si se analiza la resistencia al desalojo de los *brackets* arenados, el cual tuvo una fuerza de adhesión promedio de 6.43 MPa, se coincide con Quick et al. (2005), Jacobson (2002), Sonis (1996), Grabouski, Staley y Jakobsen (1998) y Wanderley, Simonides, Borges de Araújo, Aranha y Moura (2006) en que diferentes métodos de reacondicionamiento clínico, incluido el proceso de arenado, no afecta la resistencia al desprendimiento de manera significativa, por lo que es un método eficaz para la limpieza de los *brackets* (5-6, 8, 20-21).

Asimismo, de acuerdo con Regan et al. (7), el reciclaje clínico, con el método químico y térmico,

demuestra tener una reducción en la resistencia al desalojo, pero no estadísticamente significativo.

Finalmente, no se está de acuerdo con Buchman (10), quien afirma que un aumento en la temperatura del *bracket* puede provocar un debilitamiento de su estructura general, afectando propiedades como la resistencia al desalojo de manera significativa.

Es importante mencionar que el mayor valor de desviación estándar y el mayor porcentaje de coeficiente de variación fue para el grupo de *brackets* arenados. Esto se le puede atribuir al proceso de acondicionamiento de la malla del *bracket*; a pesar que se trató de realizar con métodos estandarizados, el arenado se realizó de manera manual, lo que pudo causar cierta variación; además, el tiempo del mismo fue diferente entre las muestras, hasta lograr ver una base del *bracket* completamente libre de resina, condicionado a la cantidad de resina que quedó adherida después del desprendimiento de los *brackets* nuevos mediante la máquina universal de ensayos Instron.

Al realizar el análisis de ARI (1) para evaluar donde se ubica la falla adhesiva de cada grupo; se observa que para la mayoría de los *brackets* nuevos y los reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc., existe una mayor cantidad de resina en sus bases en comparación con las superficies de esmalte, por lo que se clasifican con el valor 1, en donde hay menos del 50 % de adhesivo remanente en el diente; por lo tanto el mayor fallo en la adhesión surgió dentro de la resina y la interface resina–esmalte dental.

Cuando se observaron los *brackets* arenados, la mayoría se clasificaron con el valor 2 según ARI, en donde más del 50 % de adhesivo

remanente se encontraba en el diente; por lo que se deduce un fallo dentro de la resina y entre la resina–base del *bracket*.

Al realizar, la prueba de Chi Cuadrada, se afirma que existe diferencia estadísticamente significativa, en cuanto al ARI, entre los *brackets* nuevos y los arenados, también entre los nuevos y reciclados. No se encuentra diferencia significativa si se comparan los *brackets* arenados con los reciclados.

También, se utilizó un microscopio electrónico de barrido, con los aumentos de 50x, 100x y 500x, para observar las mallas de los diferentes grupos de *brackets*, antes y después de su desprendimiento utilizando la máquina Instron.

El grupo de *brackets* reciclados por la empresa Ortho-Cycle Co. Inc. mostró un aumento en la rugosidad de la superficie de su malla, si se comparan con los *brackets* nuevos. Contrario a esto, se observa una superficie más lisa en los arenados clínicamente.

Coincidiendo con los resultados para el ARI, después del desprendimiento; en los *brackets* nuevos y reciclados se observó una retención mecánica con gran cantidad de resina dentro de su malla, a diferencia de los arenados en donde hay pequeñas zonas con esta penetración de resina dentro de la malla metálica.

LIMITACIONES

Se encontraron varias limitaciones al realizar las pruebas experimentales. Estas fueron:

- Los premolares no se extrajeron al mismo tiempo, lo que pudo ocasionar diferencias en el contenido de proteínas y otras sustancias en el esmalte dental.
- El arenado se realizó de forma manual y sin límite de tiempo.

- Las limitaciones propias de un estudio *in vitro*, en donde no se representan totalmente las condiciones orales.
- La realización del Índice de Adhesivo Remanente de manera subjetiva con un microscopio óptico.

RECOMENDACIONES

Se plantean varias recomendaciones para futuras investigaciones:

- Realizar la investigación con dientes recién extraídos, para evitar que se presenten diferentes tiempos de almacenamiento y que no influya en la desprotección de la superficie del esmalte.
- Elaborar un estudio *in vivo*, para comparar los resultados experimentales con los clínicos.
- Desarrollar estudios comparativos de la resistencia al desprendimiento con *brackets* de varias empresas recicladoras actuales y los diferentes métodos de reciclaje clínico.
- Estudiar los cambios de las otras propiedades físicas y mecánicas al arenar y reciclar *brackets*.

CONCLUSIONES

Las mallas de los *brackets* nuevos, arenados y reciclados reúnen los requerimientos adecuados para su cementación de forma directa al diente, siendo clínicamente aceptables, de acuerdo con los rangos de resistencia al desalajo publicados por Reynolds y Von Fraunhofer (3). Según los criterios de Artun y Bergland (1), para el análisis del ARI, se obtiene que para los tres grupos de *brackets* existe una buena adhesión de la resina a la malla del *bracket*.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a la Compañía 3M Unitek de México, Universidad de Costa Rica (UCR), Universidad Intercontinental (UIC), Universidad Autónoma Nacional de México (UNAM) y Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

Agradecimiento especial a la Dra. María Cristina Jiménez Cervantes, Dr. Ricardo Ondarza Rovira, Dr. Roberto Justus Doczi, y Dr. Salvador García.

REFERENCIAS

1. Artun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid – etch pretreatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984;85:333-40.
2. Sunna S, Rock WP. Effect of sandblasting on the retention of orthodontic brackets: a controlled clinical trial. *J Orthod* 2008;35:43-48.
3. Reynolds IR, Von Fraunhofer JA. A review of direct orthodontic bonding. *Brit J Orthod* 1975;2:143-6.
4. Maccoll GA, Rossouw PE, Titley KC, Yamin C. The relationship between bond strength and base surface area using conventional and micro-etched foil-mesh bases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:338-339.
5. Quick AN, Harris M, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *Eur J Orthod* 2005;27:231–236.
6. Jacobson A. The effects of in-office reconditioning on the morphology of slots and bases of stainless steel brackets and on the shear/peel bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:433.
7. Regan D, Van Noort R, O'Keefe C. The effects of recycling on the tensile bond strength of new and clinically used stainless steel orthodontic brackets: an in vivo study. *Br J Orthod* 1990;17(2):137-45.
8. Sonis AL. Air abrasion of failed bonded metal brackets: A study of shear bond strength and surface characteristics as determined by scanning electron microscopy. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110:96-8.
9. Luque HJ, Pérez LF, Carhuamaca GJ, Coronado MA. Fuerza de adhesión de brackets reacondicionados con diferentes técnicas adheridos repetidas veces en la misma superficie del esmalte. *Odontol. Sanmarquina* 2008;11(2):60-65.
10. Buchman DJ. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1980;77:654-668.
11. Matasa CG. Orthodontic recycling at the crossroads. *J. Clin. Orthod.* 2003;37:133-139.
12. Comunicación personal con la empresa Ortho-Cycle Co., marzo del 2011.
13. Harini T, Reddy S. Effect of an adhesion booster on the bond strength of new and recycled brackets. *Annals and Essences of Dentistry* 2011;3:20-22.
14. Matasa CG. Metal strength of direct bonding brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:282-6.
15. Fox NA, McCabe JF, Buckley JG. A critic of bond strength testing in orthodontics. *Br J Orthod.* 1994;21(1):33-43.
16. Martínez K. Resistencia al desprendimiento de brackets cementados con el sistema de autograbado a diferentes tiempos desde su activación: estudio “in vitro” (Tesis). Universidad Intercontinental, 2012.
17. Bishara SE, Ajlouni R, Laffoon JF. Effect of thermocycling on the shear bond strength of a cyanoacrylate orthodontic adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123:21-4.
18. Mascia VE, Chen SR. Shearing strengths of recycled direct bonding brackets. *Am J Orthod* 1982;82:211-216.

19. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Melsen B, Scribante A. A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod* 2004;26:449–454.
20. Grabouski JK, Staley RN, Jakobsen JR. The effect of microetching on the bond strength of metal brackets when bonded to previously bonded teeth: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:452-60.
21. Wanderley S, Simonides, Flávio D, Borges de Araújo MB, Aranha PR, Moura L. Shear bond strength of new and recycled brackets to enamel. *Braz Dent J* 2006;17(1):44-48.