



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN

Y ESTUDIOS AVANZADOS EN ODONTOLOGÍA

“DR. KEISABURO MIYATA”

Efectos del electropulido de brackets ortodóncicos en el deslizamiento

Proyecto de investigación

Que para obtener el grado de:

Maestro en ciencias Odontológicas

presenta:

E. en O. Pierre González Díaz

Tutor Académico

Dr. en Est. Pat. Víctor Hugo Toral Rizo

Tutores Adjuntos

Dr. en C.S. Ulises Velázquez Enríquez

Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis

Toluca, Estado de México, febrero 2019

Docencia, Investigación
y Compromiso



2017-2021

Índice

Resumen	3
1. Antecedentes	4
1.1 Ortodoncia y Fricción	5
1.1.3. Composición de arcos ortodóncicos.....	7
1.2. Arcos ortodóncicos	7
1.2.1. Ligaduras metálicas de uso ortodóncico	8
1.2.3. Mecanismo arco bracket	8
1.3. Leyes de Fricción	10
1.4 Tipos de fricción	11
1.5. Biocompatibilidad.....	11
1.6. Electropulido.....	12
1.7. Pasos del proceso de electropulido.....	12
1.7.1. Electropulido y Ortodoncia.....	14
2. Planteamiento del problema	15
3. Justificación	16
4. Hipótesis	17
5. Objetivos	18
6. Material y métodos	19
6.5. Variables de estudio	21
6.6. Procedimiento	23
7.1 Resultados.....	29
A. Acuse de envío	31
B. Artículo completo enviado.....	32
7.2 Discusión	46
8. Conclusiones	49
9. Referencias	50
10. Anexos.....	56

Agradecimientos

A mi madre, Mirna Díaz Marín por su apoyo y amor.

A mi tía, Alicia González Hernández por su amor y apoyo incondicional.

A mis primos Cecilia Delgado Gonzáles y Jesús Delgado González

A mis directores de tesis por su apoyo, paciencia y enseñanzas que llevare toda mi vida: Dr. en Est. Pat. Víctor Hugo Toral Rizo, Dr. en C.S. Ulises Velázquez Enríquez y Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis.

Resumen

Introducción

El electropulido es un proceso de disolución anódica que se utiliza actualmente para obtener una superficie brillante y suave en varios instrumentos metálicos para mejorar sus propiedades de trabajo, así como aplicaciones biomédicas.

Objetivo

El propósito de este estudio fue investigar el efecto del electropulido de los brackets metálicos en el deslizamiento.

Hipótesis

Los brackets que son sometidos al proceso de electropulido presentaran mayor deslizamiento.

Método

Catorce brackets metálicos de siete marcas diferentes se dividieron en un grupo experimental y un grupo de control, que se probaron con el uso de 14 arcos de alambre de 0.019 x 0.025 pulgadas. ANOVA de una vía y la prueba post hoc de Tukey se aplicaron para las comparaciones entre el grupo experimental y el grupo de control; La significación estadística se estableció en $p \leq 0.05$.

Resultados

la mayor cantidad de deslizamiento (97780 mm) se encontró en el grupo experimental después de la aplicación del método de electropulido ($p \leq 0.05$).

Conclusión

cuando se planifica un tratamiento de ortodoncia, el clínico puede seleccionar el método de electropulido después del inicio del tratamiento para aumentar la eficacia de los brackets.

Palabras clave: Brackets, electropulido, deslizamiento, modelo experimental.

1. Antecedentes

Investigadores de renombre como: Mulligan, Hacevar, Marcotte, Burstone y Nanda nos han ayudado a entender cómo funcionan los aparatos que se utilizan en forma rutinaria en ortodoncia: Brackets, ligaduras y arcos, los cuales, aunque sofisticados, funcionan con base a los principios de la física y la mecánica; Inercia, movimiento y aceleración acción y reacción, establecidos por Newton en el siglo XVII.¹

En ciencia básica necesitamos establecer conceptos básicos:

- a) Fuerza se define como un vector con una magnitud y dirección. Las unidades usadas para usar fuerzas son Newton (N), en ortodoncia se expresan en Gramos (g).²
- b) La física es la regla a la cual se sujeta un fenómeno y se expresa como relación entre este y su causa.³
- c) La mecánica estudia los cuerpos que son sometidos a diversas fuerzas y se dividen en:
 - Estática: describe los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos en reposo a una velocidad en línea recta y constante.
 - Cinética; describe el comportamiento de los cuerpos que sufren velocidades cambiantes.
 - Resistencia: describe la relación entre fuerza y la tensión entre estos mismos.⁴

El movimiento dental ortodóncico, se encuentra influenciado por distintas variables como son biológicas, mecánicas y de fricción; por su complejidad e importancia esta última ha sido la más estudiada. El movimiento dental ocurre cuando las fuerzas ortodóncicas que se aplican superan a la fricción que se opone al deslizamiento, como la interacción arco bracket.⁵

1.1 Ortodoncia y Fricción

El cierre de espacios es uno de los procesos para el cual se necesita una sólida comprensión de la biomecánica con el fin de evitar efectos indeseables, al entender este proceso podemos determinar el anclaje y las opciones de tratamiento, a pesar de la variedad de aditamentos el cierre de espacios se puede lograr por mecánica de deslizamiento o mecánica de fricción, cada técnica tiene sus ventajas y desventajas, estas técnicas son atractivas debido a su simplicidad, el cierre de espacios se logra por el uso de una cadena elástica o resortes, por otro lado la mecánica libre de fricción usa ansas que generan una fuerza para provocar el cierre de espacios lo cual genera momentos, llevando a un menor o mayor control del anclaje, dependiendo la situación.^{6,7,8}

En la mecánica de deslizamiento, la biomecánica, la respuesta biológica del movimiento ortodóncico es limitada por la fricción generada durante el deslizamiento del arco, aproximadamente 50% de la fuerza aplicada para alcanzar un movimiento dental deseado se desperdicia al tener que superar a la fricción causando una fuerza inconsistente en el diente.⁹

Durante la retracción los dientes pueden llegar a inclinarse o rotar por lo tanto los experimentos que incluyan alambre rectangular deberían de incorporar inclinación y rotaciones en sus pruebas para que las conclusiones sean aplicables a cada una de las etapas del tratamiento ortodóncico. De acuerdo con Ehsani pocos estudios incluyen maloclusiones en sus experimentos, donde concluyen que al aumentar el apiñamiento y discrepancia de alturas la fricción puede aumentar.¹⁰

Cuando los dientes se deslizan a lo largo de un arco de alambre es necesario aplicar una fuerza para cumplir dos objetivos: vencer la resistencia que produce el contacto del alambre con el bracket y conseguir la remodelación ósea necesaria para el movimiento dental.⁶

La mejor manera de controlar la posición de los dientes de anclaje consiste en limitar la fuerza de reacción que actúa sobre los mismos. El empleo de una fuerza

innecesariamente intensa para mover los dientes crea problemas a la hora de controlar el anclaje.¹¹

Desgraciadamente, los dientes de anclaje soportan la reacción tanto a la fuerza necesaria para vencer la resistencia al deslizamiento como a la fuerza adicional necesaria para mover los dientes; por consiguiente, es importante controlar y limitar la resistencia al deslizamiento como parte del control del anclaje.¹² Debido al uso cada vez más frecuente de brackets de autoligado pasivo y de otras técnicas para reducir la fricción, es importante distinguir claramente cómo contribuyen la fricción y la fijación en la resistencia al deslizamiento.¹³ Por lo que se refiere al efecto sobre el anclaje ortodóncico, el problema que crea la resistencia al deslizamiento no solo se debe al anclaje, si no al problema que genera a la resistencia al movimiento, cualquier fuerza por encima de la necesaria para vencer la resistencia al deslizamiento tiene el efecto de elevar los dientes hasta que se presente movimiento dental.⁷ En ese caso, se producirá un movimiento innecesario de los dientes de anclaje o se requerirán medidas adicionales para mantener dicho anclaje (como tener que usar un casquete o tornillos óseos). Se pueden utilizar diferentes estrategias potenciales para controlar el anclaje.¹⁴

1.1.2 Brackets Metálicos

Podemos clasificar a los brackets por su forma de adhesión; soldables a bandas y directos, por tamaño; estándar, medianos y mini y por su composición; cerámicos, plásticos y metálicos, que son fabricados en acero inoxidable de grado médico que por su diseño vienen en modo estándar y con prescripción que por su modo de fabricación pueden ser fundidos donde se inyecta presión sobre un molde que contiene las cavidades con la forma que generalmente son fundidos en cuerpo y base y por último los híbridos que son fundidos en cuerpo con su base soldada.¹⁵

1.1.3. Composición de arcos ortodóncicos

1. Titanio Molibdeno (TMA). También denominado beta-titanio, con propiedades elásticas superiores al acero pero que permiten realizar dobleces con facilidad. La alta rugosidad superficial y la facilidad con la que se marca en forma de muescas lo hace muy poco adecuado para movimientos deslizantes, en cambio es excepcionalmente eficaz en las fases de acabado, ya que permite calibres con alto módulo elástico y dobleces de compensación de la anatomía dentaria, características que no tiene el níquel titanio o el acero.¹⁶
2. Níquel titanio (NiTi). Presenta una baja rigidez, tiene un gran rango de trabajo y producen fuerzas muy ligeras, ya que la fuerza que se genera sobre el diente es independiente de la deflexión del alambre, esta aleación produce demasiada fricción.¹⁷
3. Acero. Tiene alto pulido superficial con una fricción mínima siendo los más adecuados para técnicas deslizantes, debido a su dureza y modo de producción mejoran sus propiedades de fricción.⁸

1.2. Arcos ortodóncicos

Actualmente los arcos que se utilizan sobre los brackets son generalmente de aleación níquel titanio (NiTi) ya que para ejercer un movimiento dentario determinado deben tener características que transmitan fuerzas suaves y continuas y con la dirección adecuada a los dientes evitando al máximo el malestar del paciente así como la hialinización de los tejidos y la reabsorción radicular, además de una gran capacidad de recuperación, resiliencia adecuada y características equilibradas entre elasticidad y rigidez; actualmente no existe ningún arco de uso clínico que cumpla todas las características ideales para cualquier fase del tratamiento.¹⁸

1.2.1. Ligaduras metálicas de uso ortodóncico

La fijación del arco en el bracket modifica las propiedades de fricción en conjunto, así como la deformación elástica y plástica del arco. Las ligaduras elásticas presentan el mayor coeficiente de fricción por su baja dureza y gran superficie de contacto sobre el arco; nuevos diseños se están desarrollando para mejorar sus propiedades mecánicas y estabilidad en el tiempo.¹⁹

Las ligaduras metálicas blandas tienen más fricción que las duras. Las formas en las que realizamos la ligadura y las tensiones que aplicamos al adaptarla al bracket-arco modifican también la fricción. Las ligaduras preformadas tienen menos fricción que las realizadas a partir de alambre recto. Retorcer los extremos de la ligadura de afuera hacia dentro (porta mosquito) produce menos fricción que dé a dentro hacia afuera (lápiz ligador).²⁰

En cuanto el papel del tipo de ligado y la fricción, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, a así como al comparar brackets de ligado convencional con brackets de autoligado.²¹

1.2.3. Mecanismo arco bracket

El órgano dentario se mueve mediante el bracket, que se desliza, se inclina, se entorcha y se mueve hacia adelante.²²

Para alinear hay que disminuir el diámetro del alambre, escoger un bracket de anchura menor y aumentar la holgura del arco. Cuando la resistencia al deslizamiento en la interface arco-bracket aumenta, la proporción de la fuerza útil resultante sobre los dientes para conseguir un movimiento disminuye. Esto da como resultado una mecánica menos eficiente. En situaciones clínicas, el movimiento dental se inicia en el alveolo dentario cuando la fuerza aplicada supera las fuerzas de resistencia de los tejidos al desplazamiento radicular. Se requiere un aumento de la fuerza aplicada que venza este incremento. La tendencia actual, es disminuir la anchura de los puntos de

apoyo del bracket, aumentado todo lo posible la distancia inter bracket. Esto supone un aumento de la flexibilidad de los arcos y la disminución de la fuerza aplicada.¹³

En realidad, a mayor holgura menor comportamiento de flexibilidad de los alambres y seguridad en que no se produce bloqueo del arco por irregularidades en la superficie de estos. El relleno por completo de la ranura produce un bloqueo completo del sistema.²³

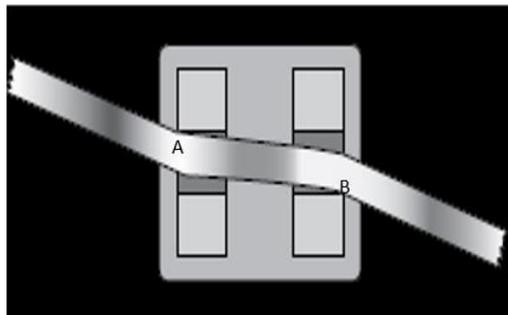


Figura 1. Imagen representativa de la interacción arco bracket y los contactos críticos (A Y B) que en este ocurre. Graber: 2012.

Al existir holgura entre la ranura y el arco, para evitar el bloqueo del alambre, el apoyo se da en dos puntos, estos puntos de contacto son los responsables de que podamos tener aumento en la fricción, por lo que el borde de la ranura debe estar redondeado, pulido y endurecido, afectando estos tres parámetros de la fricción y a las deformaciones plásticas (doble-fricción y a las deformaciones plásticas (dobles, muescas)).²²

La ranura 0.022" permite una deformación elástica de los alambres mayor y una disminución de la fuerza aplicada, así como una variedad de perfiles de arcos mucho más amplia; de esta forma permite adaptarse con una misma prescripción de brackets y a un número mayor de maloclusiones.⁹

1.3. Leyes de Fricción

La aplicación de los principios mecánicos responsables de la fricción son complejos. Por ejemplo, como se muestra en esta fórmula representativa de la relación entre la fuerza y el coeficiente de fricción y se expresa de la siguiente manera:

$$F_F = \mu \times F_N / F_F = 2\mu \cdot M/A$$

Donde la relación entre la fuerza de fricción (F_f), el coeficiente de fricción (μ) y las fuerzas que operan a 90 grados del arco (es decir las fuerzas normales (F_N)). M es un momento en la carga por un par y A es la anchura mesial-distal del bracket.²⁴

Así, la fuerza de fricción se produce por muchas activaciones posibles del aparato; fuerzas bucales, linguales, apicales y oclusales. La fricción se produce también por momentos que actúan en el arco mediante inclinación o torsión. El objetivo de la ligadura es evitar que el arco sea extraído de la ranura del bracket y con esto la fuerza con que se liga un bracket al arco se añadirá el coeficiente de fricción y esto no es deseado; el coeficiente de fricción (μ) está determinado por factores tales como: el material, la interface del material y los lubricantes. Desde un punto de vista ortodóncico, el sistema de fuerzas utilizado es el principal determinante de la fuerza de fricción.²⁵

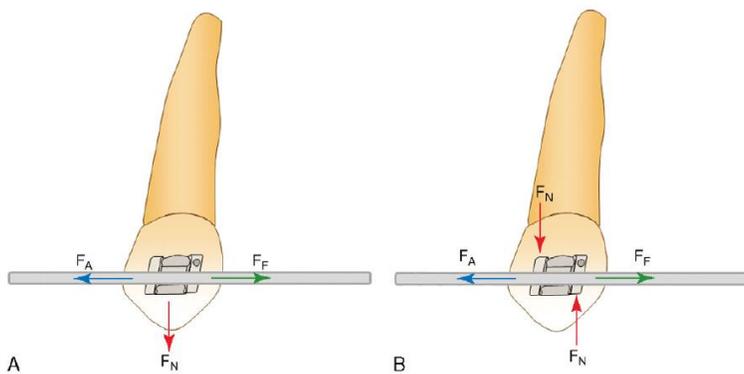


Figura 2. Imagen representativa de las Fuerzas normales (F_N) con respecto a un arco que produce la fuerza de fricción (F_F) F_A es la fuerza aplicada. La fuerza que nota el diente es la fuerza aplicada menos la fuerza de fricción. A, (F_N) es una fuerza oclusal única, B, se aplica un par o momento puro al bracket. Estas fuerzas normales también producen fricción. Graber:2012.

Cuando existe demasiada fricción, la fuerza se pierde y disminuye el movimiento dentario. Cuando sobre un arco se aplican fuerzas normales más intensas, el cálculo de la fuerza de fricción se vuelve más complicado y no pueden aplicarse las formulas clásicas sencillas.²⁵

1.4 Tipos de fricción

Existen dos tipos principales de fricción:

A) La fricción estática es la fuerza mínima para iniciar movimiento en superficies sólidas que previamente se encontraban en reposo.

B) fricción cinética es la fuerza que se resiste al movimiento de deslizamiento de un sólido sobre otro.²⁶ De acuerdo a las leyes de fricción, la fricción estática es mayor que la fricción cinética.²⁷

1.5. Biocompatibilidad

Diversas propiedades deben ser consideradas en la búsqueda del arco ideal, entre ellas la bioestabilidad, dentro de las características de la aleación que alteran el comportamiento de los arcos se encuentra la aspereza de la superficie, ya que esta influencia tanto el desempeño como la bioestabilidad del mismo, adicionalmente la topografía de la superficie puede modificar considerablemente la estética del arco, corrosión y la eficacia de los componentes ortodóncicos, además, la acumulación de placa.²⁸

La biodegradación de estos materiales en el ambiente oral es desconocida, variaciones en la temperatura y el pH causadas por la dieta, descomposición de los alimentos, flora oral y sus bioproductos pueden afectar las propiedades de los materiales.²⁹

1.6. Electropulido

Los metales se han usado como materia prima para instrumentos en el área biomédica por sus excelentes propiedades mecánicas y biocompatibilidad, para algunas de estas aplicaciones es necesario una superficie suave y abrillantada, esto logrado mediante el pulido.³⁰

El pulido electroquímico tiene diferentes aplicaciones industriales, incluyendo maquinado electroquímico y electropulido de los metales y aleaciones en la industria médica (conformado y acabado de instrumentos médicos e implantes).¹⁴ También conocido como pulido electroquímico, pulido electrolítico y chapoda inverso, es un proceso electroquímico que remueve la capa superficial de un metal.³¹

Con este proceso podemos obtener una superficie que provee un brillo que da una apariencia limpia y suave, esto cuando se aplica con un electrolito apropiado y bajo una condición electrolítica apropiada. En la industria esta práctica usa sustancias tóxicas que pueden causar efectos nocivos pero en la industria biomédica se han cambiado estas sustancias por soluciones basadas en alcoholes, una alternativa más segura.³²

1.7. Pasos del proceso de electropulido

Un potencial eléctrico y una corriente son aplicados, lo que resulta en una disolución iónica de la superficie, en este proceso, la morfología y la química de la superficie es alterada mientras que las imperfecciones son removidas al disolver los iones del metal, generalmente el electropulido remueve la capa nativa de óxido dejando una capa homogénea y estable.³³

Cuando un material será sometido al pulido, como se muestra en la figura 3, este es conectado a un cátodo en la celda electrolítica, con una separación uniforme de los electrodos usando dos placas del mismo material. Y un ácido electrolítico como mediador, cuando una corriente eléctrica es aplicada una capa polarizada cubre la

superficie del metal, generando la difusión de los iones del metal, las imperfecciones son expuestas a una densidad de corriente alta que se disuelve más rápido que las superficies circundantes.³⁴

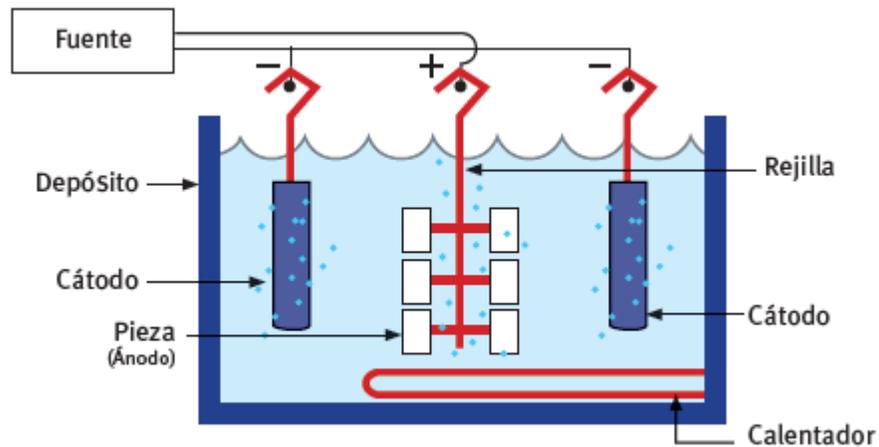


Figura 3. Proceso electroquímico, sobre el cual se elimina material de la superficie. Northeast Laser: 2018.

El tratamiento posterior consiste en la eliminación del electrolito residual y de los productos secundarios de la reacción de electropulido, con posterior secado para prevenir la aparición de manchas. Cada una de estas operaciones puede implicar la utilización de varios depósitos para lograr el acabado deseado.³⁵

1.7.1. Electropulido y Ortodoncia

El electropulido tiene un papel importante en la odontología al proporcionar características mecánicas mejoradas, protección a la corrosión, apariencia física y como agente de limpieza.³³

El proceso ha sido utilizado para reducir el tamaño de los arcos, así como la remoción de impurezas que causan corrosión de la aparatología fija y un brillo extra. Así el propósito principal del electropulido es minimizar microasperezas reduciendo el riesgo de sustancias adheridas.³⁶ El electropulido remueve la capa superficial de un metal al pasar una corriente eléctrica mientras este es sumergido en una solución electrolítica por un tiempo específico (10 segundos) y una potencia adecuada (12 V). Dado que el electropulido tarda alrededor de 10 segundos y la densidad de corriente es mínima, la cantidad de metal que es removida del bracket puede considerarse imperceptible y la configuración del slot no se ve afectada.^{37,38}

Este sistema no remueve más de 5 a 10 micrones de la superficie del metal, no afecta la capacidad del cementado, sin embargo, la exposición del bracket a altas temperaturas, teóricamente puede afectar la anchura de la ranura del bracket, así como la dureza del metal, dejándolo susceptible a las fuerzas masticatorias.³⁹

2. Planteamiento del problema

La biomecánica del movimiento ortodóncico es compleja durante el tratamiento en paciente, específicamente la fricción representa uno de los factores esenciales que pueden acelerar o retrasar el avance de este, por lo que el estudio de nuevas estrategias que favorezcan en la disminución de la fricción podría mejorar el deslizamiento de órganos dentarios en la fase de retracción canina o de algún otro órgano dentario en particular.

El uso de un arco rígido es necesario para lograr un mayor control, sobre todo en las etapas de retracción, por lo que se incrementa la fricción al haber un mayor contacto entre el arco y la ranura del bracket, este fenómeno ha sido resuelto parcialmente con brackets de auto ligado y aditamentos, pero reduciendo el control, otros estudios reducen la fricción con tratamientos de implantación de iones y recubrimientos con diferentes tipos de materiales, sin embargo, ninguno de tipo electrolítico.⁴⁰

La fricción es un factor que interviene de manera trascendente en la biomecánica sin importar la técnica ortodóncica o el nivel de complejidad de cualquier tratamiento, por lo que surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué efecto tendrá el proceso de electropulido de brackets ortodóncicos en el deslizamiento?

3. Justificación

En ortodoncia, la resistencia al deslizamiento interfiere con el correcto movimiento del bracket a lo largo del arco ortodónico.⁴¹ Para que un objeto se deslice en contra de otro, la fuerza aplicada tiene que vencer a la resistencia friccional.⁴² La fricción puede ser afectada por los siguientes factores: cinemática de las superficies en contacto (dirección y magnitud del movimiento relativo entre dos superficies en contacto); cargas y/o desplazamiento aplicadas continuamente (incluyendo métodos de ligado); condiciones de la cavidad bucal, así como temperatura y lubricantes; textura de la superficie y características de los materiales.⁴³

El electropulido es una técnica de acabado químico para superficies, mediante la cual el metal se disuelve electrolíticamente, ión por ión, de la superficie de un objeto metálico.³⁰ El propósito del electropulido es obtener un área suave y así reducir la rugosidad de la superficie, este proceso es considerado seguro para el medio ambiente y sin efectos tóxicos en seres vivos, así como para el maquinado de superficies metálicas ya que es una solución química segura.⁴⁴ Teóricamente obtener una superficie más lisa y tersa mejoraría el deslizamiento del bracket en el arco ortodónico, ya que la fricción representa una variable que interviene en el deslizamiento, esto es, que la fricción es considerada como la resistencia al movimiento que existe cuando un sólido se mueve tangencialmente en contacto con la superficie de otro sólido.⁴⁵ El coeficiente de fricción para cualquier superficie de un material es una constante, que depende de la aspereza de la superficie, textura y dureza.⁴⁶

Analizar los efectos del electropulido sobre la superficie de la ranura del bracket permitirá conocer si este proceso químico mejora el deslizamiento de este. La relevancia de esta información aportaría datos importantes que debe considerar el clínico en ortodoncia en su práctica diaria en función de las variables que intervienen en cada uno de los casos y tratamientos a realizar. Aportando así, alternativas que mejoren el desempeño de los brackets en las mecánicas de deslizamiento, impactando directamente en la mecánica del deslizamiento y tiempos de tratamiento.

4. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Los brackets que son sometidos al proceso de electropulido presentaran mayor deslizamiento.

Hipótesis nula

Los brackets sometidos a electropulido presentaran menor deslizamiento.

Hipótesis alterna

Los brackets sometidos a electropulido no presentaran diferencias estadísticamente significativas al grupo control.

5. Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto del electropulido de brackets ortodóncicos en el deslizamiento.

Objetivos específicos

- Medir el deslizamiento de los brackets antes y después de ser sometidos al proceso de electropulido.
- Comparar estadísticamente la distancia recorrida de los brackets antes y después del electropulido.
- Identificar el grupo de brackets con mayor deslizamiento después de ser sometido al electropulido.
- Identificar el grupo bracket con menor deslizamiento después de ser sometido al electropulido.
- Definir el efecto del electropulido con relación al deslizamiento.

6. Material y métodos

6.1. Diseño de estudio

- Experimental

6.2. Población y universo de estudio

- 4 brackets metálicos Discovery, Dentauro, Ispringen, Alemania.
- 4 brackets metálicos Gemini, 3m Unitek Monrovia California EUA.
- 4 brackets metálicos Nu-Edge TP Orthodontics, Inc, La Porte, Indiana EUA.
- 4 brackets metálicos Mini-Twin, Ormco, Orange, California EUA.
- 4 Brackets metálicos Ovation, Borgatta, Ciudad de México, México.
- 4 brackets metálicos Master, American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, EUA.
- 4 brackets metálicos, SCAPE Roth 3G Stylus, Ah-Kim-Pech, Ciudad de México, México.

6.3. Muestreo

- No probabilístico, por cuota y conveniencia.

6.4. Criterios de:

Inclusión

- Brackets metálicos ranura 0.022", canino y segundo premolar, maxilares.
- Brackets metálicos sin defecto físico aparente.
- Brackets metálicos prescripción Técnica Roth.

Exclusión

- Brackets estéticos.
- Brackets de autoligado.
- Brackets reciclados.

Eliminación

- Brackets que se desprendan del dispositivo de medición al momento del ensayo.
- Brackets con fractura al momento aplicación de deslizamiento.
- Barras de acero inoxidable 0.019" x 0.025" que presenten deformaciones indeseadas.

6.5. Variables de estudio

Operacionalización de las variables

Tabla 1. Definición conceptual y operacional de variables dependientes e independientes.

Variable.	Descripción conceptual.	Definición operacional.	Escala de medición.	Unidad de medición.	Etiqueta.
Deslizamiento.	Movimiento que existe cuando un sólido se mueve tangencialmente en contacto con la superficie de otro sólido.	Cantidad de movimiento expresado en milímetros que se medirá con propósitos estadísticos.	Cuantitativa continua.	Milímetros (mm)	FR.
Electropulido.	Proceso químico que remueve la capa superficial de un metal.	Líquido electroquímico que removerá la capa más superficial del bracket de estudio.	Cualitativa nominal dicotómica.	Si/No	EP.
Bracket.	Elemento metálico o cerámico (para satisfacer necesidades estéticas), que sirve para soporte y agarre, fijando el arco de alambre de los aparatos ortodóncicos.	Aditamento ortodóncico que se fijará al dispositivo de medición.	Cuantitativa continua.	-----	1. G1 2. G2 3. G3 4. G4 5. G5 6. G6 7. G7

Variable dependiente

- Deslizamiento. (mm)

Variables independientes

- Bracket.
- Electropulido.

6.6. Procedimiento

Para este estudio se integró un total de 28 brackets divididos en dos grupos: uno experimental de 14 brackets metálicos, y un grupo control de 14 brackets metálicos.

Grupo experimental.

- Grupo G1: Scape Roth 3G Stylus, ranura 0.022", Ah-Kim-Pech, Ciudad de México, México Grupo G1: Discovery, ranura 0.022", Dentaaurum, Ispringen, Alemania.
- Grupo G2: Ovation, ranura 0.022", Borgatta, Ciudad de México, México.
- Grupo G3: Máster, ranura 0.022", American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, EUA.
- Grupo G4: Gemini, ranura 0.022", 3m Unitek Monrovia California, EUA.
- Grupo G5: Nu-Edge, ranura 0.022", TP Orthodontics, Inc, La Porte, Indiana, EUA.
- Grupo G6: Mini-Twin, ranura 0.022", Ormco, Orange, California, EUA.
- Grupo G7: Discovery, ranura 0.022", Dentaaurum, Ispringen, Alemania

Grupo control.

- Grupo G1: Scape Roth 3G Stylus, ranura 0.022", Ah-Kim-Pech, Ciudad de México, México.
- Grupo G2: Ovation, ranura 0.022", Borgatta, Ciudad de México, México.
- Grupo G3: Master, ranura 0.022", American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, EUA.
- Grupo G4: Gemini, ranura 0.022", 3m Unitek Monrovia California, EUA.
- Grupo G5: Nu-Edge, ranura 0.022", TP Orthodontics, Inc, La Porte, Indiana EUA.

- Grupo G6: Mini-Twin, ranura 0.022”, Ormco, Orange, California, EUA.
- Grupo G7: Discovery, ranura 0.022”, Dentaurum, Ispringen, Alemania.

Electropulido:

Se colocó un litro de líquido electrolítico dentro de la tina del dispositivo de electropulido Molident, Ciudad de México, México, se sumergieron los brackets sostenidos en el vástago del dispositivo a una calibración de 12 voltios y 10 segundos de acuerdo con las especificaciones de Buchman y Egan posteriormente fueron higienizados con alcohol y secados con aire comprimido durante un minuto.

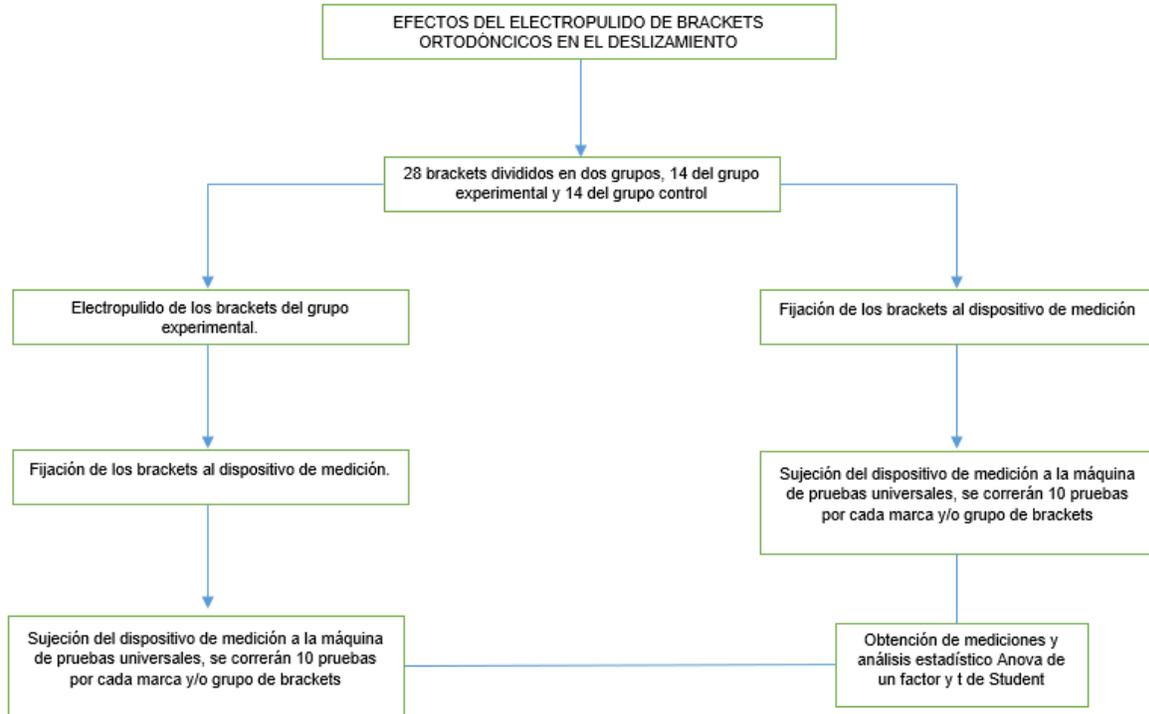
Deslizamiento mediante la máquina de ensayos universales

Se colocaron 2 brackets, (previamente sometidos al proceso de electropulido, para el grupo experimental) y dos tubos metálicos a una distancia interbracket de 5 mm para los tubos metálicos y el bracket que representa al segundo premolar superior y una distancia interbracket de 7 mm para la simulación del espacio de extracción. Las muestras se cementaron con resina fotopolimerizable Enlight, Ormco, Orange, Calif, USA, mediante el uso de una lámpara Ortholux, 3M Unitek, sobre un dispositivo de acero inoxidable previamente fabricado con múltiples especificaciones tomadas de diversos autores,^{47,48,7,49} sobre la cual se ligó una barra de alambre de acero inoxidable 0.019“x0.025” (TP Orthodontics, Inc, La Porte, Ind. USA) con ligadura metálica (TP Orthodontics), el dispositivo se montó sobre la máquina de ensayos universales (Shimadzu AGS-X/Software trapezium X) donde se deslizó la barra de alambre a una velocidad de 10mm/60seg, un total de 30 veces por cada grupo y/o marca de brackets. El grupo control presentó las mismas características a excepción del proceso de electropulido.

Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos al paquete estadístico IBM SPSS, versión 23, realizando Anova de un factor y Tukey post hoc de $p \leq 0.05$ para hallar diferencias estadísticamente significativas.

Diagrama de flujo representativo de los pasos de la metodología del estudio.



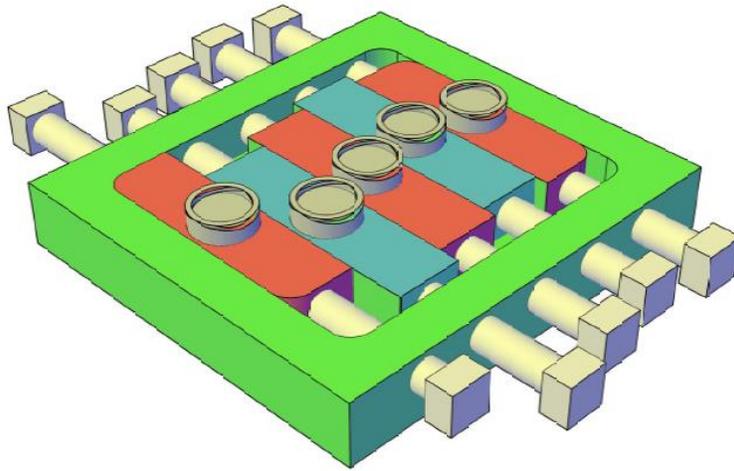


Figura 4. Imagen representativa del dispositivo de medición donde serán fijados los brackets. Fuente: propia.



Figura 5. Dispositivo de medición. Fuente: propia

6.7. Consideraciones bioéticas

De acuerdo con el reglamento general de salud en su artículo 17 apartado I, la siguiente investigación se consideró como investigación sin riesgo, ya que no se realizó ninguna intervención o modificación en variables fisiológicas, psicológicas y sociales en individuos por su carácter *in vitro* y de ciencia básica.

El presente proyecto tiene su valor teórico en su base bibliográfica de acuerdo con la normativa científica. En cuanto la ética de la publicación se contribuyó al aumento de los conocimientos de los profesionales, se comunicó con sinceridad los resultados obtenidos y verdaderos de la investigación, se evitó la invención, ocultación y manipulación científica.

Se reconoció legítimamente a los autores involucrados en la publicación o de cualquier producto que resulte del mismo. Se reconoció la participación explícita sin aplicar la autoría ficticia o intercambio mercantil de autorías, incluyendo no plagiar y reconocer a los autores citados, todo esto de acuerdo con el comité internacional de editores de revistas biomédicas.

7.1 Resultados

Las medias, de las distancias medidas *in vitro* para todos los grupos se enumeran en la Tabla 1.

Los valores medios más altos se encontraron para los grupos experimentales G8 Scape Roth con el procedimiento de electropulido (.97780 mm) seguido de G9 Ovation (.97713 mm) y G10 Master (.97676 mm). Los valores medios más bajos se observaron para G14 Discovery (.97530 mm) seguido de G13 Mini-Twin (.97556 mm) y G12 Nu-Edge (.97563 mm). La comparación entre los grupos para cada bracket se realizó utilizando Anova que mostró diferencias estadísticamente significativas en el grupo experimental con una $p \leq 0.05$. Así como un aumento en la distancia recorrida por cada grupo que se sometió el proceso de electropulido como se puede observar en la figura 6.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las compases medidos en milímetros(mm)		
Bracket	Medias	**Anova Valor de $p \leq 0.05$
G1 Scape Roth (Ah-Kim-Pech)	.97336	A, C
G2 OVATION (Borgatta)	.97306	A, C
G3 Master (American Orthodontics)	.96970	A, C
G4 Gemini (3M)	.96996	A, C
G5 Nu-Edge (TP Orthodontics)	.97263	A, C
G6 Mini-Twin (Ormco)	.96470	B
G7 Discovery (Dentaurum)	.97110	A, C
G8 Elec Scape Roth (Ah-Kim-Pech)	.97780	A
G9 Elec Ovation (Borgatta)	.97713	A
G10 Elec Master (American Orthodontics)	.97676	A
G11 Elec Gemini (3M)	.97610	A, D
G12 Elec Nu-Edge (TP ORTHODONTICS)	.97563	A, D
G13 Elec Mini-TWIN (Ormco)	.97556	A, D
G14 Elec Discovery (Dentaurum)	.97530	A, D

*Letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas, resultados expresados en milímetros.

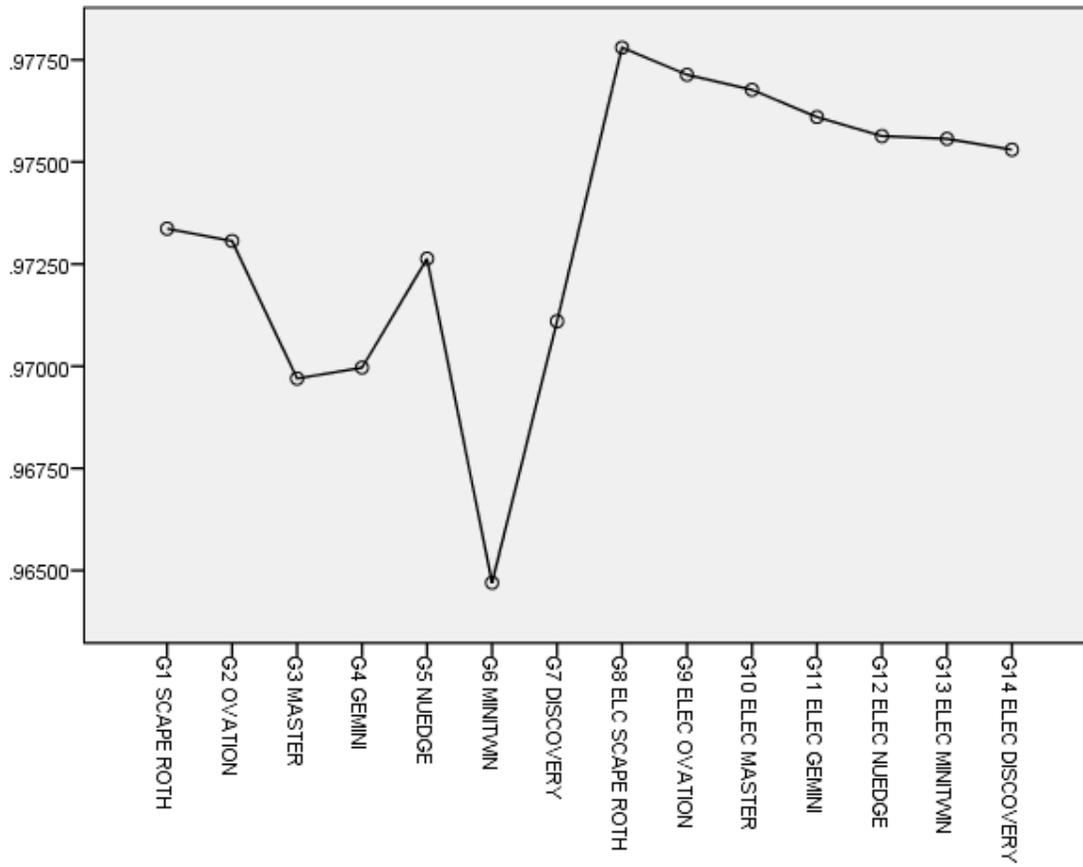


Figura 6. Diagrama de puntos donde se puede observar un aumento en la distancia recorrida por los brackets después del electropulido.

A. Acuse de envío

Correo - ulisesvelazqu@hotmail.com

Página 1 de 1

[KJO-18-170] Your manuscript has been received.

The Korean Journal of Orthodontics <office@e-kjo.org>

sab 30/06/2018 12:15 p.m.

Para: ulisesvelazqu@hotmail.com <ulisesvelazqu@hotmail.com>;

Ulises Velazquez-Enriquez,

The KJO has received the following manuscript.

We thank you for your interest in the KJO; we will notify you whether the manuscript has been proceeded to the review status or any revision is necessary prior to review.

Thank you.

Manuscript ID : KJO-18-170

Manuscript Title : Effect of electropolishing of metallic brackets on the sliding mechanics

Abstract :

Abstract Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of the electropolishing of metallic brackets on their sliding movement. **Methods:** Fourteen metallic brackets of seven different brands were divided into an experimental group and a control group, which were tested with the use of 14 archwires measuring 0.019" x 0.025". One-way ANOVA and Tukey's post hoc test were applied for comparisons between the experimental and the control group; statistical significance was set at $p \leq 0.05$. **Results:** The highest amount of sliding (97780 mm) was found in the experimental group after the application of the electropolishing method ($p \leq 0.05$). **Conclusion:** When planning for orthodontic treatment, the clinician could select the electropolishing method after the beginning of the treatment to increase the efficiency of the brackets.

The Korean Journal of Orthodontics

The Korean Journal of Orthodontics, Korean Assoc Orthodontists, 603 Trapalace II, 1327 Seocho-Dong, Seocho-Gu, Seoul 137-070, KOREA

Tel: +82-2-464-9153, Fax: +82-2-464-9154

E-mail: office@e-kjo.org

Homepage: <http://submit.e-kjo.org>

2008 © Copyright The Korean Journal of Orthodontics. All Rights Reserved. / Powered by [INFORang.co., Ltd](http://www.inforang.co.kr)

<https://outlook.live.com/owa/?path=/mail/inbox/rp>

30/06/2018

B. Artículo completo enviado

effect of electropolishing of metallic brackets on the sliding mechanics

Abstract

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of the electropolishing of metallic brackets on their sliding movement. **Methods:** Fourteen metallic brackets of seven different brands were divided into an experimental group and a control group, which were tested with the use of 14 archwires measuring 0.019" x 0.025". One-way ANOVA and Tukey's post hoc test were applied for comparisons between the experimental and the control group; statistical significance was set at $p \leq 0.05$. **Results:** The highest amount of sliding (97780 mm) was found in the experimental group after the application of the electropolishing method ($p \leq 0.05$). **Conclusion:** When planning for orthodontic treatment, the clinician could select the electropolishing method after the beginning of the treatment to increase the efficiency of the brackets.

Key words: Brackets, electropolishing, sliding, experimental model

Introduction

Electropolishing is an anodic dissolution process currently used to obtain a bright and smooth surface on several metallic instruments to improving their working properties and suitability for biomedical applications.¹ This method has been used for many years to recycle orthodontic brackets, which become smoother and more corrosion-resistant after electropolishing and, according to Smith, show no significant decrease in bond strength.² During the sliding mechanics, it is either the bracket or the archwire that slides through the bracket slot; this is an important consideration in appliance design because these forces oppose every action that is carried out to move teeth, thus consuming time for the patient and the practitioner.³ The objective of this study was to correlate the sliding performance of brackets with the electropolishing method.

Materials and methods

The sample size in this study was calculated by applying a significance level of $p \leq 0.05$ to detect meaningful differences among the mean values for the groups. Seven types of metallic brackets were used: 4 Discovery (Dentaurum, Ispringen, Germany), 4 Gemini (3M Unitek, Monrovia California, USA), 4 Nu-Edge (TP Orthodontics, Inc., La Porte, Indiana, USA), 4 Mini-Twin (Ormco, Orange, California, USA), 4 Ovation (Borgatta, Mexico City, Mexico), 4 Master (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA), and 4 Scape Roth 3G Stylus (Ah-Kim-Pech, Mexico City, Mexico). These were divided into a control group and an experimental group to compare the amount of movement before and after electropolishing. Thirty movement tests were carried out on each group. The number of tests was determined to be clinically significant.

All the brackets used in this study were maxillary second premolar and right canine brackets.⁴ Testing was done with the use of one type of stainless steel straight-length archwires, which were 0.019" × 0.025" for both 0.022" slot brackets.³ The brackets in the experimental group were electropolished before testing.

Electropolishing method

Each bracket for testing was suspended in a bracket reconditioning unit (Molident Dental Appliances, Mexico City, Mexico) (Fig. 1) for a period of 10 seconds at 12 volts.⁵

Experimental model

The sliding simulation was done by using an experimental model consisting of stainless steel supports that could hold two metallic brackets and two buccal tubes in alignment, as previously described⁶ (Fig. 2). The interbracket distance calculated from the center of each bracket was set at 10 mm.⁷ All brackets

were tied to the straight archwire. Both the experimental and the control models were designed for the evaluation of the amount of movement of the wire in the active configuration.

Before the mechanical testing, the brackets in the experimental group were cleaned with alcohol and dried for one minute. Metallic ligatures were used to attach the wires in both groups (Fig. 3).⁸

Testing method

The experimental models were attached to the universal test machine for the 30 measurements done for each group, without changing the stainless steel arch, which was slid at a speed of 1 cm/min.

No other force was considered in this experiment except for the amount of movement in millimeters (mm).⁹

Statistical analysis

The statistical analysis was carried out by applying one-way ANOVA and Tukey's post hoc test to the values obtained. The data were analyzed by using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software for Windows, version 22.

Results

Table 1 shows the mean distances measured *in vitro* for the groups. The highest mean values were found for G8 Scape Roth with electropolishing procedure (.97780 mm), followed by G9 Ovation (.97713 mm) and G10 Master (.97676 mm). The lowest mean values were observed for Discovery (.97530 mm), followed by G13 Mini-Twin (.97556 mm) and G12 Nu-Edge (.97563 mm). The comparison between groups for each bracket was done by using ANOVA, which showed statistically significant differences in the experimental group ($p \leq 0.05$).

Discussion

In the straight-wire biomechanics, the biological response of the orthodontic movement is limited by the forces generated during the sliding of the wire, thus minimizing the speed of tooth movement.¹⁰ In addition, there are other factors that oppose the sliding, including saliva, the slot and archwire dimension and material, the angulation of the wire to the bracket, and the mode of ligation.¹¹ Hence, this phenomenon requires that all factors be analyzed to improve the orthodontic treatment.¹²

Afroz¹³ reported that the electropolishing of metal surfaces showed cell viability and did not adversely affect cell growth. Rather, the cell growth was improved, providing a biocompatible surface with no cytotoxic effect, and the characterization of the surface resulted in a significantly lower surface roughness. In medical specialties, electropolished materials have been used for implants in orthopedics; for self-expanding stents, graft support systems, filters, and baskets in cardiology; and in minimally invasive interventional procedures.

Electropolishing has also been applied in standard laboratory practice in general dentistry, such as in removable partial denture and implant prostheses, rotational path partial dentures, and precision attachments. Thus, the method seems to be clinically acceptable in the endodontic and implant industry, specifically for superelastic archwires in orthodontics.^{14, 15}

There is controversy on whether electropolishing decreases the bond and structural strength of the bracket. However, because only approximately 5–10 μm of the surface is removed, any such decrease is considered negligible, and the effect on the slot configuration should be insignificant.^{16,17} Considering that certain buccal conditions can be similar but not identical to the galvanic corrosion that electropolishing can cause on the bracket, it was decided that all tests should be carried out in dry conditions.¹⁸

Few clinical investigations have evaluated the sliding rate of electropolished brackets, although previous *in vitro* studies have studied the effect of recycling on metallic brackets by applying an electropolishing method.^{19,16} Nevertheless, electropolishing has been reported to enhance surface smoothness and decrease bacterial contamination and corrosive action,^{20,21} which can lead to an improvement of the sliding efficiency and reduction of bacterial growth, thus suggesting the suitability of the method for orthodontics, among others.^{22,23}

Different types of brackets were used in this study to determine whether the electropolishing method affected the sliding performance of the bracket regardless of its design or size. The brands selected were the most representative of the international market.

Among the experimental groups, G8 showed the highest amount of sliding, followed by G9 and G10, as indicated in Table 1. Similar results have been reported in previous studies, although those works applied no electropolishing method and used only the coefficient of friction (COF).^{24,25} In the present study, which aimed to determine the effect of the electropolishing of metallic brackets on the sliding mechanics, the COF was not measured; only the quantity of sliding in μm was determined because, according to Kim²⁶, the frictional values for a given bracket-archwire combination may vary as the tooth moves along the archwire in a tipping and uprighting manner.

A specially designed prototype that enabled testing was used, as well as a methodology that allowed horizontal and vertical alignments in a straight line. Replacing the brackets and wire after each test was not considered in this study: Jacob²⁴ previously observed that there was neither an increase nor a decrease in friction when brackets and wires were repeatedly used. The effect of lubricants was also not studied in the present *in vitro* investigation given that previous works have indicated that saliva does not have a significant role in sliding mechanics.^{27,28}

Regarding the sliding performance according to brand, the electropolished brackets showed higher amounts of sliding compared with the control group (Fig. 4). Statistically significant differences were found in the majority of the experimental groups. Among the control groups, statistically significant differences were observed between G6 and G1, G2, and G5; this may be because G6 is the only bracket with a monolithic structure and parallel slot walls with square corners at the roots of the slots, which can result in a smaller contact surface. G7 and G5 also showed statistically significant differences, possibly due to the fact that G7 has a higher Vickers hardness value than G5 (Table 1).³⁰

These data are important for the clinician in deciding when to apply the electropolishing process in the orthodontic therapy. Nevertheless, scanning electron microscopy (SEM) studies, as well as the use of different types of ligature, are needed to evaluate the smoothness of the surface and the changes that occur after the electropolishing process.

Conclusion

In this study, all the brackets in the experimental group showed an increased amount of sliding after the application of electropolishing. Thus, it can be concluded that electropolishing increases the amount of movement of brackets. In addition, the results suggest that the amount of sliding could depend on the type of metal the bracket is made of.

The findings indicate that the electropolishing method should be selected after the beginning of orthodontic treatment to increase the efficiency of the brackets. This should be considered by orthodontists in planning for orthodontic therapy.

References

1. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39:163–72.
2. 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;26:449–54.
3. Doshi UH, Bhad-Patil WA. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;139:74–9.
4. Tominaga JY, Ozaki H, Chiang PC, Sumi M, Tanaka M, Koga Y, et al. Effect of bracket slot and archwire dimensions on anterior tooth movement during space closure in sliding mechanics: A 3-dimensional finite element study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2014;146:166–74.
5. Orthodontic Electropolishing in the orthodontic Office : A Simplified Approach. *J. Ind Orthod Society* 2014;48:509–10.
6. Galvão MB, Camporesi M, Tortamano A, Dominguez GC, Defraia E. Frictional resistance in monocrystalline ceramic brackets with conventional and nonconventional elastomeric ligatures. *Prog Orthod* 2013;14:9.
7. Murayama M, Namura Y, Tamura T, Iwai H, Shimizu N. Relationship between friction force and orthodontic force at the leveling stage using a coated wire. *J Appl Oral Sci* 2013;21(6):554–9.
8. Pithon MM, Santos Fonseca Figueiredo D, Oliveira DD, Lacerda dos Santos R. Evaluation of physical properties of esthetic brackets after clinical use: Study in situ. *J World Fed Orthod* 2013;2:127–32.
9. J Carrion-Vilches F, Bermudez M-D, Fructuoso P. Static and kinetic friction force and surface roughness of different archwirebracket sliding contacts. *Dent Mater J* 2015;34:648–53.
10. Nucera R, Lo Giudice A, Matarese G, Artemisia A, Bramanti E, Crupi P, et al. Analysis of the characteristics of slot design affecting resistance to sliding during active archwire configurations. *Prog Orthod* 2013;14(1):35.
11. AlSubaie M, Talic N, Khawatmi S, Alobeid A, Bourauel C, El-Bialy T. Study of force loss due to friction comparing two ceramic brackets during sliding tooth movement. *J Orofac Orthop der Kieferorthopädie* 2016;77:334–40.
12. Cunha AC da, Marquezan M, Freitas AOA, Nojima LI. Frictional resistance of orthodontic wires tied with 3 types of elastomeric ligatures. *Braz Oral Res* 2011;25(6):526–30.
13. Latifi A, Imani M, Khorasani MT, Joupari MD. Electrochemical and chemical methods for improving surface characteristics of 316L stainless steel for biomedical applications. *Surf Coatings Technol* 2013;221:1–12.
14. Tajima K, Hironaka M, Chen K-K, Nagamatsu Y, Kakigawa H, Kozono Y. Electropolishing of CP titanium and its alloys in an alcoholic solution-based electrolyte. *Dent Mater J* 2008;27:258–65.
15. Simka W, Kaczmarek M, Baron-Wiecheć A, Nawrat G, Marciniak J, Zak J. Electropolishing and passivation of NiTi shape memory alloy. *Electrochim Acta* 2010;55:2437–41.

16. Buchman DJL. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1980;77:654–68.
17. 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;26:449–54.
18. Kao CT, Huang TH. Variations in surface characteristics and corrosion behaviour of metal brackets and wires in different electrolyte solutions. *Eur J Orthod* 2010;32:555–60.
19. Chacko PK, Kodoth J, John J, Kumar K. Recycling stainless steel orthodontic brackets with Er:YAG laser - An environmental scanning electron microscope and shear bond strength study. *J Orthod Sci* 2013;2:87–94.
20. Cheung GSP, Shen Y, Darvell BW. Does Electropolishing Improve the Low-cycle Fatigue Behavior of a Nickel-Titanium Rotary Instrument in Hypochlorite? *J Endod* 2007;33:1217–21.
21. Arnold JW, Boothe DH, Suzuki O, Bailey GW. Multiple imaging techniques demonstrate the manipulation of surfaces to reduce bacterial contamination and corrosion. *J Microsc* 2004;216:215–21.
22. Arici N, Akdeniz BS, Arici S. Comparison of the frictional characteristics of aesthetic orthodontic brackets measured using a modified in vitro technique. *Korean J Orthod* 2015;45:29–37.
23. Bohinc K, Dražić G, Abram A, Jevšnik M, Jeršek B, Nipič D, et al. Metal surface characteristics dictate bacterial adhesion capacity. *Int J Adhes* 2016;68:39–46.
24. Jakob SR, Matheus D, Jimenez-Pellegrin MC, Turssi CP, Amaral FLB. Comparative study of friction between metallic and conventional interactive self-ligating brackets in different alignment conditions. *Dental Press J Orthod* 2014;19:82–9.
25. Ozturk Orhan Y, Yurdakuloglu Arslan T, Aydemir B. A comparative in vitro study of frictional resistance between lingual brackets and stainless steel archwires. *Eur J Orthod* 2012;34:119–25.
26. Kim Y, Cha JY, Hwang CJ, Yu HS, Tahk SG. Comparison of frictional forces between aesthetic orthodontic coated wires and self-ligation brackets. *Korean J Orthod* 2014;44:157–67.
27. Alió-Sanz JJ, Claros-Stucchi M, Albaladejo A, Iglesias-Conde C, Alvarado-Lorenzo A. In vitro comparative study on the friction of stainless steel wires with and without Orthospeed® (JAL 90458) on an inclined plane. *J Clin Exp Dent* 2016;8:141–5.
28. Fathimani M, Melenka G, Romanyk D, Toogood R, Heo G, Carey J, et al. Development of a standardized testing system for orthodontic sliding mechanics. *Prog Orthod* 2015;16:1–12.
29. Clocheret K, Willems G, Carels C, Celis JP. Dynamic frictional behaviour of orthodontic archwires and brackets. *Eur J Orthod*. 2004;26:163–70.
30. Fidalgo TK da S, Pithon MM, Maciel JVB, Bolognese AM. Friction between different wire bracket combinations in artificial saliva: an in vitro evaluation. *J Appl Oral Sci*. 2011;19:57–62.

Legends

Table 1* Elec, electropolished **Different letter indicates statistically significant differences.

Figure 1 Reconditioning unit for electropolishing brackets.

Figure 2 Experimental model.

Figure 3 Experimental model mounted on the universal testing machine (Instron AGS-X/Trapezium X software; Shimadzu).

Figure 4. Profile plot showing an increase in the sliding distance after the brackets were electropolished.

Table 1. Descriptive statistics and comparison of the measured sliding distances

Bracket	Mean distance (mm)	ANOVA $p \leq 0.05$
G1 Scape Roth (Ah-Kim-Pech)	.97336	A, C
G2 Ovation (Borgatta)	.97306	A, C
G3 Master (American Orthodontics)	.96970	A, C
G4 Gemini (3M)	.96996	A, C
G5 Nu-Edge (TP Orthodontics)	.97263	A, C
G6 Mini-Twin (Ormco)	.96470	B
G7 Discovery (Dentaurum)	.97110	A, C
G8 Scape Roth (Ah-Kim-Pech)*	.97780	A
G9 Ovation (Borgatta)*	.97713	A
G10 Master (American Orthodontics)*	.97676	A
G11 Gemini (3M)*	.97610	A, D
G12 Nu-Edge (TP Orthodontics)*	.97563	A, D
G13 Elec Mini-Twin (Ormco)*	.97556	A, D
G14 Discovery (Dentaurum)*	.97530	A, D

mm = millimeters

*Electropolished. Statistically significant at $p < 0.05$. Different letter indicates statistically significant differences.

Illustrations



Figure 1.

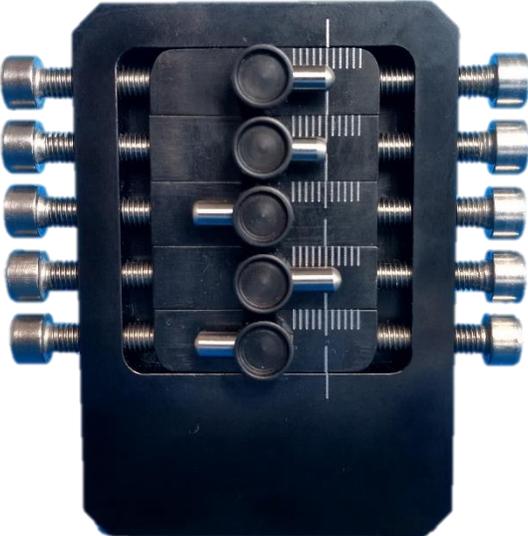


Figure 2.

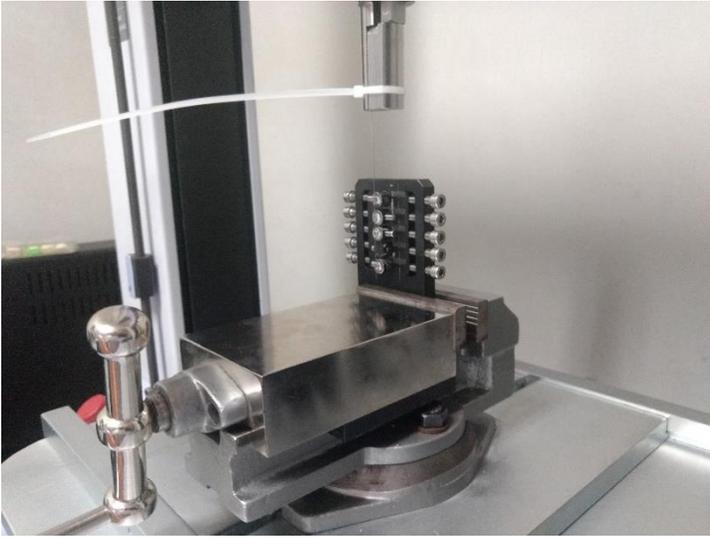


Figure 3.

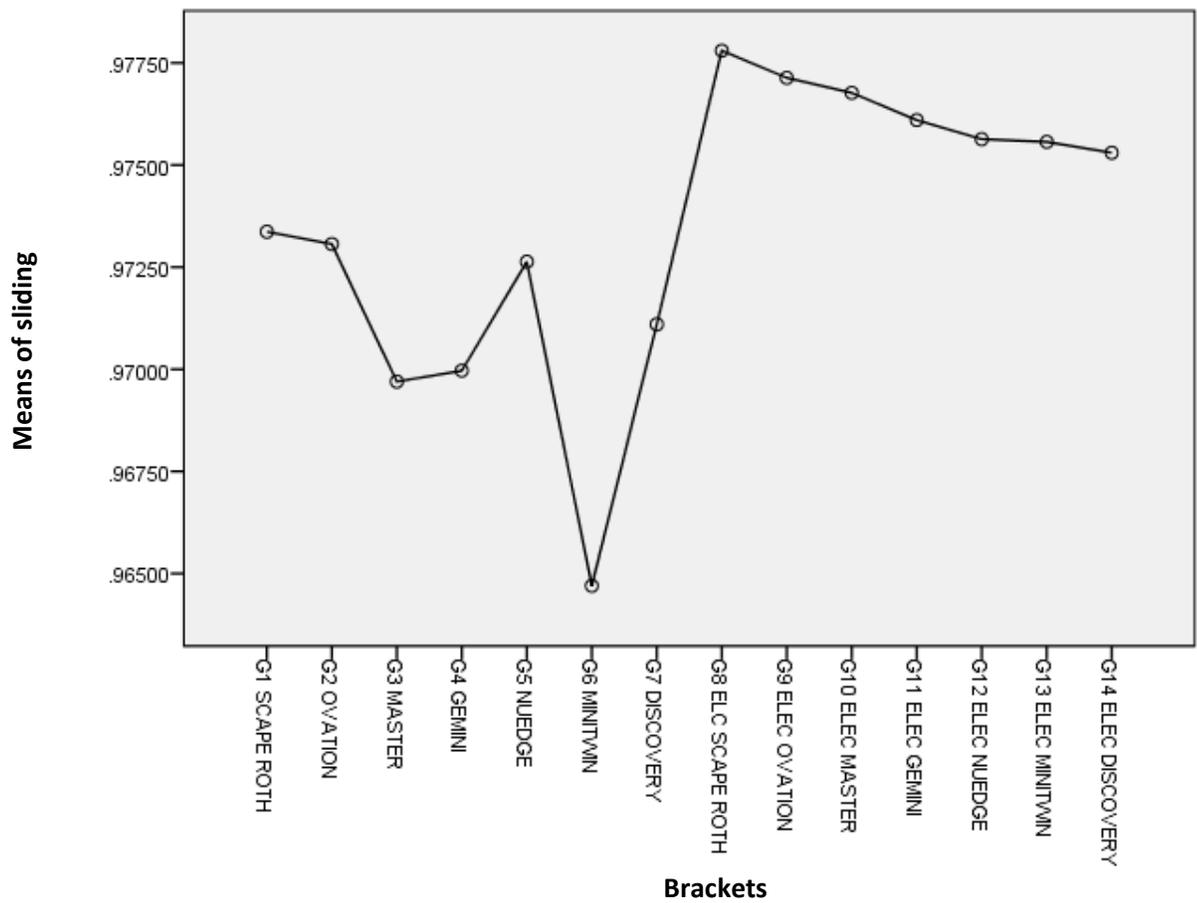
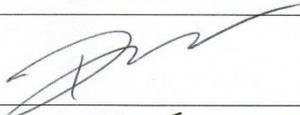
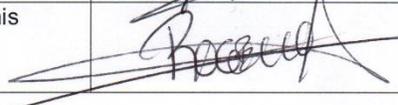


Figure 4.

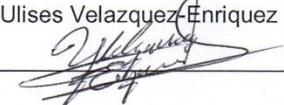
Copyright Release Form

THE EFFECT OF ELECTROPOLISHING IN METALLIC BRACKETS ON SLIDING MECHANICS

The undersigned authors agrees to transfer all copyright ownership of the manuscript to the **Korean Association of Orthodontists** in case of publication. The undersigned author warrants that the manuscript is original, has not been published or under consideration elsewhere, and does not infringe any copyright of any third party.

Author	Name	Signature
1	Pierre González-Díaz	
2	Víctor Hugo Toral-Rizo	
3	Ulises Velázquez-Enríquez	
4	Rogelio J. Scougall-Vilchis	

I, Ulises Velazquez-Enriquez sign for and accept responsibility for releasing this material on behalf of any and all coauthors.

Ulises Velazquez-Enriquez


Date: 4/06/2018

The authors declare no conflicts of interest.

7.2 Discusión

En la biomecánica de arco recto, la respuesta biológica al movimiento ortodóncico está limitada por fuerzas generadas durante el deslizamiento del alambre minimizando la velocidad del movimiento del diente,^{9,50} otros factores que se oponen al deslizamiento incluyen saliva, ranura del bracket, dimensión y material del arco de alambre, angulación del arco al bracket y método de ligado.^{51,52} Por lo tanto, estos fenómenos requieren ser analizados para mejorar la terapia del tratamiento de ortodoncia.

Según Afrooz⁵³, el electropulido de superficies metálicas mejora la viabilidad y crecimiento celular, proporcionando una superficie biocompatible sin efecto citotóxico. Otros estudios donde se ha realizado caracterización de la superficie dieron como resultado una rugosidad superficial significativamente más baja. En especialidades médicas, los materiales electropulidos se han utilizado para implantes en ortopedia, en cardiología para stents autoexpansibles, sistemas de soporte de injertos, filtros, y para procedimientos intervencionistas mínimamente invasivos, en odontología general para prácticas de laboratorio estándar (prótesis removibles parciales y prótesis de implantes, dentaduras parciales y accesorios de precisión) por esta razón, el sistema de electropulido es clínicamente aceptable en la industria odontológica, específicamente en ortodoncia para arcos superelásticos.^{30, 39, 37}

Existe controversia sobre si el electropulido puede reducir la adherencia y la resistencia estructural del bracket, sin embargo, dado que solo se eliminan aproximadamente 5-10 μm de la superficie, y la configuración de la ranura del bracket debería verse afectada de forma insignificante.^{54,55,56}

Debido a que ciertas condiciones bucales pueden ser similares, pero no idénticas a la corrosión galvánica que el electropulido puede causar en el bracket, se decidió que todas las pruebas se ejecutarán en un medio seco.⁵⁷

Existen pocas investigaciones clínicas que hayan evaluado la tasa de deslizamiento de los brackets electropulido, los estudios previos *in vitro* han evaluado el efecto del reciclaje en brackets metálicos.⁵⁸

La suavidad de la superficie es mejorada por el electropulido y puede reducir la contaminación bacteriana y la acción corrosiva,^{29, 23} y esto se traduce en una mejora de la eficacia de deslizamiento y la reducción del crecimiento bacteriano que sugiere su uso en ortodoncia entre otros.^{59, 60}

Se consideraron diferentes tipos de brackets en estudio para observar si el método de electropulido impactó en el deslizamiento del bracket independientemente de su diseño o tamaño, las marcas fueron las más representativas del mercado internacional.

Para este estudio los grupos experimentales, G8 produjeron la mayor cantidad de deslizamiento seguido por el grupo G10 y G11, se encontraron resultados similares en la literatura aunque no se utilizó el método de electropulido y aquellos estudios solo estudiaron el coeficiente de fricción (COF).⁶⁰ Aunque el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del pulido electrolítico en los brackets metálicos sobre la mecánica de deslizamiento, no se midió el COF, solo la cantidad de deslizamiento en milímetros, porque Kim⁶⁰ cree que los valores de fricción pueden variar para cada combinación de arco-bracket y a medida que el diente se mueve a lo largo del arco y su angulación.

Se usó un prototipo especialmente diseñado para este estudio, también una metodología que permitió alineamientos horizontales y verticales en línea recta, reemplazar brackets y alambre después de que cada prueba, no se consideró en este estudio, Jacob observó que no hubo aumento o disminución en la fricción cuando brackets y arcos fueron utilizados repetidamente.²³

El efecto del lubricante no se estudió en la presente investigación *in vitro* ya que investigaciones previas han indicado que la saliva tiene un papel inferior en la mecánica de deslizamiento.²¹

Con respecto al deslizamiento, los brackets electropulidos exhibieron un mayor deslizamiento que el grupo control, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los grupos experimentales.

Para el grupo control solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos G6 con G1, G2 y G5, esto puede deberse a que es el único bracket con una estructura monolítica, paredes paralelas con ranuras bastante cuadradas en las raíces de sus ranuras, esto se puede traducir a una superficie de contacto más pequeña, seguido por G7 con G5 se encontraron diferencias estadísticamente significativas, esto es puede deberse a que el Grupo G7 tiene la dureza Vickers más alta en comparación con G5.⁵⁸

Este estudio es importante para que el clínico decida cuándo puede elegir entre agregar el proceso de electropulido a la terapia de ortodoncia. Aunque se necesitan estudios de microscopía electrónica de barrido (SEM) para evaluar la suavidad de la superficie y los cambios después del proceso de electropulido adicional, también es necesario cambiar el tipo de ligadura.

8. Conclusiones

Los hallazgos de este estudio demostraron que todos los grupos experimentales presentaron un aumento de la cantidad de deslizamiento después de haber sido electropulidos, por lo tanto, estos datos pueden ser considerados por el clínico al planear el tratamiento ortodóncico así seleccionando el método del electropulido antes de comenzar el tratamiento para incrementar la eficiencia del bracket.

El electropulido incrementó la cantidad de movimiento cuando se aplicó a los grupos experimentales, esto sugiere que la cantidad de deslizamiento puede deberse al tipo de metal del bracket.

9. Referencias

1. Alonso UG. Ortodoncia teoría y clínica. Editorial; 2010.
2. Bishara Samir E. Ortodoncia, editorial Mc. Graw Hill Interam Impr en México. 2003;
3. Uribe Restrepo G. Fundamentos de Odontología: ortodoncia, teoría y clínica. Prim Edicion Editor Corp para Investig Biológicas Cap. 2004;33.
4. Marcotte MR. Biomechanics in orthodontics. Pmph Bc Decker; 1990.
5. Azevedo B De, Mendes B, Alberto R, Ferreira N, Pithon MM, Campolina M, et al. Physical and chemical properties of orthodontic brackets after 12 and 24 months : in situ study. J Appl Oral Sci 2014;22:194–203.
6. Ribeiro GLU, Jacob HB. Understanding the basis of space closure in Orthodontics for a more efficient orthodontic treatment. Dental Press J Orthod 2016;21:115–25.
7. Gatto E, Matarese G, Bella G Di, Nucera R, Borsellino C, Cordasco G. Load-deflection characteristics of superelastic and thermal nickel-titanium wires. Eur J Orthod 2013;35:115–23.
8. Sabater AC, Pardell MS. Fricción en arco recto. Biomecánica básica. Rev Española Ortod 2003;33:65–72.
9. Nucera R, Lo Giudice A, Matarese G, Artemisia A, Bramanti E, Crupi P, et al. Analysis of the characteristics of slot design affecting resistance to sliding during active archwire configurations. Prog Orthod 2013;14:1-8.
10. Ehsani S, Mandich MA, El-Bialy TH, Flores-Mir C. Frictional resistance in self-ligating orthodontic brackets and conventionally ligated brackets a systematic review. Angle Orthod 2009;79:592–601.
11. Oh YH, Park HS, Kwon TG. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. Am J Orthod Dentofac Orthop 2011;139:470–81.
12. Segner D. Wire Selection for Optimal Biomechanic Efficiency in the MBT™ Versatile + Appliance System. Orthod Perspect 2011;18:28–31.

13. Montasser MA, Keilig L, El-Bialy T, Reimann S, Jäger A, Bourauel C. Effect of archwire cross-section changes on force levels during complex tooth alignment with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015;147:101–8.
14. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. Elsevier Health Sciences; 2014.
15. Esquirol R. Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento. Actual odontológicas médico odontológicas Latinoamérica. 2005;
16. Doshi UH, Bhad-Patil WA. Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;139:74–9.
17. Rinchuse DJ, Cozzani M. Effectiveness and efficiency in clinical orthodontic practice. *Int Orthod* 2015;13:507–24.
18. Hamdan A, Rock P. The effect of different combinations of tip and torque on archwire/bracket friction *Eur J Orthod*. 2008;30:508–14.
19. Patil B. Friction between Archwire of Different Sizes, Cross Section, Alloy and Brackets Ligated with Different Brands of Low Friction Elastic Ligatures- An Invitro Study. *J Clin Diagnostic Res* 2016;10:18–22.
20. AlSubaie M, Talic N, Khawatmi S, Alobeid A, Bourauel C, El-Bialy T. Study of force loss due to friction comparing two ceramic brackets during sliding tooth movement. *J Orofac Orthop = Fortschritte der Kieferorthopädie Organ/official J Dtsch Gesellschaft für Kieferorthopädie* 2016;77:334–40.
21. Alió-Sanz JJ, Claros-Stucchi M, Albaladejo A, Iglesias-Conde C, Alvarado-Lorenzo A. In vitro comparative study on the friction of stainless steel wires with and without Orthospeed® (JAL 90458) on an inclined plane *J Clin Exp Dent*. 2016;8:141–5.
22. Mendes K, Rossouw PE. Friction: validation of manufacturer's claim. In: *Seminars in Orthodontics*. Elsevier; 2003;236–50.

23. Jakob SR, Matheus D, Jimenez-Pellegrin MC, Turssi CP, Amaral FLB. Comparative study of friction between metallic and conventional interactive self-ligating brackets in different alignment conditions. *Dental Press J Orthod* 2014;19:82–9.
24. Graber LW, Vanarsdall Jr RL, Vig KWL. *Orthodontics: current principles and techniques*. Elsevier Health Sciences; 2011.
25. J Carrion-Vilches F, Bermudez M-D, Fructuoso P. Static and kinetic friction force and surface roughness of different archwirebracket sliding contacts. *Dent Mater J* 2015;34:648–53.
26. Moore MM, Harrington E, Rock WP. Factors affecting friction in the pre-adjusted appliance. *Eur J Orthod* 2004;26:579–83.
27. Pithon MM, Santos Fonseca Figueiredo D, Oliveira DD, Lacerda dos Santos R. Evaluation of physical properties of esthetic brackets after clinical use: Study in situ. *J World Fed Orthod* 2013;2:127–32.
28. Gioka C, Bourauel C, Zinelis S, Eliades T, Silikas N, Eliades G. Titanium orthodontic brackets: Structure, composition, hardness and ionic release. *Dent Mater* 2004;20:693–700.
29. Fidalgo TK da S, Pithon MM, Maciel JVB, Bolognese AM. Friction between different wire bracket combinations in artificial saliva: an in vitro evaluation. *J Appl Oral Sci* 2011;19:57–62.
30. Tajima K, Hironaka M, Chen K-K, Nagamatsu Y, Kakigawa H, Kozono Y. Electropolishing of CP titanium and its alloys in an alcoholic solution-based electrolyte. *Dent Mater J* 2008;27:258–65.
31. Mohammadi Z, Soltani MK, Shalavi S, Asgary S. A review of the various surface treatments of NiTi instruments. *Iran Endod J* 2014;9:235–40.
32. Awad AM, Ghazy EA, Abo El-Enin SA, Mahmoud MG. Electropolishing of AISI-304 stainless steel for protection against SRB biofilm. *Surf Coatings Technol* 2012;206:3165–72.
33. Orthodontic E. Electropolishing in the Orthodontic Office : A Simplified Approach. 2014;48:509–10.

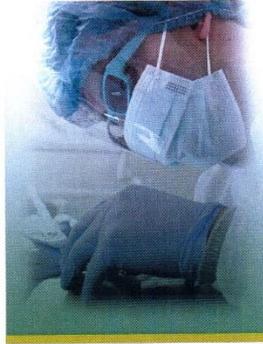
34. Núñez PJ, García-Plaza E, Hernando M, Trujillo R. Characterization of surface finish of electropolished stainless steel AISI 316L with varying electrolyte concentrations. *Procedia Eng* 2013;63:771–8.
35. Kosmač a. *Electropulido de Aceros Inoxidables. Ser Mater y Apl.* 2010;
36. Quick AN, Harris AMP, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *Eur J Orthod* 2005;27:231–6.
37. Buchman DJL. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1980;77:654–68.
38. Egan FR, Alexander SA, Cartwright GE. Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;109:64–70.
39. Chacko PK, Kodoth J, John J, Kumar K. Recycling stainless steel orthodontic brackets with Er:YAG laser - An environmental scanning electron microscope and shear bond strength study. *J Orthod Sci* 2013;2(3):87–94.
40. Akaike S, Hayakawa T, Kobayashi D, Aono Y, Hirata A, Hiratsuka M, et al. Reduction in static friction by deposition of a homogeneous diamond-like carbon (DLC) coating on orthodontic brackets. *Dent Mater J* 2015;34:888–95.
41. Kumar S, Singh S, Rani Hamsa PR, Ahmed S, Prasanth MA, Bhatnagar A, et al. Evaluation of friction in orthodontics using various brackets and archwire combinations-an in vitro study. *J Clin Diagnostic Res* 2014;8:33–6.
42. Suryawanshi GR, Sundareswaran S, Philip K, Kumar S. In vitro evaluation of different methods of ligation on friction in sliding mechanics. *Orthod* 2013;14:102-9.
43. Sadique SE, Ramakrishna S, Batchelor AW, Bing CH. In vitro frictional behavior and wear patterns between contemporary and aesthetic composite orthodontic brackets and archwires. *Wear* 2006;261:1121–39.
44. Tietze S, Reißerweber M, Schlemmer J, Lindner G. Investigation of the Surface Condition of an Electrode after Electropolishing under the Influence of Surface Acoustic Waves. *Phys Procedia* 2015;70:1039–42.
45. Edwards IR, Spary DJ, Rock WP. The effect upon friction of the degradation of orthodontic elastomeric modules. *Eur J Orthod* 2012;34:618–24.

46. Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009;135:442–7.
47. Regis S, Soares P, Camargo ES, Guariza Filho O, Tanaka O, Maruo H. Biodegradation of orthodontic metallic brackets and associated implications for friction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;140:501–9.
48. Galvão MB, Camporesi M, Tortamano A, Dominguez GC, Defraia E. Frictional resistance in monocrystalline ceramic brackets with conventional and nonconventional elastomeric ligatures. *Prog Orthod* 2013;14:9.
49. De Lima Mendonça S, José O, Neto P, Teixeira De Oliveira P, Dutra PB, Santos D, et al. Comparison of friction produced by two types of orthodontic bracket protectors. *Dent Press J Orthod Dent Press J Orthod Dent Press J Orthod* 2014;191919(111):86–9186.
50. AlSubaie M, Talic N, Khawatmi S, Alobeid A, Bourauel C, El-Bialy T. Study of force loss due to friction comparing two ceramic brackets during sliding tooth movement. *J Orofac Orthop der Kieferorthopädie* 2016;77:334–40.
51. Cunha AC da, Marquezan M, Freitas AOA, Nojima LI. Frictional resistance of orthodontic wires tied with 3 types of elastomeric ligatures. *Braz Oral Res* 2011;25:526–30.
52. Khambay B, Millett D, McHugh S. Evaluation of methods of archwire ligation on frictional resistance. *Eur J Orthod.* 2004;26:327–32.
53. Latifi A, Imani M, Khorasani MT, Joupari MD. Electrochemical and chemical methods for improving surface characteristics of 316L stainless steel for biomedical applications. *Surf Coatings Technol* 2013;221:1–12.
54. Cheung GSP, Shen Y, Darvell BW. Does Electropolishing Improve the Low-cycle Fatigue Behavior of a Nickel-Titanium Rotary Instrument in Hypochlorite? *J Endod* 2007;33:1217–21.

55. Arnold JW, Boothe DH, Suzuki O, Bailey GW. Multiple imaging techniques demonstrate the manipulation of surfaces to reduce bacterial contamination and corrosion. *J Microsc* 2004;216:215–21.
56. Arici N, Akdeniz BS, Arici S. Comparison of the frictional characteristics of aesthetic orthodontic brackets measured using a modified in vitro technique. *Korean J Orthod* 2015;45:29–37.
57. Bohinc K, Dražić G, Abram A, Jevšnik M, Jeršek B, Nipič D, et al. Metal surface characteristics dictate bacterial adhesion capacity. *Int J Adhes Adhes*. 2016;68:39–46.
58. Oh KT, Choo SU, Kim KM, Kim KN. A stainless steel bracket for orthodontic application. *Eur J Orthod*. 2005;27:237–44.
59. Ozturk Ortan Y, Yurdakuloglu Arslan T, Aydemir B. A comparative in vitro study of frictional resistance between lingual brackets and stainless steel archwires. *Eur J Orthod*. 2012;34:119–25.
60. Clocheret K, Willems G, Carels C, Celis JP. Dynamic frictional behaviour of orthodontic archwires and brackets. *Eur J Orthod*. 2004;26:163–70.

10. Anexos

Constancia de participación



La Universidad Autónoma del Estado de México a través de la
Facultad de Odontología,
el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología y el Cuerpo Académico Salud • Enfermedad Bucal

otorga la presente

Constancia

A: Pierre González Díaz, Víctor Hugo Toral Rizo, Rogelio J. Scougall Vilchis, Ulises Velázquez Enríquez, Edith Lara Carrillo, Isabel de Monserrat Osorio Bernal
Por su presentación del trabajo en modalidad MAESTRIA titulado:
"Efecto del Electropulido de Brackets Ortodóncicos en el Deslizamiento"

IX Coloquio Nacional
Salud • Enfermedad Bucal

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS EN ODONTOLOGÍA



Toluca, Estado de México a 8 de febrero de 2018.

2018, año del 50 aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México

Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo
Directora
Facultad de Odontología

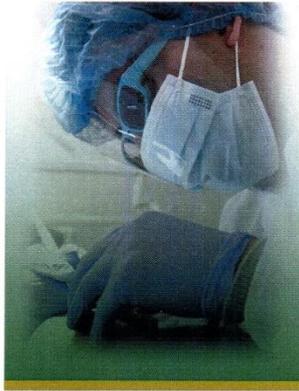
Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis
Coordinador
C.I.E.A.O.

CIEA
Centro de Investigación y Estudios Avanzados
en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata"



Cuerpo Académico
CASEB
Salud-Enfermedad Bucal

Constancia de primer lugar



La Universidad Autónoma del Estado de México a través de la
Facultad de Odontología,
el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Odontología y el Cuerpo Académico Salud • Enfermedad Bucal

otorga la presente

Constancia

A: Pierre González Díaz, Víctor Hugo Toral Rizo, Rogelio J. Scougall Vilchis,
Ulises Velázquez Enríquez, Edith Lara Carrillo, Isabel de Monserrat Osorio Bernal

Por haber obtenido el **PRIMER LUGAR** en modalidad **INVESTIGACIÓN** titulado
"Efecto del Electropulido de Brackets Ortodóncicos en el Deslizamiento"



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS
AVANZADOS EN ODONTOLÓGIA

IX Coloquio
Nacional
Salud • Enfermedad Bucal

Toluca, Estado de México a 8 de febrero de 2018.

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2018, año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"


Dra. en C.S. Edith Lara Carrillo
Directora
Facultad de Odontología


Dr. en O. Rogelio J. Scougall Vilchis
Coordinador
C.I.E.A.O.

CIEA
Centro de Investigación y Estudios Avanzados
en Odontología "Dr. Keisaburo Miyata"



Cuerpo Académico
CASEB
Salud-Enfermedad Bucal

Constancia de participación



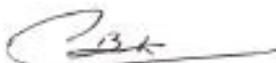
El Gobierno del Estado de México,
a través de la Secretaría de Salud, el Instituto de Salud del Estado de México, la Facultad de Medicina
del la UAEMéx y el Grupo Ad Hoc de Investigación en Salud del CEIFCRHIS

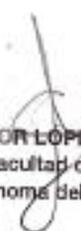
otorgan la presente

CONSTANCIA

PIERRE
GONZALEZ DIAZ

Por haber participado como investigador con el trabajo: "EFECTOS DEL ELECTROPULIDO DE BRACKETS ORTODÓNICOS EN EL DESLIZAMIENTO", en el 1er Congreso Interinstitucional de Investigación en Salud, efectuado en la Ciudad de Toluca, México, los días 29, 30 y 31 de agosto de 2018 en el auditorio del Centro Médico Toluca "Lic. Adolfo López Mateos"


DR. CÉSAR HUMBERTO BOTELLO ORTÍZ
Secretario Técnico del CEIFCRHIS


M. EN S.P. SALVADOR LÓPEZ RODRÍGUEZ
Director de la Facultad de Medicina
de la Universidad Autónoma del Estado de México

Toluca, Estado de México, agosto de 2018.