



UAI Universidad
Abierta
Interamericana

TRABAJO FINAL

Cuantificar la fricción en tres diferentes métodos de adelgazamiento de arcos de acero para el cierre de espacios

Autor:

Kelly Julieth Giraldo Henao

Tutora:

Profesora Dra. Laura Marta Labate

Asesora Metodológica:

Profesora Dra. Patricia Pelossi

Carrera Especialización en Ortodoncia

Título a obtener: Especialista En Ortodoncia

Universidad Abierta Interamericana

Facultad De Medicina Y Ciencias De La Salud

Buenos Aires, Argentina

Julio/2018

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi padre Jesús Giraldo, por amarme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Papá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

Mi madre Laura Rosa, por darme la vida por apoyarme tanto y por acompañarme tantas noches en esto gracias por toda mamá.

Mi abuela, María Luisa (QEPD) por quererme y animarme siempre a ser la mejor, esto también te lo debo a ti.

Mis hermanos, porque estuvieron siempre dándome ánimos y apoyo.

Mi sobrina, Valeria, para que veas en mí un ejemplo a seguir.

Mi Novio, Luis Castaño, por no dejarme nunca vencerme y sacarme una sonrisa siempre en momentos de mi estrés.

Todos mis amigos, Claudia Restrepo, Dra Laura Labate, Juan, Laura, Fabio, Marina, Juanita, por compartir los buenos y malos momentos.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme todos los días de mi vida. A mis padres que me han consentido y apoyado en todo lo que me he propuesto y sobre todo han sabido ayudarme a corregir mis errores, por ustedes dos estoy eternamente agradecida los amo.

Agradezco también a mis hermanos que muchas veces me dieron palabras de ánimo cuando las necesite.

A mi enamorado Luis, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor y su ayuda en mi proyecto.

A mi amiga Claudia sin ti no existiría hoy esta tesis y no existiría la amistad que tenemos que entre risas, bromas y difíciles momentos hemos culminado con éxito.

Y gracias a todos los que en algún momento me brindaron su apoyo en este proyecto

INDICE

1.Resumen y Palabras Clave/ Summary and Key Words.....	5
2.Antecedentes	6
3.Introducción.....	9
4.Objetivos.....	13
5.Materiales y Métodos.....	14
6.Resultados.....	18
7.Discusión.....	23
8.Conclusiones.....	25
9.Bibliografía.....	26

1. RESUMEN

El objetivo de este proyecto de investigación en materia de ortodoncia, es poder comparar los diferentes métodos y técnicas de manipulación de las superficies de los arcos de acero inoxidable, con la intención de medir los resultados en el cambio que se pueda presentar en la fricción resultante entre los medios que están en permanente contacto durante la mecánica de cierre de espacios en el tratamiento de ortodoncia.

Palabras clave: brackets, ortodoncia, fricción, cierre de espacios, deslizamiento, arcos de acero, anodizado.

ABSTRACT

The objective of this research project in the field of orthodontics is to compare the different methods and techniques of handling the surfaces of stainless steel arches, with the intention of measuring the results in the change that may occur in the resulting friction between the media that are in permanent contact during the mechanics of closing spaces in orthodontic treatment

Keywords: Brackets, orthodontics, friction, space closure, slip, steel arches, anodized.

2. ANTECEDENTES

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA REDUCIR LA FRICCIÓN DE ARCOS RECTANGULARES DE ACERO EN MECÁNICA DE CIERRE DE ESPACIOS (ESTUDIO IN VITRO)

Zapata JF, Giraldo K, Labate LM, Pelossi P

Especialidad en Ortodoncia UAI

RESÚMEN: Una de las cualidades más deseadas por los ortodoncistas en el cierre de espacios mediante la mecánica de deslizamiento con respecto a los aparatos fijos es la baja fricción. Objetivo: Evaluar dos métodos en uso para disminuir la fricción de los arcos rectangulares de acero. Medir el coeficiente de fricción resultante y características superficiales por medio de microscopía electrónica.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se utilizaron 90 secciones de alambre rectangular de acero inoxidable 304 austenítico (AISI) 0.019”x0.025” (Invima 2009DM-0003233/ Orthorganaizer (EEUU) lote121); los cuales fueron segmentados de una longitud de 10 cm, con alicate cortador de alambre frío ix908 ixióon instruments/silsden/Reino unido. Se confeccionó un protocolo de trabajo. Se conformaron 3 grupos de 30 secciones de alambre asignados aleatoriamente. **Grupo A:** Control (Alambres sin tratamiento). **Grupo B:** Fresado y pulido. **Grupo C:** Anodizado.

Con un software para reconstrucción de imágenes 3D, LVD100–Eclipse 3.1 con un aumento de 100x en modo de luz reflejada se midió la rugosidad superficial y con una máquina de ensayos universales INSTRON 3345, se midió la fricción en Newtons; los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente (Distribución F- ANOVA)

RESULTADOS: Los resultados para las pruebas de rugosidad entre alambres con los tres tratamientos realizada con el microscopio óptico se midieron en μm y los valores para cada grupo fueron: GRUPO A: $\square 2.46\mu\text{m} \pm 0.45$; GRUPO B: $\square 1.06 \mu\text{m} \pm 1.29$; GRUPO C: $\square 1.80\mu\text{m} \pm 1.06$. Claramente existen diferencias entre el grupo de control (Grupo A) y los que tienen tratamientos superficiales, siendo el grupo B ligeramente

menos rugoso que el grupo C. Los resultados no muestran diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) entre los tres grupos.

CONCLUSIÓN: Bajo las condiciones de este estudio experimental el grupo B correspondiente a fresado + lijado es el que presentó mayor fricción cinética debido a la manipulación del alambre en el momento en que se eliminan las aristas del arco, notando irregularidades en la superficie de arco y por ende mayor fricción y mayor tiempo de deslizamiento por los tubos.

**EVALUATION OF DIFFERENT METHODS FOR REDUCING FRICTION OF
RECTANGULAR STEEL ARCHES IN SPACE CLOSURE MECHANICS
(A PRELIMINARY STUDY)**

Zapata JF, Giraldo KJ, Labate ML, Ucha M, Brusca M, Pollo F.

Orthodontics Specialization Course Open Inter-American University UAI

Abstract: One of the characteristics orthodontists most seek in space closure using sliding mechanics in fixed appliance orthodontics is low friction. **Objective:** To assess two currently used methods to decrease friction between rectangular steel arches. To measure the resulting coefficient of friction and surface characteristics using electron microscopy.

Materials and Methods: Ninety sections of Steel wire (0.019”x 0.025” Orthogonizer) were divided into three groups and subjected to a different surface treatment as follows: **Group A:** control group. **Group B:** milling and wet-sanding. **Group C:** anodizing. The wires were slid through three standard tubes (groove 0.022”x 0.028”) supplied by American Orthodontic, arranged on a polyethylene board along the same axis and 10mm apart. Each board with the corresponding tubes and wire was mounted in an INSTRON 3345 test machine equipped with a 10 Newton (N) instron load cell, at a speed of 5mm7min for 2 min. Prior to each sliding test, the wires were examined under a light microscope (NIKON LV 100) and reconstructed with 3D reconstruction software, to measure roughness of each wire. The results were statistically analyzed.

RESULTS: Coefficients of friction of each group were: GROUP A: $\square 4.20N \pm 1.48$; GROUP B: $\square 4.02N \pm 1.29$; GROUP C: $\square 4.26 N \pm 1.06$. Results of the roughness test using light microscopy were measured in μm ; values of each group were as follows: GROUP A: $\square 2.46\mu\text{m} \pm 0.45$; GROUP B: $\square 1.06 \mu\text{m} \pm 1.29$; GROUP C: $\square 1.80\mu\text{m} \pm 1.06$. Clear differences were observed between the control (Group A) and surface-treated groups; Group B was slightly less rough than Group C. No statistically significant differences ($p > 0.05$) were observed among groups.

CONCLUSION: Under the conditions of this experimental study group B, the group B corresponding to milling + sanding is the one that presented the highest kinetic friction due to the manipulation of the wire at the moment in which the edges of the arch are eliminated, noticing irregularities in the arc surface, and therefore greater friction and longer sliding time through the tubes.

3. INTRODUCCIÓN

En ortodoncia se aplican conocimientos de física y biomecánica para diseñar mecanismos eficientes, que permitan la aplicación de sistemas de fuerzas sobre las piezas dentarias, para producir movimientos finos que deben ser clínicamente predecibles (1).

La fricción puede ser definida como una fuerza de resistencia que actúa sobre un cuerpo e impide o retarda el deslizamiento del cuerpo en relación a un segundo cuerpo o superficie con la cual esté en contacto. Dicha fuerza actúa siempre tangencialmente a la superficie en los puntos de contacto con otros cuerpos, y está dirigida en sentido opuesto al movimiento posible o existente del cuerpo con respecto a esos puntos (2).

Si ambos cuerpos permanecen estáticos, se habla de fuerza de fricción estática; pero si existe movimiento relativo de un cuerpo respecto al otro, se habla de fuerza de fricción cinética (3).

De este modo, la fricción se convierte en una variable sobre la cual recae gran importancia en la fase de mecánica de cierre de espacios en el tratamiento de ortodoncia, debido a que a mayor fricción menor movimiento dentario se podrá obtener y demandará mayor tiempo de tratamiento. Cuando lo que se busca realmente son desplazamientos en el menor tiempo posible.

Cabe resaltar que dichos avances se esperan ocurran sin causar daños radiculares y/o reabsorciones. El deslizamiento en ortodoncia es de carácter vital ya que por medio de un deslizamiento óptimo se puede lograr un movimiento más rápido y un cierre de espacios en un menor tiempo y aún más en lugares donde faltan piezas dentarias.

La fricción se convierte en una de las variables que más afecta el movimiento dental ortodónico, estimando que entre un 50% y un 60% de la fuerza aplicada en ortodoncia es disipada por la fricción, por lo cual es necesario el doble de la fuerza efectiva en presencia de fricción (4,5).

Bajo esta premisa se distinguen dos tipos de fricción: la estática cuando se exige la menor fuerza necesaria para empezar a mover una superficie sólida que está en reposo y la dinámica cuando la fuerza que se opone al movimiento de deslizamiento de un objeto

solido sobre otro. De acuerdo con las leyes de la física, la fricción dinámica no excede a la fricción estática (3,6).

Argumentando la conveniencia de la baja fricción se diseñaron brackets autoligables. Cuando el cierre del brackets se hace con un clip activo, genera una presión del arco hasta el fondo del slot, y cuando el clip no contacta ni aplica fuerza, el sistema es pasivo. Sin embargo, la actividad o pasividad del clip, o mejor expresado la fricción del sistema, depende del tamaño del arco relacionando con el tamaño del slot y la posición del arco en el brackets (7).

Los factores más importantes involucrados en los niveles de fricción son:

- Los brackets, principalmente aquellos de autoligado, debido a que su diseño se caracteriza por presentar un clip que sujeta el arco al bracket, o una cubierta que actúa como una cuarta pared móvil que convierte la ranura en un tubo. Esto es lo que permite el paso del arco sobre el slot con menor resistencia al deslizamiento (8).
- El material del arco, aunque todos los arcos de ortodoncia tienen la forma de una arcada dental, en herradura, pueden agruparse en dos categorías según sean elásticos o rígidos (6).

Los arcos elásticos están fabricados con aleaciones de metales que incluyen el titanio y el níquel, por lo que genéricamente se les conoce como arcos de *Niti*. Su característica principal es que son superelásticos, es decir, que recuperan su forma original después de haber sido severamente deformados y que la fuerza necesaria para deformarlos mucho o poco es exactamente la misma (6).

Están los arcos rígidos, fabricados mayoritariamente de acero inoxidable. Si se ejerce mayor fuerza sobre ellos, no se flexionan, sino que se deforman permanentemente. También son de sección rectangular y se presentan en tres grosores. Para que puedan colocarse dentro de los surcos de los brackets, éstos deben estar bien alineados (6).

- El slot del brackets puesto que a medida que la anchura del bracket aumenta, disminuye el slot y aumenta la sección del arco y se producirá una disminución de binding y menor resistencia al deslizamiento durante el cierre de espacios (9).

- La distancia interbracket, puesto que a mayor distancia interbracket mayor longitud de alambre, mayor deflexión y mayor flexibilidad para nivelación (6).
- Los métodos de ligado, donde la fuerza con que se ligan es el factor físico más importante ya que a mayor fuerza de ligado mayor resistencia friccional. A mayor ángulo entre el eje del alambre y el eje de la ranura mayor será la fricción. También con esta mayor angulación (entre 6 y 10 grados) es importante tener en cuenta el material del alambre, la rigidez y la distancia interbracket. Cabe resaltar que las ligaduras metálicas generan menor fricción. (6).
- La unión entre los brackets y el alambre, puesto que la fuerza de fricción es directamente proporcional al aumento de la angulación entre los brackets y el alambre. La dupla ideal es aquella que genere un menor μ . De este modo, Ni/Ti presenta mayor fricción al combinar con cualquier bracket, los de acero inoxidable con alambres B/Ti o Ti/Mo incrementan la fricción (6).
- La resistencia biológica, teniendo en cuenta el centro de resistencia como el punto de un cuerpo (pieza dentaria) sobre el que una fuerza única producirá traslación, sin inclinación. Este centro no es identificable con facilidad; no obstante, los estudios analíticos determinaron que el centro de resistencia para dientes unirradiculares, con nivel normal del hueso alveolar, se sitúa entre 1/4 y 1/3 de la distancia desde la unión amelocementaria hasta el ápice. Para los dientes multirradiculares está aproximadamente 1 o 2 mm apical de la bifurcación o trifurcación (10).

Sumado a ello, aparte de los factores mencionados, algunos autores asumen que la resistencia friccional se ve afectada por factores tanto físico mecánicos, así como biológicos (11). Otros refieren que los componentes determinantes de la fricción se dan en la interface arco/brackets mediante la fricción clásica, el binding o deformación elástica del alambre y la deformación permanente del alambre (12).

Sin embargo, en otras revisiones acerca de la fricción y la resistencia al deslizamiento, se describe la fricción como un componente que poco tiene que ver con la resistencia al deslizamiento. Siendo por el contrario el binding (deformación elástica) el fenómeno responsable de esta. Y manifiestan que se observa en la misma magnitud en los brackets de auto ligado, como en los gemelares (13).

Tal como se puede evidenciar a través de la práctica, en el campo de la ortodoncia una de las cualidades más deseadas es la baja fricción que se pueda generar, ya que en las mecánicas de deslizamiento en relación con la aparatología fija y el cierre de espacios se podrá obtener un mayor avance del tratamiento en un menor lapso de tiempo.

En la actualidad en los tratamientos de ortodoncia preventiva y correctiva, se busca incesablemente el poder disminuir la resistencia de la aparatología fija frente al deslizamiento de los arcos, una de las alternativas que se han probado es la de modificar la superficie de los brackets y/o alambres por medio de intervenciones, ya sea con técnicas de pulido o químicas, para obtener un menor coeficiente de fricción.

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 (14).

Bajo este panorama, aunque la fricción ha sido objeto de múltiples investigaciones no se aprecia una metodología estándar o general que pueda adaptarse como un protocolo dentro de los procesos y mecanismos de ortodoncia, razón por la cual, esta investigación se centra en comprobar la fusión de dos técnicas en la búsqueda de optimizar los procedimientos de adelgazamiento de arcos para el cierre de espacios en piezas dentarias.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar la efectividad de tres métodos para disminuir la fricción en arcos rectangulares de acero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los valores de fuerza de fricción luego de tratar la superficie del arco con la técnica tradicional.

- Conocer los valores de fuerza de fricción luego de tratar la superficie del arco con el anodizado y anodizado con lijado.

- Conocer los valores de fuerza de fricción luego de tratar la superficie del arco con anodizado y lijado.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de los objetivos propuestos se utilizaron 120 secciones de alambre rectangular de acero inoxidable 304 austenítico (AISI 0.019" x 0.025" (Invima 2009DM-0003233/Orthorganaizer (EEUU) lote22317-4); los cuales serán segmentados en una longitud de 10 cm, con alicate cortador de alambre frío ix908 ixióon instruments/silsden/Reino unido.

Se confecciona un protocolo de trabajo.

Se conforman 3 grupos de 30 secciones de alambre asignados aleatoriamente.

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.

En cada uno de los especímenes se mide el espesor antes y después del tratamiento con un calibrador de precisión 0,001 mm (Mitutoyo/Illinois USA). Un operador calibrado realiza en el laboratorio de las instalaciones de la UAI, los 3 tratamientos de las unidades experimentales en base a una lista de cotejo previamente establecida:

Grupo B: (Fresado y lijado)

Para medir la fuerza del fresado y del pulido en todos los especímenes un operador calibrado, utilizó una balanza (BBG modelo DYL, Bogotá Colombia).

Con su mano izquierda tomando punto de apoyo 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 ± 5 gr. Con su mano derecha también apoyada por fuera del plato de la balanza, pasó una fresa (Diatech alta #850.018 ISO193514018 COLTENE USA), montada en una turbina (NSK pana-max/Japón) regulada a una presión de aire de 2.8 Barrios, de izquierda a derecha, tres veces por cada una de las 4 aristas del alambre. Registró en gramos el promedio de la fuerza por cada arista de 50 ± 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 ± 10 grs por cada arista.

Luego con su mano izquierda tomando punto de apoyo por fuera del plato de la balanza, apoyó el alambre sobre esta y se registró la fuerza ejercida en gramos. El promedio de la misma fue de 20 ± 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 ± 20 grs, a los que se restaron los gramos que fueron registrados para la mano izquierda. Lo cual resultó en una fuerza de 80 ± 20 grs por cada arista.

Grupo C: Anodizado.

Se utiliza un electrodoméstico de nombre Anodizador ortodontico (Grinendent Bogotá/Colombia) que está adaptado a un estabilizador de tensión (Pitbull/Argentina), éste se conecta 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 espécimen 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 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 electrodoméstico de nombre Anodizador ortodontico (Grinendent Bogotá/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 espécimen 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 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.

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.

Medición de la fuerza de fricción.

Un operador calibrado de la Facultad de Odontología de la UBA, mide la fricción en Newton, deslizando cada espécimen por tres tubos estándar (ranura 0.022" * 0.028") de American Orthodontic alineados por un alambre full size 0.021" * 0.025" de acero y adheridos cuidadosamente a una tabla sin dejar remanente con LOCTITE 401(® Loctite Corporation, Düsseldorf, Alemania) Quedando separados a una distancia en el mismo eje de 10 mm cada uno.

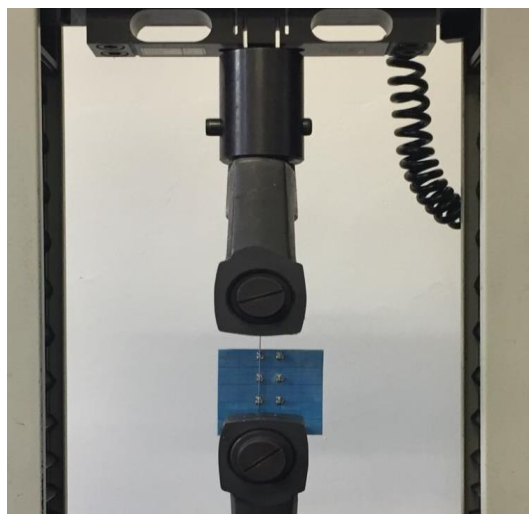


Figura 1. Alineación de los alambres montados en la prueba de tracción.

Cada tabla con tubos y alambre se monta en una máquina de ensayos universales INSTRON 1011 con una celda de carga con capacidad de $10\text{ N} \pm 0.05\text{ N}$ y una velocidad de cabezal de 5 mm/min durante 2 min .

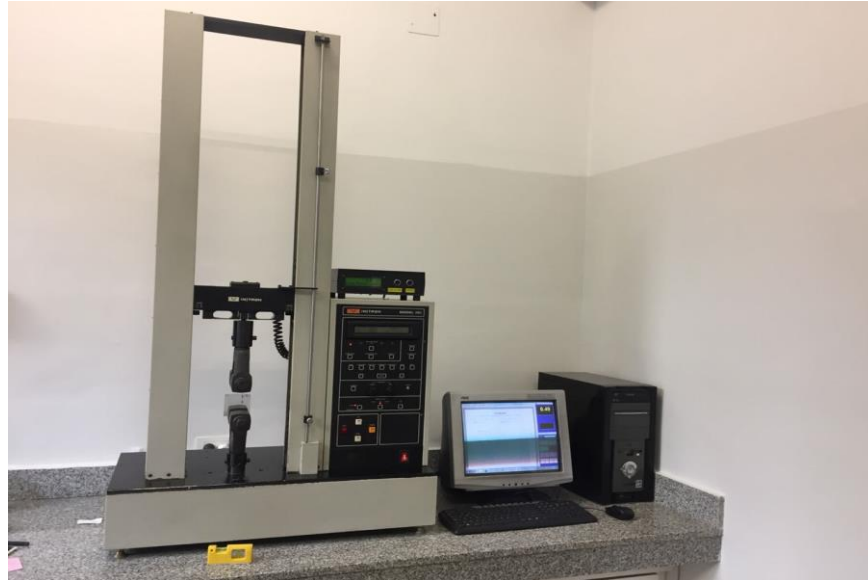


Figura 2. Montaje para pruebas de deslizamiento de los alambres

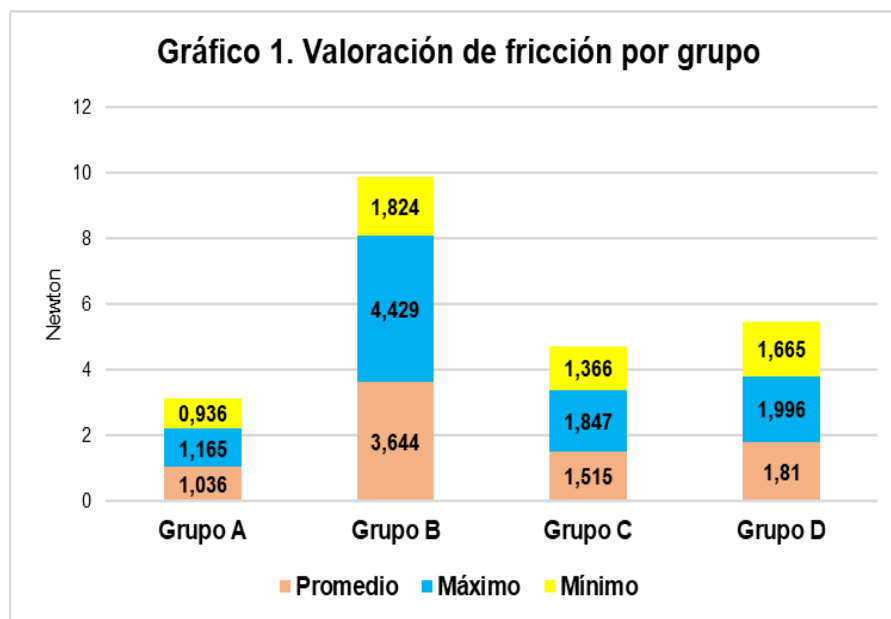
Los datos fueron procesados por medio de ANOVA, con un intervalo de confianza del 5%.

6. RESULTADOS

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

Grupo	Proceso	Promedio	Des. Est.	Máximo	Mínimo
Grupo A	Control	1,036	0,072	1,165	0,936
Grupo B	Fresado + Lija al agua	3,644	0,66	4,429	1,824
Grupo C	Anodizado	1,515	0,133	1,847	1,366
Grupo D	Anodizado + lija al agua	1,81	0,104	1,996	1,665

Tabla 1. Valoración de la fricción por grupo, expresado en Newtons.



El grupo A, hace referencia al proceso de control, en el cual, se obtuvo un valor promedio de 1,036N con una desviación estándar de $\pm 0,072$ y un rango que varía entre 1,165/0,936 N.

El grupo B incluye el proceso de fresado + lijado, donde se obtuvo un valor promedio de 3,644N con una desviación estándar de $\pm 0,660$ y un rango que varía entre 4,429/1,824 N.

Con respecto al grupo C incluye solo el proceso de anodizado, obteniendo un valor promedio de 1,515N con una desviación estándar de $\pm 0,133$ y un rango de 1,847/1,366 N.

Y en cuanto al grupo D incluye el proceso de anodizado + lijado, cuyo valor promedio fue de 1,810N y una desviación estándar de $\pm 0,104$ que varía de 1,996/1,665 N.

Con respecto a la fricción cinemática por cada grupo de alambre tratado se obtuvo que:

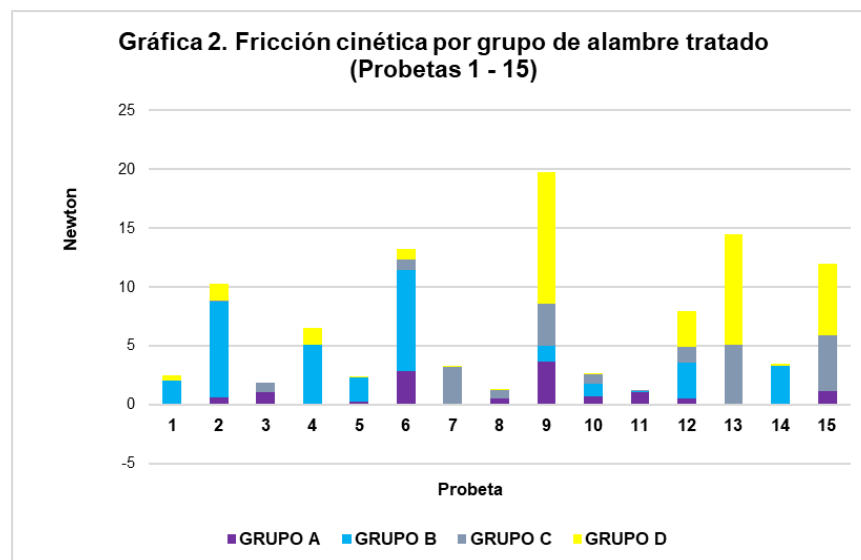
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GRUPO A	0,0 3	0,6 29	1,0 77	0,0 52	0,2 26	2,8 5	0,0 05	0,5 68	3,6 65	0,6 87	1,0 68	0, 56	0,0 18	0,0 12	1,1 37
GRUPO B	2,0 21	8,1 23	0,0 1	5,0 4	2,0 75	8,5 97	0,0 38	0,0 03	1,3 54	1,0 83	0,0 74	3 3	0,0 84	3,2 86	0,0 36
GRUPO C	- 0,0 08	0,0 84	0,7 62	0,0 17	0,0 31	0,9 09	3,1 56	0,6 73	3,5 51	0,8 24	0,0 25	1, 33	5,0 14	- 0,0 07	4,7 07
GRUPO D	0,4 18	1,4 14	- 0,0 25	1,4 35	0,0 73	0,8 57	0,0 92	0,0 51	11, 147	0,0 17	0 0	3, 09	9,3 7	0,2 11	6,1 2

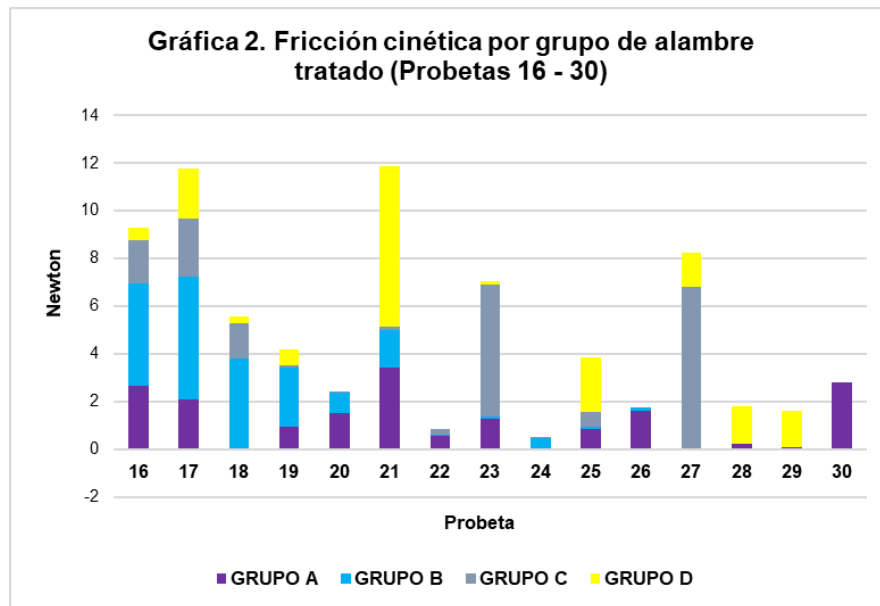
Tabla 2. Fricción cinética para cada probeta

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
GRUPO A	2,6 57	2,0 89	- 0,0 11	0,9 6	1,5 33	3,4 34	0,5 93	1,2 94	0,0 4	0,8 45	1,6 29	0, 03	0,2 18	0,1 11	2,8 31
GRUPO B	4,2 77	5,1 59	3,7 91	2,4 49	0,8 31	1,5 6	0,0 25	0,0 7	0,4 22	0,1 18	0,1 22				
GRUPO C	1,8 25	2,4 14	1,4 81	0,1 34	0,0 38	0,1 41	0,2 4	5,5 29	0,0 76	0,6 12	0 8	6, 8			
GRUPO D	0,5 14	2,0 8	0,3 08	0,6 56	- 0,0 15	6,7 24	- 0,0 07	0,1 51	- 0,0 13	2,3 03	- 0,0 68	1, 43	1,6 05	1,5 1	

Tabla 2. Fricción cinética para cada probeta (continuación)

En la tabla 2 se registran los valores para cada probeta. Sin embargo, cabe resaltar que, en el grupo B se eliminaron las probetas desde la 27 a la 30, en el grupo C las probetas desde la 28 a la 30 y en grupo D la probeta 30, debido a que se registraron valores superiores a 12N considerándose errores en la confección de las mismas.





En las gráficas 1 y 2 se puede observar que se presenta una mayor fricción en los grupos B, D y C en ese mismo orden.

En la tabla 3 se contempla el comportamiento de la fricción cinética a lo largo de la prueba en intervalos de 5 segundos:

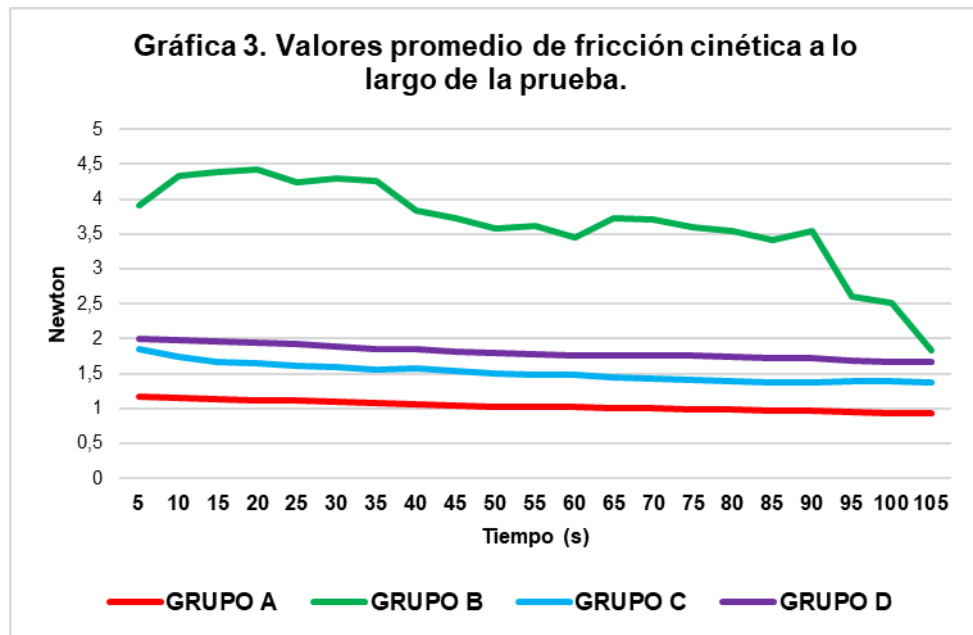
Grupo \ Tiempo (s)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
GRUPO A	1,165	1,153	1,13	1,118	1,113	1,099	1,076	1,069	1,042	1,021
GRUPO B	3,915	4,326	4,385	4,429	4,233	4,303	4,262	3,829	3,72	3,582
GRUPO C	1,847	1,734	1,66	1,655	1,614	1,585	1,563	1,58	1,545	1,494
GRUPO D	1,996	1,986	1,959	1,941	1,918	1,891	1,858	1,851	1,821	1,8

Tabla 3. Valores de fricción cinética a través del tiempo. (segundos)

Grupo \ Tiempo (s)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
GRUPO A	1,017	1,028	1,01	1	0,986	0,981	0,962	0,959	0,954	0,936	0,936
GRUPO B	3,621	3,453	3,718	3,704	3,606	3,539	3,417	3,541	2,605	2,505	1,824
GRUPO C	1,489	1,479	1,45	1,434	1,411	1,397	1,375	1,371	1,383	1,39	1,366
GRUPO D	1,772	1,751	1,756	1,758	1,751	1,737	1,719	1,723	1,694	1,665	1,668

Tabla 3. Valores de fricción cinética a través del tiempo. (segundos)

(continuación)



En todos los grupos los valores disminuyen a medida que transcurre el tiempo. Sin embargo, el grupo B 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.

7. DISCUSIÓN

Los datos arrojados en la prueba permiten establecer que el grupo B correspondiente a fresado + lijado es el que presenta mayor fricción cinética debido a la manipulación del alambre en el momento en que se eliminan las aristas del arco, notando irregularidades en la superficie de arco y por ende mayor fricción y mayor tiempo de deslizamiento por los tubos.

Demostrando además que el grupo A o de control presenta los valores más bajos de fricción. De este modo puede establecerse que los niveles de fuerza tienen que estar equilibrados con la dimensión del arco y con su rigidez. Si no están equilibrados se puede producir una deflexión del arco que produce un aumento de la fricción, así como lo demuestran investigaciones recientes realizadas en Japón, han medido la deflexión de los alambres rectangulares en respuesta a las fuerzas empleadas en el cierre de espacio. Se comprobó que un alambre de acero 0,016" x 0,022" produce una deflexión un 47% mayor que un arco de acero 0,019" x 0,025" como los que se utilizaron en el desarrollo de la presente investigación. (15)

Sumado a ello, se considera que una buena alineación de las ranuras de los brackets es decisiva para una mecánica de deslizamiento eficaz, pues de otro modo la torsión residual y las discrepancias rotacionales o verticales producen resistencia de fricción. El método normal es utilizar alambre redondo de acero 0,018"

por lo menos, durante un mes antes de la colocación del alambre de acero 0,019" x 0,025", así mismo, el obstáculo de la fricción se puede minimizar con la utilización de los nuevos brackets autoligantes. Las ligaduras metálicas son mejores que las elastoméricas, produciendo 30- 50% de las fuerzas de fricción de las producidas por las elastoméricas, pero las fuerzas asimismo alcanzan un nivel relativamente indeseado en relación a las ideales para un movimiento dentario (15).

Los resultados evidenciaron que el grupo C, correspondiente a anodizado, cuenta con mayor superficie de arco con menores tiempos y menor valor de fricción cinética ofreciendo superficies más tersas, lisas y regulares. Tal como se demostró en la investigación de Lazo, donde se estableció que existen diferencias significativas en el desgaste realizado con un método electrolítico en los distintos tiempos de aplicación,

logrando una superficie más lisa y uniformemente desgastada al compararla con el desgaste manual con discos abrasivos (16).

Así mismo, para arcos de calibre 0.022"x0.028" se recomienda realizar desgaste electrolítico de 150 segundos, para alcanzar un calibre promedio de 0,0187x0,0242 pulgadas para realizar cierre de espacio por deslizamiento o en masa. Para arcos de calibre acero 0.021x0.025 se recomienda realizar desgaste electrolítico de 120 segundos, para alcanzar una medida promedio de 0,0193x0,0227 pulgadas para realizar cierre de espacio por deslizamiento o en masa. Y para arcos de calibre acero 0.019x0.025 como los que se usaron en esta investigación, se recomienda realizar desgaste electrolítico de 90 segundos, para alcanzar una medida promedio de 0,0182x0,0237 pulgadas, en el caso de querer hacer cierre de espacios mediante deslizamiento. No estaría indicado para realizar cierres en masa, debido a los movimientos dentarios no deseados que podrían surgir (16).

El resultado final de los procedimientos para cerrar espacios debe ser dientes bien alineados, verticalizados, con raíces paralelas. Esto implica que el desplazamiento dentario casi siempre requiere cierto grado de traslación dental en masa o incluso desplazamiento radicular, puesto que el cierre de los espacios no es un objetivo en sí mismo, sino el medio por el cual se alcanzan los objetivos fundamentales de la segunda fase. Por ello, las fuerzas más intensas que las recomendadas pueden provocar inclinaciones, aumentar la fricción y, por tanto, evitar el cierre de espacios. La fuerza inadecuada puede ser entonces la causa de un cierre de espacios lento o inexistente.

8. CONCLUSIONES

Los resultados permitieron concluir que el grupo B correspondiente a fresado + lijado es el que presenta mayor fricción cinética debido a la manipulación del alambre en el momento en que se eliminan las aristas del arco, notando irregularidades en la superficie de arco y por ende mayor fricción.

El grupo C, correspondiente a anodizado, cuenta con menor superficie de arco y por lo tanto menor valor de fricción cinética ofreciendo además superficies más lisas y regulares.

El grupo D con el proceso de anodizado más lijado presentó mayor fricción que el grupo C. Se dedujo que la lija deja la superficie del arco irregular, y por ende no minimiza tiempo de deslizamiento como lo hace el solo proceso de anodizado, sino que por el contrario lo aumenta.

Es importante adecuar la técnica al paciente, contar con la mayor cantidad de conocimientos posibles sobre las ventajas y desventajas de las distintas técnicas para poder elegir lo mejor en cada caso y en ocasiones poder sustituir un recurso por otro si no se cuenta con éste en el consultorio en el momento deseado.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Rendón Arias, L.; G. Cano Correa; A. Peláez Vargas; P. Jaramillo Vallejo; C. García García; Y. Montoya Gómez. “Evaluación in vitro de la resistencia friccional entre brackets cerámicos y arcos de acero inoxidable con y sin recubrimiento vítreo aplicado por el método sol-gel”. Revista facultad de odontología universidad de Antioquia - VOL. 20 N.º 1. segundo semestre, 2008
2. Halliday D, Resnick R y Krane. Física. Ed. Continental. Cuarta edición. Vol. 2. México. 1999
3. 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
4. Russel Hibbeler, C. “Mecánica vectorial para ingenieros”. Estática. Décima edición. isbn 970-26-0501-6. pag 379. 2004
5. Valencia, J.; A. Rez; Y. Montoya Gómez; A. Peláez Vargas; P. Jaramillo Vallejo; C. García. “Evaluación de la fricción en arcos ortodóncicos de acero inoxidable con y sin recubrimiento aplicado por el método sol-gel”. revista facultad de odontología universidad de antioquia - vol. 20 N.º 2 - primer semestre. 2009.pag 161.
6. Uribe, G. Ortodoncia teoría clínica. Segunda edición. 2010. p. 384
7. S. Tecco; S. Tete` b; F. Festab. “Friction between Archwires of Different Sizes, Cross-Section and Alloy and Brackets Ligated with Low-Friction or Conventional Ligatures”. Angle Orthod.2009;79:111–116.
8. Gandini P, Orsi L, Bertocini C, Massironi S, Franchi L. In vitro frictional forces generated by three different ligation methods. Angle Orthod 2008; 78(5): 917-921.

9. Dominguez, M., Yeste, Fm. Sistemas autoligables de mínima fricción: ¿la fricción imperfecta? O: 6-8. SES. 21 p. Madrid
10. Baccetti T, Franchi L, Camporesi M, Defraia E, Barbato E. Forces produced by different nonconventional bracket or ligature systems during alignment of apically displaced teeth. *Angle Orthod* 2009; 79(3): 533-539
11. Wales, M.W., y Rossow, E.C. 1983. Coupled Moment-Axial Force Behavior in Bolted Joints. *Journal of Structural Engineering*, 109(5), 1250–66.
12. Whitley JQ, Kusy RP. Influence of interbracket distances on the resistance to sliding of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132(3): 360-372.
13. Burrow, J. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. *American Association of Orthodontists*. Abril. Volume 135, Issue 4, Pages 442–447. 2009. NC
14. 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.
15. Marcipar, C. A., Cierre de Espacios. *Sociedad Argentina de Ortodoncia SAO*. Argentina, 2005. P 27-30.
16. Lazo, J. Efectos del tratamiento de superficie por método electrolítico sobre arcos de acero en ortodoncia. *Universidad Finnis Terrae*. Santiago de Chile. 2016.