



**Universidad  
Abierta  
Interamericana**

**Comparación de cuatro métodos de tratamiento de arcos de acero inoxidable  
rectangulares en mecánica de deslizamiento**

**Autor:**

**Juanita Aldana Van strahlen**

***Tutora:***

**Profesora Dra. Laura Marta Labate**

***Asesora Metodológica:***

**Profesora Dra. Patricia Pelossi**

**Carrera de Especialización en Ortodoncia**

**Título a obtener: Especialista En Ortodoncia**

**Universidad Abierta Interamericana**

**Facultad De Medicina Y Ciencias De La Salud**

**Buenos Aires, Argentina**

**Diciembre /2018**

## DEDICATORIA

A:

.

*A mi esposo Gastón por su incondicionalidad, por ser mi apoyo, soporte, mi compañero, mi todo. Por no dejarme vencer del dolor, del miedo y de la rabia. Por creer en mí, incluso más de lo que yo me permito hacerlo. Y por amarme de todas las formas posibles.*

*A mi LUCIA...Que en un momento fue la alegría más grande de mi vida y después la tristeza que me llevo a después de mucho tiempo poder culminar con esta etapa, fue difícil avanzar, solamente ella sabe mi dolor y la fuerza que le pongo a mis días para no derrumbarme, duele que no estés presente en este momento.*

*¡Te extraño demasiado hija!*

## AGRADECIMIENTOS

### A

A mis padres por permitirme estudiar y hacerme la mujer que soy, con mis defectos, virtudes y por hacerme fuerte de corazón. A mis hermanos, que aunque están lejos me motivan y nunca me dejaron sola, los adoro con locura y sé que se alegran por cada triunfo y lo sienten como propios.

Mis profesores por ser generosos y compartir los conocimientos y experiencias de esta bonita profesión, porque además de ganarse mi respeto, también los admiro y les quiero.

A la familia de mi esposo que siempre han sido incondicionales y amorosos y me alientan a seguir adelante

Todos mis amigos por estar en las buenas, en las malas y en las peores.

A mis pacientes por que sin ellos no hubiese sido posible, por confiar, cumplir, creer y emocionarse con los resultados, y por hacerme mejor profesional, aprendiendo con ustedes y demostrándome las increíbles cosas que puedo hacer, y la felicidad que puedo regalar.

A mis tutoras Dra Laura Labate y Patricia Pelossi, por su disposición, sus consejos, experiencias, por creer en mí y por permitir por medio de este trabajo culminar mis estudios.

A Gastón, mi esposo bello : por aguantarme en todas, por todos los sábados durante 2 años en donde se trasladó a las 7 de la mañana a Quilmes a buscar a mi paciente y llevarla a capital y después regresarla a su casa. Por regalarme un pedacito de cielo que aunque no está hoy con nosotros, vivirá en nuestros recuerdos y en nuestros corazones por siempre.

## INDICE

Pag.

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. Resumen y Palabras Clave/ Summary and Key Words..... | 5  |
| 2. Introducción.....                                    | 7  |
| 3. Objetivos.....                                       | 15 |
| 4. Justificación .....                                  | 16 |
| 5. Materiales y Métodos.....                            | 18 |
| 6. Resultados.....                                      | 23 |
| 7. Discusión .....                                      | 27 |
| 8. Conclusiones .....                                   | 28 |
| 9. Bibliografía.....                                    | 29 |
| 10. Imágenes.....                                       | 33 |

## RESUMEN

La baja fricción en mecánicas de deslizamiento en los tratamientos ortodoncicos ha representado desde siempre un desafío, es por eso que en ocasiones, estos movimientos en sentido sagital necesitan realizar desgastes a los arcos rectangulares en zonas específicas, facilitando el movimiento deseado y a su vez manteniendo las zonas de anclaje. OBJETIVO: Comparar la efectividad de cuatro técnicas para reducir la fricción en alambres rectangulares de acero inoxidable mediante la determinación de fuerza de fricción.

**MATERIALES Y METODOS:** Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 150 fracciones de alambre rectangular de acero inoxidable 304 austenítico (AISI) 0.019" x 0.025" (Invima 2009DM-0003233/Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4); los cuales fueron segmentados a una longitud de 10 cm y divididos en 5 grupos, cada uno con 30 secciones de alambre asignados aleatoriamente. Grupo A: Control (Alambres sin tratamiento). Grupo B: Fresado y lijado. Grupo C: Anodizado. Grupo D: Anodizado más lijado. Grupo E: Discos de poliéster flexible más discos de goma. Cada espécimen se deslizo por tres tubos estándar (ranura 0.022" x 0.028") de cementados en una tabla de acetato, se monta en una máquina de ensayos universales INSTRON 1011 con una celda de carga con capacidad de  $1\text{ N} \pm 0.05\text{ N}$  y una velocidad de cabezal de 5 mm/min durante 2 min. Se midió la fricción en Newtons; los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente (ANOVA).

**RESULTADOS:** Se comprobó que existen diferencias significativas en el desgaste realizado con los discos comparados con los otros métodos, se comprobó que el desgaste manual con fresas no es la mejor alternativa. Por lo que consideramos que el método de desgaste con discos es un método efectivo, económico y accesible, sin embargo recomendamos realizar más estudios, con mayor tamaño de muestra para confirmar los resultados obtenidos en esta investigación

**PALABRAS CLAVES:** Fricción, anodizado, discos, fresado, deslizamiento

## SUMARY

The low friction in sliding mechanics in orthodontic treatments has always been a challenge, which is why sometimes these sagittal movements need to wear to the rectangular arcs in specific areas, facilitating the desired movement and in turn maintaining the anchoring areas. **OBJECTIVE:** To compare the effectiveness of four techniques to reduce friction in rectangular stainless steel wires by determining frictional force. **MATERIALS AND METHODS:** For the development of the research 150 fractions of rectangular 304 austenitic stainless steel wire (AISI) 0.019" x 0.025" (Invima 2009DM-0003233/Orthorganaizer (USA) lot 22317-4) were used; all of them segmented to a length of 10 cm and divided into 5 groups each with 30 randomly assigned wire sections. Group A: Control (Untreated wires). Group B: Milling plus sanding. Group C: Anodized. Group D: Anodized plus sanded. Group E: Flexible polyester discs plus rubber discs. Each specimen were slide trough three standard tubes (slot 0.022" x 0.028") cemented in an acetate board mounted on an INSTRON 1011 universal test machine with an electric charge cell with a capacity of 1 N x 0.05 N and a head speed of 5 mm/min for 2 min. Friction was measured in Newtons and the data obtained were statistically processed (ANOVA).

**RESULTS:** Significant differences in the wear were founded with the use of discs compared with other methods; it was found that manual wear with strawberries is not the best alternative. So we consider that the method of wear with discs is an effective, economical and accessible method, however we recommend more studies with a larger sample size to confirm the results obtained in this research.

**KEYWORDS:** Friction, anodizing, discs, milling, sliding.

## INTRODUCCION

El tratamiento de ortodoncia se divide en tres fases: alineación y nivelación, cierre de espacios y finalización. La fase de cierre de espacios en algunos casos puede ser en una fase o en masa (retracción de los seis dientes anteriores) o en dos fases, la primera para hacer la retracción de los caninos y la segunda para retraer los cuatro anteriores. (1)

La obtención de una terapia ortodóncica eficiente y eficaz se basa en un diagnóstico acertado y un estímulo mecánico exacto para una respuesta biológica adecuada y controlada del paciente a la terapia propuesta por el ortodoncista. La selección de los materiales a utilizar, tienen un importante papel. Se van a considerar los factores relacionados con el paciente y sus piezas dentarias, incluyendo la maloclusión dental y esquelética presente, y el efecto del tratamiento sobre la oclusión (2)

Cabe destacar que previamente se debe realizar un adecuado diseño del plan de tratamiento y tener un correcto control de anclaje. Este es de suma importancia para lograr que las piezas dentarias se muevan en la dirección planificada, en virtud de lograr los objetivos de tratamiento planteados desde un inicio. En ocasiones, el movimiento de las piezas dentarias de anclaje es admisible, en otras es deseable. Sin embargo existen casos en los que la resistencia al movimiento de las piezas dentarias de anclaje debe ser absoluto. Es por eso que hay que analizar, evaluar y controlar cuidadosamente los efectos recíprocos de la fuerza empleada, con el fin de potenciar al máximo el movimiento deseado y limitar al mínimo los movimientos no deseados sobre nuestro anclaje. Lograr esto requiere de una delicada planificación, considerando tanto aspectos biológicos como mecánicos (3).

La importancia de la fricción en el tratamiento ortodóncico se hace presente cuando vemos obstaculizado o frenado el movimiento dental. El cierre de espacio se retarda ya que el bracket experimenta una acción de “pegar – soltar” a lo largo del alambre del arco. Este movimiento variable ocurre cuando las puntas del bracket se sujetan contra el alambre del arco (4).

La fricción es la fuerza que retarda o resiste el movimiento de dos superficies en contacto directo. En ortodoncia es entre los brackets, el alambre y las ligaduras, y que actúa en

dirección opuesta al movimiento deseado. Estas superficies de contacto tienen dos coeficientes de fricción: el estático que es la fuerza incipiente necesaria para comenzar a mover un diente o dientes a lo largo de un alambre. Y el dinámico cuando las superficies se deslizan entre sí, siendo la fuerza necesaria para continuar moviendo un diente o dientes a lo largo del alambre (5).

Es muy interesante el hecho de que la fricción sea independiente de la superficie aparente de contacto. Esto se debe a que toda superficie, independientemente de su suavidad, presenta irregularidades que son importantes a escala molecular. El contacto real solo se produce a nivel de un número de pequeños puntos sobresalientes en estas irregularidades superficiales (6).

Algunos factores que afectan la resistencia al movimiento, son la geometría de la ranura del bracket, el material y rugosidad del arco, calibre del mismo y su dureza, torque y tip del arco en el bracket, método y fuerza de ligado, distancia inter bracket, saliva y función oral (7) (8)

En la actualidad existen innumerables estudios enfocados en investigar la fricción producida entre arcos y brackets, inclusive, se ha analizado la aspereza superficial de muchos alambres concluyendo que el acero inoxidable tiene la superficie más lisa y el mejor pulido de todos los alambres analizados.

Entre los dos tipos de fricción podemos decir que, la estática es la que exige la menor fuerza necesaria para empezar a mover una superficie sólida que está en reposo. Y la dinámica, es cuando la fuerza se opone al movimiento de deslizamiento de un objeto sólido sobre otro. De acuerdo con las leyes de la física, la fricción dinámica no excede a la fricción estática (9,10).

Storey y Smith (11, 12) concluyeron que no es una sola fuerza sino un grupo de fuerzas o presiones que resultan de los movimientos ortodóncicos; también incorporaron el concepto de fuerza óptima, que es el mínimo valor de fuerza que produce máximo deslizamiento y desplazamiento dentario dentro de los límites de la respuesta biológica (13).

Estudios posteriores arrojaron como resultados que la desigualdad de cifras entre fuerza y cantidad de movimiento tenían a un único problema: la fuerza consumida durante el deslizamiento de las piezas dentarias por el rozamiento o la fricción. “Si estas fuerzas generadas entre la ranura del bracket y el alambre pudieran ser minimizadas sería posible lograr movimientos dentarios muchos más efectivos y rápidos” (14).

La fricción se puede describir mediante el coeficiente de fricción, que es constante y se relaciona con las características de la superficie del material. El coeficiente de fricción puede ser descrito matemáticamente como la fuerza de rozamiento que resiste el movimiento, dividida por la fuerza normal que actúa perpendicular a las dos superficies constantes. Para un material dado hay dos coeficientes de fricción. Uno es el coeficiente de fricción estática, que refleja la fuerza necesaria para iniciar el movimiento, y el otro es el coeficiente de fricción cinética, que refleja la fuerza necesaria para perpetuar este movimiento. Requiere más fuerza iniciar el movimiento que perpetuarlo (15).

Teniendo en cuenta que la fricción depende del coeficiente de fricción de las superficies puestas en contacto, y es mayor cuando uno o ambos de los materiales presentan mayor rugosidad en su topografía superficial, cualquier tratamiento que afecte la superficie de arcos y brackets de acero inoxidable, puede incidir sobre la fuerza de fricción del sistema (11).

Al aplicar una fuerza en uno o varios dientes para producir su deslizamiento, primero se debe vencer la resistencia al movimiento que produce el contacto del arco con el bracket. Luego la corona se inclina, producto que el centro de resistencia del diente se encuentra apical respecto al punto de aplicación de la fuerza. Consecuentemente los extremos del bracket contactan con el arco y produce el enderezamiento radicular, consiguiendo normalmente generar el estímulo adecuado sobre los tejidos de soporte para causar una remodelación ósea necesaria para el movimiento de la pieza dentaria.

La resistencia al movimiento esta principalmente compuesta por la fricción (fuerza que se opone al movimiento por dos superficies que contactan). Y también por la fijación elástica o Binding (cuando el arco se flexiona al tocar los extremos del bracket) y la fijación

inelástica o Notching (fase extrema del binding, cuando los extremos del bracket se atascan en el arco, causando deformación plástica en él) (16).

Actualmente en la literatura, podemos encontrar numerosos estudios de laboratorio investigando sobre la fricción y su importancia. Principalmente están ligados a la comercialización de los nuevos brackets de auto ligado que dicen disminuir la fricción. La gran mayoría de los estudios son en laboratorio empujando (deslizando) brackets sobre un arco liso, por lo que en esas situaciones efectivamente pueden producir menor fricción. Pero en la clínica, la pieza dentaria posee un centro de resistencia y al aplicar una fuerza en un diente, la resistencia al movimiento por fricción será por breves momentos, hasta que el diente se inclina y las esquinas del bracket comienzan a contactar con el arco, generando así un momento que se opone a una mayor inclinación del diente (binding y notching) (17).

La fricción (fuerza normal por coeficiente de fricción) junto con el binding (fenómeno que ocurre cuando el arco contacta con los extremos del bracket) y el notching (efecto producido cuando los extremos del bracket en contacto con el arco provocan una pérdida de sustancia o deformación definitiva en el arco) son las variables que influyen en el deslizamiento (19).

A partir de la angulación entre el bracket y el arco, es donde nace el concepto de ángulo de contacto crítico. Éste es el mayor ángulo que se forma entre el eje de la ranura del bracket y el eje del alambre, y que presenta contacto íntimo con las paredes del slot. El ángulo de contacto crítico depende principalmente de la geometría de la ranura del bracket y el ancho del slot (18)

Para facilitar la mecánica de cierre de espacio, el arco debe ser de menor calibre que la ranura del bracket. Esta diferencia de tamaño se le llama “juego” y los valores recomendados son de 0,002 a 0,004 pulgadas. Es decir, para una ranura de 0,022 pulgadas, se recomienda al menos un arco de calibre 0,018 o 0,020 pulgadas para el deslizamiento, o 0,019x0,025 pulgadas para la mecánica en masa. En una ranura de 0,018 pulgadas, un arco de al menos un calibre de 0,016x0,022 pulgadas para la mecánica de cierre. Tradicionalmente se ha considerado que el calibre 0,019x0,025 pulgadas en una ranura

0,022 pulgadas posee la rigidez adecuada para resistir las fuerzas de una mecánica de cierre de espacio en masa. Sin embargo un arco 0,016" no posee estas características, por lo que una ranura 0,018 pulgadas resultaría ineficiente en ese tipo de mecánica, y sería recomendable solo para mecánicas de deslizamiento. Utilizar calibres delgados producen inclinación excesiva de los dientes traccionados con una fuerza habitual y ésta inclinación aumenta si el grosor de arco disminuye (19, 22).

Lo ideal es que en un mismo arco existan distintos juegos con las ranuras, diferenciando la zona de anclaje y la zona de movimiento. Esto se puede realizar con la técnica bidimensional descrita por Schudy o Gianelly que utilizaban brackets de distinto diámetro de ranura con un arco de un solo calibre o con brackets de un mismo diámetro de ranura y arcos con calibre diferenciado en las zonas de anclaje o movimiento. (23)

Los arcos de calibre diferenciado se pueden comprar en el mercado, como los utilizados en técnica lingual (0,018x0, 025" reducidos en posterior) o se pueden confeccionar directamente en la clínica a partir de un arco de alto calibre. El desgaste del arco se puede realizar por desgaste abrasivo con piedras montadas o discos abrasivos o mediante desgaste electrolítico de la superficie del arco (24).

Para minimizar la fricción en ortodoncia, se han diseñado algunas técnicas, una de las alternativas propuestas para disminuir la resistencia friccional, es la modificación de las superficies en contacto de los materiales (34). Se han descrito previamente dos metodologías que incluyen la sustracción de material desde la superficie o la adición de otros materiales sobre la superficie. Entre los métodos aditivos se pueden mencionar la implantación de iones a partir de la carburización o la nitruración (35,34-36) y los revestimientos con capas metálicas, cerámicas o poliméricas a partir de métodos químicos o físicos (38).

Otros estudios han investigado el mejoramiento de las superficies con tratamiento iónico en arcos Beta Titanio, sin embargo en estudios clínicos no se ha podido demostrar mejorías frente al sistema convencional. Estos resultados dan a entender que la fricción es una

variable de mayor significancia en el laboratorio pero de escasa influencia clínica durante el cierre de espacios (19, 20, 21).

Nanda, afirma que para facilitar el desplazamiento, también pueden adelgazarse los arcos de alambre en la región distal del canino. Teniendo en cuenta el no reducir demasiado para no reducir la resistencia del alambre (5).

Como precaución para evitar movimientos no deseados de las unidades de anclaje, es recomendable hacer ajustes en nuestra mecánica de tratamiento. Utilizar arcos del máximo calibre posible, que tengan menor juego en la ranura del bracket, y emplear arcos lo más rígido posible. Además de incorporar una inclinación en sentido contrario a la aplicación de la fuerza en los dientes de unidad de anclaje y añadir mecanismos para evitar rotaciones dentarias durante el cierre de espacios. Esto se logra con arcos full size o cercanos en calibre en la zona de anclaje, que permitan expresar la totalidad del torque de la prescripción, favoreciendo el anclaje radicular más próximo a zonas corticalizadas, además de expresar la disto rotación y enderezamiento molar

En la zona donde esperamos el movimiento deseado, es recomendable utilizar un arco que permita un juego suficiente en la ranura del bracket y que logre una correcta inclinación que facilite el movimiento dentario. Así como disminuya la fricción del arco con el bracket y sea lo suficientemente rígido como para permitir el enderezamiento radicular y que no se deforme ante las fuerzas. (25)

La ortodoncia de hoy busca optimizar el tiempo de tratamiento, el costo de este y la efectividad, esto se evidencia en las múltiples opciones de materiales tanto en brackets como en los alambres que conforman los arcos, a su vez existen opciones para tratar superficies teniendo como objetivo disminuir la resistencia al deslizamiento de los arcos. Una de las alternativas es a través de intervenciones, ya sea con técnicas de pulido manual, implantación iónicas, biselados con instrumentos rotatorios o electro químicas.

Con el electropulido en un metal podemos obtener una superficie con un brillo que da una apariencia limpia y suave, esto cuando se aplica con un electrolito apropiado y bajo una

condición electrolítica apropiada. (26) Tiene un papel importante en la odontología al proporcionar características mecánicas mejoradas, protección a la corrosión, apariencia física y como agente de limpieza (27)

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 (28) (29)

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. (29)

En la etapa de alineación y nivelamiento 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 las piezas dentarias 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 (30)

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 (31)

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. (32)

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)

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Comparar la efectividad de cuatro técnicas para reducir la fricción de alambres rectangulares de acero inoxidable.

### **ESPECIFICOS**

- Identificar alternativas de adelgazamiento de arcos.
- Conocer los valores de la fuerza de fricción luego de tratar la superficie del arco.
- Determinar los valores de la fuerza de fricción luego de tratar la superficie del arco con el anodizado y anodizado con lijado al agua.
- Establecer la viabilidad de utilización de discos de poliéster flexible de grano extrafino más discos de goma para el tratamiento de los arcos.
- Comprobar la fuerza de fricción de los arcos después de haber sido tratados con fresado.

## JUSTIFICACION

El mundo está en constante evolución y los ortodoncistas debemos estar a la vanguardia de los tratamientos de ortodoncia, los avances en la investigación, nuevas tecnologías y los cambios sociales en la demanda de tratamiento con bajo costos en materiales para el ortodoncista (costo – beneficio) y sobretodo la disminución en el tiempo de tratamiento. Realizar tratamientos evitando o disminuyendo las lesiones en los tejidos de soporte dentario.

Los avances en el diseño y fabricación de brackets - alambres, alineadores, nuevas fuentes de anclaje óseo directo (los microtornillos y/o microimplantes) han cambiado notablemente el panorama de la ortodoncia mundial simplificado la biomecánica.

Sin embargo pese a los nuevos avances, es una realidad que el costo del tratamiento es proporcional a lo novedoso eficaz de estos. No obstante esas cualidades no desmerecen el uso de materiales y aparatología convencionales, ya que la mayoría de ortodoncistas implementan los conocimientos y técnicas que utilizaron durante su aprendizaje sobre mecánicas de deslizamiento. Sin embargo, cuando este ocurre, se dan una serie de fuerzas friccionales que vuelven lento el movimiento dentario.

Teóricamente obtener una superficie más lisa y tersa mejoraría el deslizamiento del bracket en el arco ortodónico, ya que la fricción representa una importante 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. (41)

Los clínicos necesitamos entender la influencia de la resistencia friccional entre brackets y arcos para diseñar e implementar biomecánicas para el óptimo movimiento dental y respuesta tisular biológica. Es esencial el control de la resistencia al deslizamiento para proporcionar resultados más eficientes y predecibles y asimismo para incrementar la calidad del tratamiento (38, 39).

La fricción es un factor íntimamente relacionado a la mecánica de deslizamiento y está presente durante la alineación y nivelación dentaria, retracción de las piezas dentarias hacia el espacio de extracción y activación del torque, donde los arcos deben deslizarse a través del slot de los brackets y tubos (33)

En las mecánicas de deslizamiento a lo largo de los años siempre se ha buscado el mínimo de fricción en los movimientos sagitales, y requiere que se realicen tratamientos a los arcos ya sean biselándolos, química y mecánicamente. La expresión del torque negativo en las secciones posteriores aumentaría su anclaje, por lo que se deben eliminar los cantos para reducir expresión del torque y reducir la resistencia al movimiento y para facilitar el desplazamiento de los tubos y brackets sobre el arco para generar el cierre de espacios. Se adelgaza de acuerdo al requerimiento del tratamiento, pero generalmente se da desde distal del canino hacia la zona posterior, para favorecer el deslizamiento mesial de los molares produciendo el cierre de espacio requerido.

La fricción no es del todo una desventaja, esta nos garantiza la estabilidad oclusal y el control tridimensional de la raíz en las últimas fases del tratamiento cuando se trata de anclaje. Pero, por otra parte es el principal obstáculo para el alineamiento y la nivelación dentaria (reduciendo la efectividad de los alambres super-elásticos), frenando el potencial movimiento dentario que se podría conseguir con éstos y durante el cierre de espacios en la mecánica de deslizamiento; en definitiva complicando y prolongando el tratamiento de nuestros pacientes (37).

Aunque hay poco aporte bibliográfico sobre métodos de tratamientos de arcos, existen herramientas en el consultorio que podemos utilizar como lo son las fresas, discos de goma, discos abrasivos, el electropulido o anodizado que es uno de los métodos actuales para reducir el tamaño de los arcos y favorecer el deslizamiento, por ende el motivo de este trabajo es estudiar métodos alternativos para realizar adelgazamiento en la zona posterior de los arcos pesados de .019 x .025 pulgadas de acero para generar pérdida de anclaje y contribuir a un deslizamiento con poca presencia de fricción.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño de estudio**

- Experimental

### **Población y universo de estudio**

- 30 Alambres sin tratamiento, Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4
- 30 Alambres tratados con: Fresado más lijado, con lija al agua, Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4
- 30 Alambres tratados con: Anodizado, Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4
- 30 Alambres tratados con: Anodizado más lijado, con lija al agua, Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4
- 30 Alambres tratados con: Discos de poliéster flexible más discos de goma, Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4

### **Muestreo**

- No probabilístico, por cuota y conveniencia.

### **Criterios de Inclusión**

- Alambres de acero 0.019" x 0.025" sin defecto físico aparente.

### **Criterios de Exclusión**

- Alambres de níquel titanio.
- Alambres de calibres menores

### **Criterios de Eliminación**

- Alambres de acero inoxidable 0.019" x 0.025" que presenten deformaciones indeseadas.

### **Estadística:**

- Anova

## **Procedimiento**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 150 fracciones de alambre rectangular de acero inoxidable 304 austenítico (AISI) 0.019" x 0.025" (Invima 2009DM-0003233/Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4); los cuales fueron segmentados con una longitud de 10 cm, con un corta frío ix908 ixióon instruments/silsden/Reino Unido.

Se conforman 5 grupos con 30 secciones de alambre asignados aleatoriamente y agrupados en 5 tubos de ensayo. Figura 1.

**Grupo A:** Control (Alambres sin tratamiento)

**Grupo B:** Fresado más lijado, con lija al agua.

**Grupo C:** Anodizado

**Grupo D:** Anodizado más lijado, con lija al agua.

**Grupo E:** Discos de poliéster flexible más discos de goma.

Antes de realizar los diferentes tratamientos de los arcos por un operador calibrado, en cada una de las muestras se mide el espesor antes y después con un micrómetro digital .00005"-0,001 mm (Mitutoyo/Illinois USA). Figura 2

### **Grupo B: (Fresado y lijado)**

Para calcular la fuerza del fresado y del pulido en todas las muestras se utilizó una balanza electrónica (ATMA modelo BC7200, Buenos Aires -Argentina).

Con la mano izquierda por fuera del plato de la balanza, se apoyó el alambre sobre esta y se registró la fuerza ejercida en gramos. El promedio de la misma fue de  $20 \pm 5$  gr. Con su mano derecha también apoyada por fuera del plato de la balanza, se pasó una fresa (Diatech alta #850.018 ISO193514018 COLTENE USA), montada en una turbina (NSK panamax/Japón) regulada con una presión de aire de 2.8 Barrios, de izquierda a derecha, tres veces por cada una de las 4 aristas del alambre. Se registró en gramos el promedio de la fuerza por cada arista de  $50 \pm 10$ grs, a los que restó los gramos que fueron registrados para la mano izquierda, en cada arista. Lo cual resultó una fuerza de  $30 \pm 10$ grs por cada arista.

Luego con la mano izquierda tomando punto de apoyo por fuera del plato de la balanza, se apoyó el alambre sobre esta y se registró la fuerza ejercida en gramos. El promedio de la misma fue de  $20 \pm 5$  gr. Con la mano derecha también apoyada por fuera del plato de la balanza, se tomó una lija al agua número 1000 (abracol/Colombia), previamente sumergida en agua destilada, y se lijó de arriba hacia abajo y viceversa durante 30 segundos (cronómetro Casio hs3/Sao Paulo) cada arista del alambre, repitiendo el procedimiento con un trozo de lija nueva por cada una. Registrándose un promedio en gramos por cada una de las aristas de  $100 \pm 20$ grs, a los que se restaron los gramos que fueron registrados para la mano izquierda. Lo cual resultó en una fuerza de  $80 \pm 20$ grs por cada arista.

### **Grupo C: Anodizado.**

Se utiliza un instrumento llamado Anodizador ortodontico (Grinendent Bogota/Colombia) adaptado a un estabilizador de tensión (Pitbull/Argentina), este se conecta a una corriente eléctrica. Con el dispositivo apagado se prepara la máquina organizando primero el Ácido Fosfórico al 85%, en el recipiente que está dispuesto para esto, luego se sumerge la sección de alambre en el ácido fosfórico y se sostiene a la pinza sujetadora, y una vez el espécimen dentro se enciende y seguidamente se activa el botón de alto desgaste y se deja durante 90 segundos. (Figura 3)

Luego de esto, se procede a desactivar el ácido sobre la superficie del espécimen sumergiéndolo en agua con bicarbonato que previamente se preparó durante 10 segundos para lograr la desactivación del ácido y finalmente se seca sobre un papel tipo tissue. Se toma medida de precisión con el calibrador del espesor final del alambre.

### **Grupo D: Anodizado más lijado**

Se utiliza un aparato llamado Anodizador ortodontico (Grinendent Bogota/Colombia) que está adaptado a un estabilizador de tensión (Pitbull/Argentina), que está conectado en corriente eléctrica. Con el dispositivo apagado se prepara la máquina organizando primero el Ácido Fosfórico al 85%, en el recipiente que está dispuesto para esto, luego se sumerge la sección de alambre en el ácido fosfórico y se sostiene a la pinza sujetadora, y una vez el segmento de alambre este dentro se enciende y seguidamente se activa el botón de alto desgaste y se deja durante 90 segundos.

Luego de esto, se procede a desactivar el ácido sobre la superficie del espécimen sumergiéndolo en agua con bicarbonato de sodio que previamente se preparó durante 10 segundos para lograr la desactivación del ácido y finalmente se seca sobre un papel tipo tissue. Se toma medida del espesor final del alambre con el micrómetro.

Luego, con la mano izquierda se sujeta el espécimen sobre la parte no tratada y con la mano derecha se desliza una lija al agua número 2000, con ambas manos sumergidas dentro de un recipiente que contiene agua destilada, se lija de arriba hacia abajo y viceversa durante 10 segundos cada arista del alambre, repitiendo el procedimiento con un trozo de lija nueva por cada alambre que se trató con el anodizador.

### **Grupo E: Discos de poliéster flexible más discos de goma.**

Para calcular la fuerza del disco de poliéster flexible más disco de goma azul se utilizó una balanza electrónica (ATMA modelo BC7200, Buenos Aires -Argentina).

Con la mano izquierda por fuera del plato de la balanza, apoyó el alambre sobre esta y se registró fuerza ejercida en gramos. El promedio de la misma fue de  $20 \pm 5$  gr. Con su mano derecha también apoyada por fuera del plato de la balanza, se pasó un disco abrasivo de grano extrafino (color amarillo). (Optidisc 12.6mm mini kit, art. 4186 Bioggio/Switzerland), montada en una pieza de baja velocidad micromotor (NSK panamax/Japón) regulada con una presión de aire de 2.8 Barrios y a 44.000 rpm, de izquierda a derecha, tres veces por cada una de las 4 aristas del alambre. Se registró el promedio de la fuerza por cada arista de  $50 \pm 10$ grs, a los que se restó los gramos que fueron registrados para la mano izquierda, en cada arista. Lo cual resultó una fuerza de  $30 \pm 10$ grs por cada arista.

Luego con su mano izquierda tomando punto de apoyo por fuera del plato de la balanza, se apoyó el alambre sobre esta y se registró la fuerza ejercida en gramos. El promedio de la misma fue de  $20 \pm 5$  gr. Con la mano derecha también apoyada por fuera del plato de la balanza, se pasó disco de goma azul para pulir metal y porcelana de 22 x 3mm ( DENSELL/ARGENTINA ), de arriba hacia abajo una vez por cada arista del alambre. Registrándose un promedio en gramos por cada una de las aristas de  $100 \pm 20$ grs, a los que

se restaron los gramos que fueron registrados para la mano izquierda. Lo cual resultó en una fuerza de  $80 \pm 20$ grs por cada arista. (Figura 4 (a y b))

### **Medición de la fuerza de fricción.**

Un operador calibrado de la Facultad de Ingeniería y de Odontología de la UBA, mide la fricción en Newton, deslizando cada espécimen por tres tubos estándar (ranura 0.022" x 0.028") de American Orthodontic alineados por un alambre full size 0.021" x 0.025" de acero y adheridos cuidadosamente a una placa de acetato milimetrada sin dejar excesos con pegamento ECCOLE (Akapol S.A Buenos Aires/argentina) Quedando separados a una distancia en el mismo eje de 1cm cada uno, (figura 5)

Cada tabla con tubos y alambre se monta en una máquina de ensayos universales INSTRON 1011 con una celda de carga con capacidad de  $1 \text{ N} \pm 0.05 \text{ N}$  y una velocidad de cabezal de 5 mm/min durante 2 min. (Figura 6)

## RESULTADOS

Para ubicarnos en la investigación y a donde dirigirla; se realizó una encuesta (figura 8). Cuya finalidad fue preguntar a 50 ortodoncistas que métodos de adelgazamiento utilizaban en su consultorio, 46 de estos respondieron.

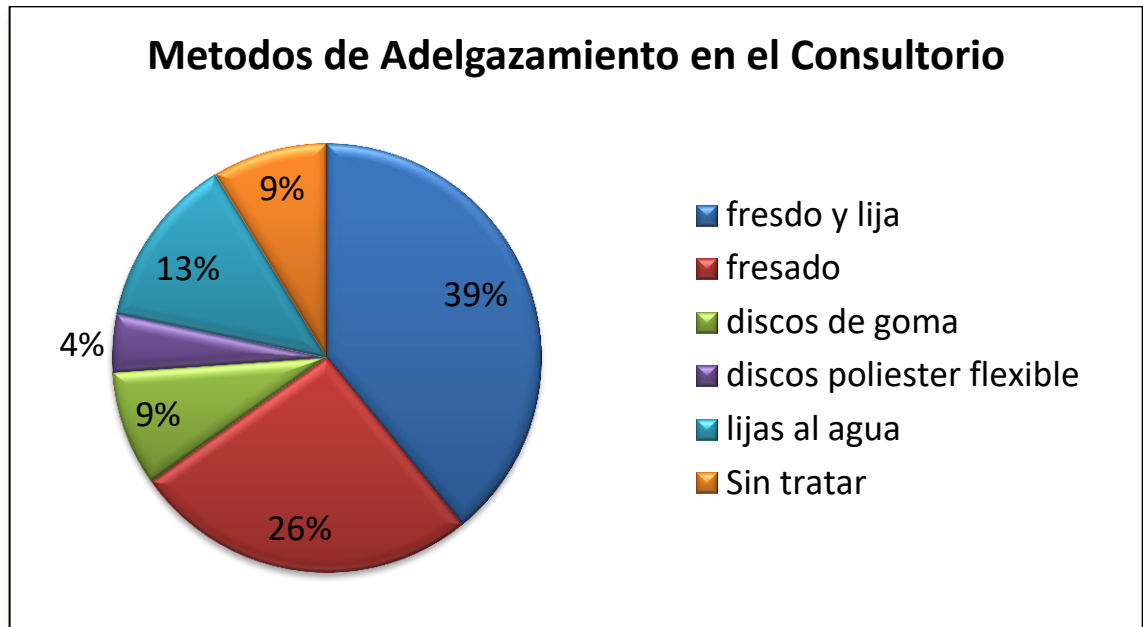


Grafico n° 1. Se observa que el método más utilizado dentro del consultorio es la fresa y la combinación de fresa y papel de lija, o solo el papel de lija, mientras que otros prefieren dejar el arco sin tratar o utilizar el disco de goma que se usa para desgastar metales, porcelana y cerámica. En menor medida usan los discos de poliéster flexible.

Una vez aplicada la metodología y métodos descritos previamente, se obtuvieron los siguientes resultados:

En la tabla (1) se registran los valores de fricción (expresados en Newton) para cada probeta. En el grupo de fresado se eliminó la varilla 30 y en el grupo anodizado las varillas desde la 28 a la 30, debido a que se registraron valores superiores a 12N considerándose errores en la confección de las mismas.

|                 | PROBETA N° |       |        |        |       |       |       |        |       |        |
|-----------------|------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| TRATAMIENTO     | 1          | 2     | 3      | 4      | 5     | 6     | 7     | 8      | 9     | 10     |
| Control         | 0,030      | 0,629 | 1,077  | 0,052  | 0,226 | 2,850 | 0,005 | 0,568  | 3,665 | 0,687  |
| Fresado + lija  | 2,021      | 8,123 | 0,010  | 29,293 | 5,040 | 2,075 | 8,597 | 0,038  | 0,003 | 1,354  |
| Anodizado       | -0,008     | 0,084 | 0,762  | 0,017  | 0,031 | 0,909 | 3,156 | 0,673  | 3,551 | 0,824  |
| Anodizado+ lija | 0,418      | 1,414 | -0,025 | 1,435  | 0,073 | 0,857 | 0,092 | 13,327 | 0,051 | 11,147 |
| Disco + goma    | 0,805      | 3,211 | -0,022 | 0,302  | 0,394 | 0,054 | 1,717 | 0,865  | 0,003 | 5,925  |

|                 | PROBETA N° |       |       |        |       |       |        |        |        |        |
|-----------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| TRATAMIENTO     | 11         | 12    | 13    | 14     | 15    | 16    | 17     | 18     | 19     | 20     |
| Control         | 1,068      | 0,555 | 0,018 | 0,012  | 1,137 | 2,657 | 2,089  | -0,011 | 0,960  | 1,533  |
| Fresado + lija  | 1,083      | 0,074 | 2,998 | 0,084  | 3,286 | 0,036 | 16,064 | 4,277  | 13,099 | 5,159  |
| Anodizado       | 0,025      | 1,330 | 5,014 | -0,007 | 4,707 | 1,825 | 2,414  | 1,481  | 0,134  | 0,038  |
| Anodizado+ lija | 0,017      | 0,000 | 3,085 | 9,370  | 0,211 | 6,120 | 0,514  | 2,080  | 0,308  | 0,656  |
| Disco + goma    | 0,103      | 0,050 | 0,362 | 0,219  | 0,026 | 0,773 | 5,042  | 0,099  | 0,119  | -0,051 |

|                 | PROBETA N° |       |        |       |        |       |        |       |        |       |
|-----------------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| TRATAMIENTO     | 21         | 22    | 23     | 24    | 25     | 26    | 27     | 28    | 29     | 30    |
| Control         | 3,434      | 0,593 | 1,294  | 0,040 | 0,845  | 1,629 | 0,030  | 0,218 | 0,111  | 2,831 |
| Fresado + lija  | 3,791      | 2,449 | -0,831 | 1,560 | 0,025  | 0,070 | 0,422  | 0,118 | 0,122  |       |
| Anodizado       | 0,141      | 0,240 | 5,529  | 0,076 | 0,612  | 0,000 | 6,799  |       |        |       |
| Anodizado+ lija | -0,015     | 6,724 | -0,007 | 0,151 | -0,013 | 2,303 | -0,068 | 1,427 | 1,605  | 1,510 |
| Disco + goma    | 0,152      | 0,652 | 1,134  | 0,039 | 0,083  | 0,023 | 0,064  | 0,844 | -0,017 | 2,184 |

Tabla n°1: valores de fricción cinemática de cada una de las probetas medidas en newton

En la tabla y gráfico número 2, se asientan los valores promedios en cada grupo para la fricción, el desvío estándar y los valores correspondientes al rango.

Los resultados para cada grupo son:

El grupo A: Control. (Arco sin tratar). Se obtuvo un valor promedio de 1,036N con una desviación estándar de + 0,072 y un rango que varía entre 1,165/0,936 N.

El grupo B: fresado + lijado. Se obtuvo un valor promedio de 3,644N con una desviación estándar de + 0,660 y un rango que varía entre 4,429/1,824 N.

El grupo C: Anodizado. Consiguiendo un valor promedio de 1,515N con una desviación estándar de + 0,133 y un rango de 1,847/1,366 N.

El grupo D: incluye el proceso de anodizado + lijado, cuyo valor promedio fue de 1,810N y una desviación estándar de + 0,104 que varía de 1,996/1,665 N.

El grupo E: discos de poliéster flexible más disco de goma. El valor promedio fu de 0,838N con un desvió estándar de +0,070, con un rango de 1,002/0,756

Análisis estadístico: Existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, comparado  $p < 0,007$ .

En la tabla y gráfico número 2, podemos observar que existe en valor decreciente mayor fricción en el grupo B, le sigue el grupo D, grupo C y el grupo A y el de menor fricción es el grupo E.

|                |                | Promedio | Desvió Estándar | Máxima | Mínimo |
|----------------|----------------|----------|-----------------|--------|--------|
| <b>Grupo A</b> | Control        | 1,036    | 0,072           | 1,165  | 0,936  |
| <b>Grupo B</b> | Fresado        | 3,644    | 0,660           | 4,429  | 1,824  |
| <b>Grupo C</b> | anodizado      | 1,515    | 0,133           | 1,847  | 1,366  |
| <b>Grupo D</b> | anodizado lija | 1,810    | 0,104           | 1,996  | 1,665  |
| <b>Grupo E</b> | Disco + goma   | 0,838    | 0,070           | 1,002  | 0,756  |

Tabla n° 2. Valor promedio de la fricción por grupo, expresado en N.

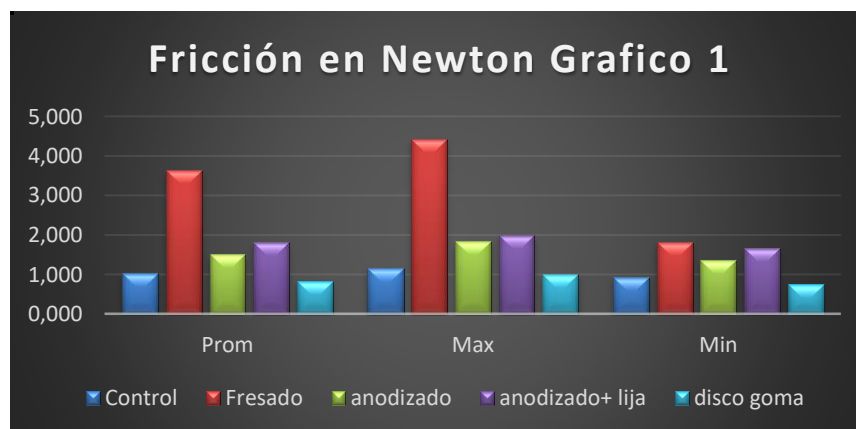


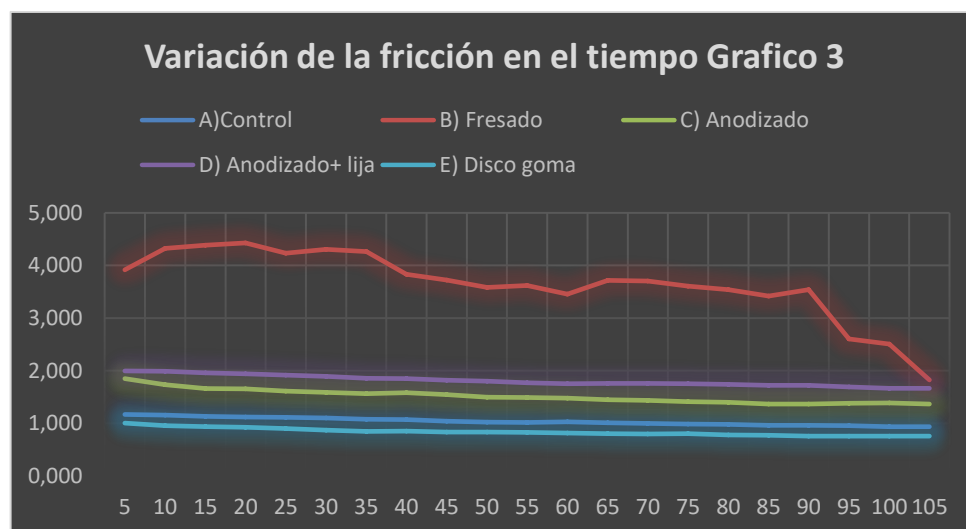
Grafico N° 2: valores promedios de fricción y rango (máximo y mínimo) para cada grupo.

En la tabla y gráfico número 3, se asientan los valores promedios para la fricción a medida que transcurre el tiempo de deslizamiento (cada 5 segundos) de cada grupo.

| Grupo<br>tiempo (s) | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 35    | 40    | 45    | 50    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A)Control           | 1,165 | 1,153 | 1,130 | 1,118 | 1,113 | 1,099 | 1,076 | 1,069 | 1,042 | 1,021 |
| B) Fresado          | 3,915 | 4,326 | 4,385 | 4,429 | 4,233 | 4,303 | 4,262 | 3,829 | 3,720 | 3,582 |
| C) Anodizado        | 1,847 | 1,734 | 1,660 | 1,655 | 1,614 | 1,585 | 1,563 | 1,580 | 1,545 | 1,494 |
| D)Anodizado+ lija   | 1,996 | 1,986 | 1,959 | 1,941 | 1,918 | 1,891 | 1,858 | 1,851 | 1,821 | 1,800 |
| E) Disco goma       | 1,002 | 0,954 | 0,935 | 0,924 | 0,901 | 0,873 | 0,843 | 0,851 | 0,836 | 0,831 |

| Grupo<br>Tiempo(s) | 55    | 60    | 65    | 70    | 75    | 80    | 85    | 90    | 95    | 100   | 105   |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A)Control          | 1,017 | 1,028 | 1,010 | 1,000 | 0,986 | 0,981 | 0,962 | 0,959 | 0,954 | 0,936 | 0,936 |
| B) Fresado         | 3,621 | 3,453 | 3,718 | 3,704 | 3,606 | 3,539 | 3,417 | 3,541 | 2,605 | 2,505 | 1,824 |
| C) Anodizado       | 1,489 | 1,479 | 1,450 | 1,434 | 1,411 | 1,397 | 1,375 | 1,371 | 1,383 | 1,390 | 1,366 |
| D)Anodizado+ lija  | 1,772 | 1,751 | 1,756 | 1,758 | 1,751 | 1,737 | 1,719 | 1,723 | 1,694 | 1,665 | 1,668 |
| E)Disco goma       | 0,827 | 0,816 | 0,805 | 0,799 | 0,803 | 0,779 | 0,775 | 0,763 | 0,769 | 0,762 | 0,756 |

Tabla n° 3. Valores de fricción cinética en el tiempo



Grafica n° 3. Valor promedio de la fricción para cada grupo a lo largo de la prueba en segundos.

## DISCUSION

En la encuesta realizada a ortodoncistas sobre el método de adelgazamiento de arcos que emplean para el cierre de espacios, se evidencio que la mayoría de los clínicos recurren a él fresado como técnica de tratamiento de superficie y pudimos comprobar que lejos de generar el efecto deseado, la superficie presenta rugosidades poco uniformes generando como consecuencia mayor fricción.

Por otra parte, el grupo control si bien presentó bajos niveles de fricción, estuvo por encima de los valores friccionales de los discos, hay que tener muy en cuenta que los alambres de por sí ya vienen con defectos de fábrica, sobre todo a nivel superficial más que estructural. Estos defectos son principalmente la alta rugosidad superficial y aparición de enlaces iónicos (44, 45,46).

La cantidad de desgaste alcanzada es adecuada para su uso clínico, permitiendo utilizar un mismo arco con distinto calibre, diferenciado en las zonas de anclaje y las zonas de movimiento. Esto permite tener mayor control sobre el anclaje, expresando la prescripción del bracket y logrando un mejor control radicular, mientras se aumenta el ángulo de juego en la zona de movimiento, facilitando el deslizamiento y cierre de espacio. (15, 42)

Esta investigación demostró la acción de los materiales en el laboratorio, simulando la fase de cierre de espacios que es donde más problemas friccionales se han encontrado, así mismo sería interesante averiguar los efectos a nivel microscópico de los discos sobre los alambres, brackets y ligaduras y su interacción con los fluidos orales.

Si bien el electropulido o anodizado cumplió con las expectativas del tratamiento de superficie con bajos índices friccionales, resulta una alternativa inaccesible, poco practica y representa más tiempo de trabajo comparado con los discos de pulido ya que requiere de una serie de pasos resultando engorroso para el clínico mientras que los otros materiales usualmente se encuentran en disponible en los consultorios.

## CONCLUSIONES

Los ortodontistas prefieren como alternativa para modificar la superficie de los arcos los métodos manuales (fresa, discos, lija)

Los hallazgos de este estudio demostraron que en todos los grupos de control y experimentales (A, B, C, D, E) los valores disminuyen a medida que transcurre el tiempo.

El grupo de fresado es el que más irregularidades presenta en su comportamiento, tanto si se evalúa por valores de fricción como por tiempo de trabajo durante la prueba.

Los resultados evidenciaron que el grupo correspondiente discos poliéster y de goma, el de control, anodizado, y anodizado más lija en ese orden creciente son los que generan menor fricción.

Los que menor fricción tuvieron y más estable en el tiempo fueron los tratados con los discos de acetato flexible y de goma

El anodizado o electropulido es otra alternativa eficaz de tratamiento de arcos eficaz, pero su uso en ortodoncia es poco conocido,

Existen alternativas efectivas y accesibles en nuestros consultorios para generar superficies lisas y que permitan un correcto deslizamiento con el mínimo de fricción como lo son los discos Kerr más los discos de goma.

## BIBLIOGRAFIA

1. Uribe, G. Ortodoncia Teoría y Clínica. Editorial CIB. Ed 1; Cap 11.
2. Burstone CJ. The segmented arch approach to space closure. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1982; 82(5):361-78.
3. Renfroe E. The factor of stabilization in anchorage. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1956;42(12):883–97.
4. Tselepis M, Brockhurst P, West VC. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994;106:131-138.
5. Ribeiro M., Correa W., Douglas D.: (2012) The role of friction in orthodontics. Dental Press J Orthod.; 17(2):170-7.
6. Proffit W. Ortodoncia teoría y práctica, 2da edición Mosby/doyma libros. 1994, pag 309.
7. Nanda, R. Biomecánica en ortodoncia clínica. Panamericana S.A; Buenos Aires. 1998. p. 177-178 y 193.
8. William Proffit HF, David Sarver. Contemporary Orthodontics 5th Edition: Elsevier Health Science 2012.
9. Valencia JA, Montoya Y, Peláez A, Jaramillo PM, García G. Evaluación de la fricción en arcos ortodóncicos de acero inoxidable con y sin recubrimiento vítreo aplicado por el método Sol-Gel. Rev Fac Odontol Univ Antioquia. 2009; 20(2): 161-170.
10. Manzur, A. Cuando la fuerza de fricción estática se convierte en fuerza de fricción cinética y viceversa. Revista mexicana de Física. Ed. 54 (1). Junio. pp. 51–54. México. 2008
11. Smith R, Storey E. The importance of force in orthodontics: The design of cuspid retraction springs. Aust J Dent. 1952; 56: 291-304.
12. Smith R, Storey E. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. Aust J Dent. 1952; 56: 11-18.
13. Uribe, G. Ortodoncia. Teoría y Clínica: Fundamentos de odontología. 2<sup>da</sup> edición. Corporación para Investigaciones Biológicas, 2010. p. 384

14. Suárez D. Problemas tribológicos en el diseño de brackets. *Rev Esp Ortod.*1995; 25: 29-45.
15. Hamdan A. The effect of different combinations of tip and torque on archwire/bracket friction. *Eur J Orthod.* 2008; 30: 508-14.
16. Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: a critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;135(4):442-7
17. Cash A, Curtis R, Garrigia-Majo D, McDonald F. A comparative study of the static and kinetic frictional resistance of titanium molybdenum alloy archwires in stainless steel brackets. *Eur J Orthod.* 2004;26(1):105-11
18. Frank CA, Nikolai RJ. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and archwire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1980; 78: 593-09.
19. Segovia D. Actualización sobre la clínica de cierre de espacios por mecánicas de deslizamiento. *Revista de la Sociedad Argentina de Ortodoncia.* 2011; 74(150):58-70.
20. Segovia D. Actualización sobre la clínica de cierre de espacios por mecánicas de deslizamiento. Segunda Parte. *Revista de la Sociedad Argentina de Ortodoncia.* 2012;75(151):34-41.
21. Barlow M, Kula K. Factors influencing efficiency of sliding mechanics to close extraction space: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2008;11(2):65-73.
22. Huffman DJ, Way DC. A clinical evaluation of tooth movement along arch wires of two different sizes. *Am J Orthod.* 1983;83(6):453-9.
23. Schudy FF. The bimetric system. *Am J Orthod.* 1975;67(1):57–91.
24. Giancotti A, Greco M. Modified sliding mechanics in extraction cases with a bidimensional approach. *Progress in Orthodontics,* 2010;11(2):157-65.
25. Lazo, J. Efectos del tratamiento de superficie por método electrolítico sobre arcos de acero en ortodoncia. Universidad Finnis Terrae. Santiago de Chile. 2016
26. Awad AM, Ghazy EA, Abo El-Enin SA, Mahmoud MG. Electropolishing of AISI304 stainless steel for protection against SRB biofilm. *Surf Coatings Technol* 2012; 206:3165–72.

27. 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.
28. Buchman DJL. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod* 1980;77:654–68.
29. Egan FR, Alexander SA, Cartwright GE. Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;109:64–70. Quick AN, Harris AMP, Joseph VP. Office reconditioning of stainless steel orthodontic attachments. *Eur J Orthod* 2005;27:231–6.
30. 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.
31. 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
32. Mendes K, Rossouw PE. Friction: validation of manufacturer's claim. In: *Seminars in Orthodontics*. Elsevier; 2003;236–50.
33. Chimenti C, Franchi L. Friction of orthodontic elastomeric ligatures whit different dimensions. *Angle Orthod*. 2005. 75; 421-25.
34. Kusy R, Saunders C. en Nanda R. *Biomecánica en Ortodoncia Clínica: Mejoramiento de la mecánica de los arcos mediante química de superficie*. 1a ed. Buenos aires: Panamericana; 1998.
35. Burstone CJ, Farzin-Nia F. Production of low-friction and colored TMA by ion implantation. *J Clin Orthod*. 1995; 29(7): 453-61.
36. Kusy RP, Tubin EJ. Frictional coefficients of ion-implanted alumina against ion-implanted beta-titanium in the low load, low velocity, single pass regime. *Dent Mater*. 1992 May; 8(3): 167-72. 121.
37. Camargo L, García S. Fricción durante la retracción de caninos en ortodoncia. *Revista CES Odontología*. 2007; 20(2): 57-63.

38. Ireland A, Mc Donald F. Effect of bracket and wire composition on frictional forces. *Eur J Orthod.* 1991; 13: 322-28.
39. Wadhwa PK, Kwon HK. Friction resistance in ceramic and metal brackets. *J Clin Orthod.* 2004; 38: 35-38.
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. Kusy RP, Whitley JQ. Effects of surface roughness on the coefficients of friction in model orthodontic systems. *J Biomech.* 1990;23(9):913-25.
42. Epstein MB, Epstein JZ. Benefits and rationale of differential bracket slot sizes: the use of 0.018-inch and 0.022-inch slot sizes within a single bracket system. *Angle Orthod.* 2002;72(1):1-2.
43. Claros Stucchi,M. Estudio comparativo in vitro de la fricción de alambres según el tipo de aleación, calibre y tipo de ligadura con y sin orthospeed en un plano inclinado. Universidad Complutense de Madrid. 2013.
44. Kapila S, Angolcar P, Duncanson M. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98: 117-26.
45. Kusy R, Whitley J. Comparisons of surface roughnesses and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA-type archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 126: 589-03.
46. Moore M. Factors affecting friction in the pre-adjusted appliance. *Eur J Orthod.* 2004; 26: 579-83.

## IMAGENES

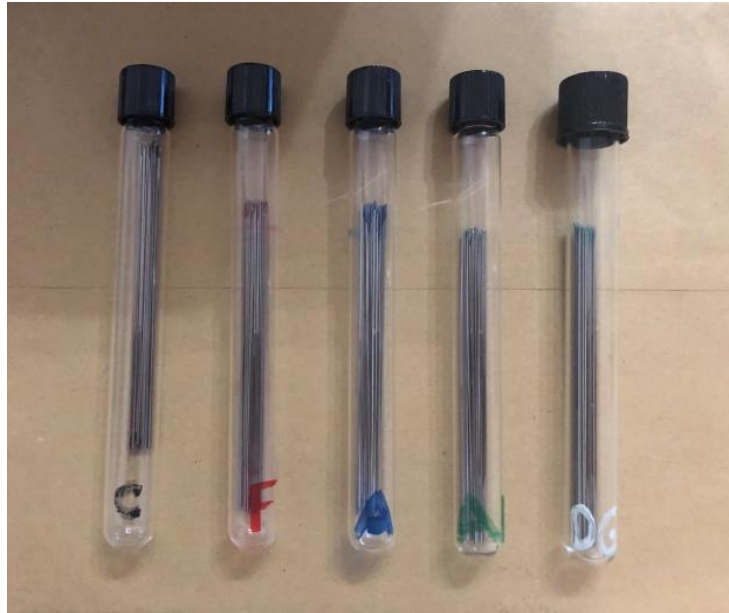


Figura 1: los 5 grupos fueron colocados en tubos de ensayo para dividirlos y organizarlos, C: control, F: fresado, A: anodizado, Al: anodizado más lijado, DG: discos acetato más discos de goma



Figura 2: sección de alambre y calibrador.



Figura 3. Anodizador

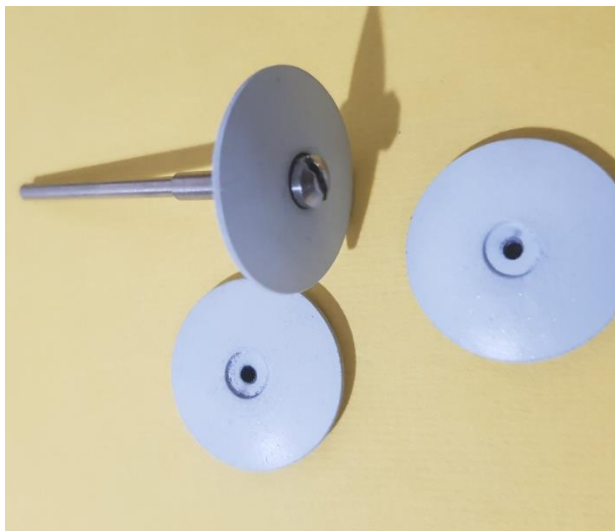


Figura 4 (a). Discos de goma azul grano fino

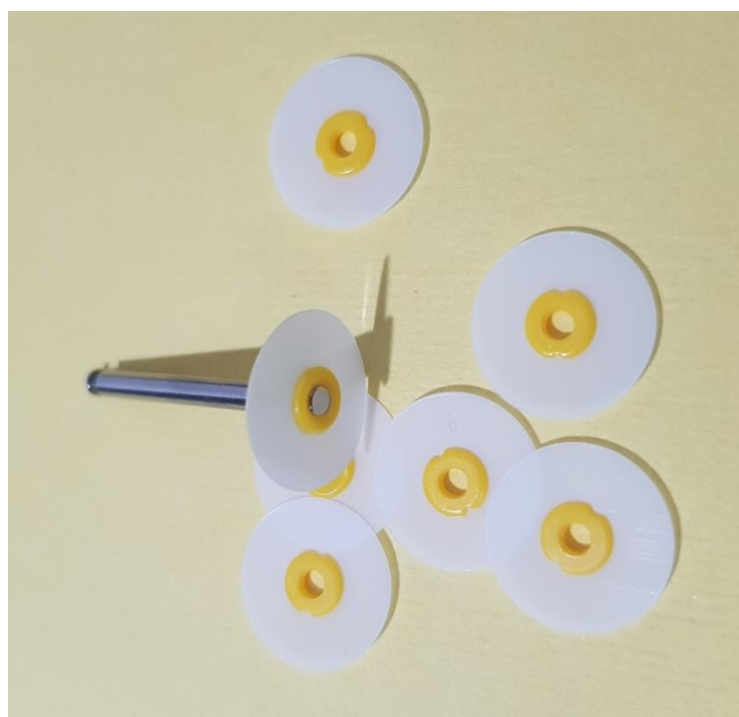


Figura 4 (b). Discos de poliester flexible (Kerr)

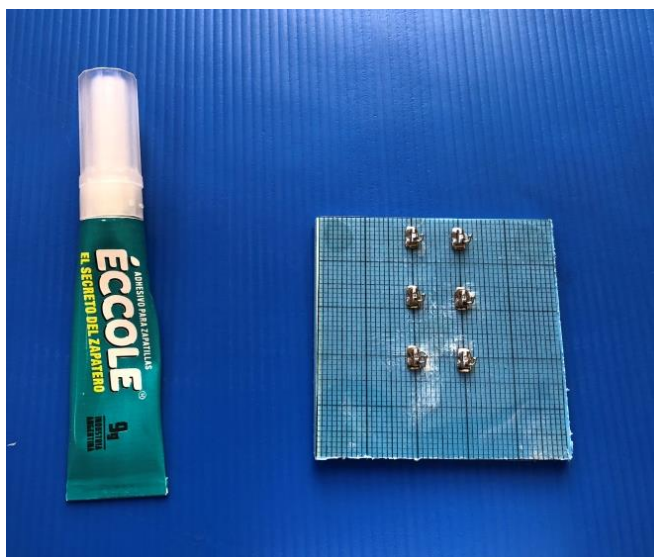


Figura 5. Cementado de los tubos en la placa de acetato milimetrada.



Figura 6. Placa de acetato milimetrada instalada en la Instron para la prueba de deslizamiento de los alambres por los tubos.

## ENCUESTA SOBRE METODOS DE ADELGAZAMIENTO DE ARCOS PARA EVITAR FRICCION

Que materiales de su consultorio usa para realizar el adelgazamiento de arcos de acero cuando necesita realizar mecánica de perdida de anclaje.

- ☐ Fresado y pulido con papel de lija a mano.
- ☐ Fresado.
- ☐ Discos de papel y discos de goma.
- ☐ Discos de goma.
- ☐ Discos de poliéster flexibles (soflex,chofu,kerr).
- ☐ Lijas al agua.
- ☐ Sin tratar