



Universidad Autónoma de Querétaro

“COMPARACIÓN IN VITRO DE LA FRICCIÓN DE LOS ALAMBRES DE ACERO INOXIDABLE 0.019 X 0.025 DE LAS MARCAS 3M, TD Y GAC EN BRACKETS ROTH SYNTHESIS”

Tesis

Que como parte de los requisitos
para obtener el Diploma de

ESPECIALIDAD EN ORTODONCIA

Presenta:

M.E. Eduardo Mojica Lagunes

Dirigido por:

C.D.E.O. Verónica Reyes Reséndiz

Querétaro, Qro. a 8 de diciembre de 2023

M.E. EDUARDO MOJICA LAGUNES

COMPARACIÓN IN VITRO DE LA FRICCIÓN DE LOS ALAMBRES DE ACERO
INOXIDABLE 0.019 X 0.025 DE LAS MARCAS 3M, TD Y GAC EN BRACKETS ROTH
SYNTHESIS

2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Comparación in vitro de la fricción de los alambres de
acero inoxidable 0.019 x 0.025 de las marcas 3M,TD y
GAC en Brackets Roth Synthesis

por

Eduardo Mojica Lagunes

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: MEESC-309407



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Medicina
Especialidad en Ortodoncia



COMPARACIÓN IN VITRO DE LA FRICCIÓN DE LOS ALAMBRES DE ACERO
INOXIDABLE 0.019 X 0.025 DE LAS MARCAS 3M, TD Y GAC EN BRACKETS
ROTH SYNTHESIS

Tesis

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

Presenta:

M.E. Eduardo Mojica Lagunes

Dirigido por:

C.D.E.O. Verónica Reyes Resendiz

C.D.E.O. Verónica Reyes
Reséndiz
Presidente

D. en C. Aide Terán Alcocer
Secretario

C.D.E.O Rosa María Vargas Zepeda
Vocal

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

C.D.E.O. Omar Editson Amador Reséndiz
Suplente

Centro Universitario,
Querétaro, Qro.08
Diciembre 2023
México

Resumen

Introducción La variación en el movimiento dentario también está asociada con la aplicación de diversas mecanoterapias para lograr el mismo objetivo, como la mecánica de deslizamiento, los métodos segmentarios y los arcos continuos. Los brackets, arcos y ligaduras contribuyen a la fricción dentro del aparato de ortodoncia. Cuando se llega a superar la fricción en ambas superficies hace necesario un diseño específico del bracket y el arco ya que el roce de sus partes se opone al movimiento dental deseado. La rugosidad de la superficie de los arcos de ortodoncia es un factor esencial que determina la efectividad del movimiento dental guiado por el arco, así como la rugosidad de la superficie no solo afecta la efectividad de la mecánica de deslizamiento, sino también el comportamiento frente a la corrosión y la estética de los componentes de ortodoncia que serán claves en el tratamiento ortodóntico. **Objetivo:** Determinar cuál alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025, 3M, TD o GAC presenta menor fricción en el Bracket Roth Synthesis

Material y métodos: El estudio es experimental *in vitro*, El universo estuvo constituido por alambres de acero inoxidable de medidas 0.019 x 0.025 de acero inoxidable de 3 marcas distintas, 3M, TD y GAC. El tamaño de la muestra fue de 36 alambres de acero inoxidable divididos en 4 grupos de 9. El 1er grupo de la marca 3M, el segundo grupo de la marca TD, el tercer grupo de la marca GAC y el último Ah Kim Pech (grupo control). Se utilizó un dinamómetro que registro la fuerza necesaria para el desplazamiento del alambre en el bracket Roth Synthesis. El análisis estadístico utilizado fue la prueba de ANOVA Post hoc de Tukey

Resultados: Hubo diferencia estadísticamente significativa de la fuerza necesaria para el desplazamiento del alambre entre los distintos alambres en el bracket Roth Synthesis

Conclusiones: Hay una mayor o menor fricción dependiendo del alambre utilizado, así como de la necesidad de una mayor aplicación de fuerza al final del recorrido del alambre.

(**Palabras clave:** fricción, bracket, Synthesis, arco, acero).

Summary

Introduction The variation in tooth movement is also associated with the application of various mechanotherapies to achieve the same goal, such as sliding mechanics, segmental methods and continuous archwires. Brackets, archwires and ligatures contribute to friction within the orthodontic appliance. When friction is exceeded on both surfaces, a specific design of the bracket and archwire is necessary because the friction of their parts opposes the desired tooth movement. The surface roughness of the orthodontic archwires is an essential factor that determines the effectiveness of the dental movement guided by the archwire, as the surface roughness not only affects the effectiveness of the sliding mechanics, but also the behavior against corrosion and the esthetics of the orthodontic components that will be key in the orthodontic treatment

Objective: To determine which stainless-steel wire 0.019 x 0.025, 3M, TD or GAC presents less friction in the Roth Synthesis Bracket

Materials and methods: The study is experimental in vitro. The universe was constituted by stainless steel wires of measures 0.019 x 0.025 of stainless steel of 3 different brands, 3M, TD and GAC. The sample size was 36 stainless steel wires divided into 4 groups of 9. The first group of the 3M brand, the second group of the TD brand, the third group of the GAC brand and the last Ah Kim Pech (control group). A dynamometer was used to record the force required for wire displacement in the Roth Synthesis bracket. The statistical analysis used was Tukey's post hoc ANOVA test

Results: There was a statistically significant difference in the force required for wire displacement between the different wires in the Roth Synthesis bracket

Conclusions: There is a greater or lesser friction depending on the wire used, as well as the need for a greater application of force at the end of the wire displacement.

(**Key words:** friction, bracket, Synthesis, archwire, steel)

Dedicatorias

Para mi Hermano, Papá y Mamá gracias por el amor, la confianza, el apoyo en mi formación como persona y estudiante, los amo.

Agradecimientos

A la Dra. Vero Reyes por ser una referencia para mí como profesional y persona, por mostrarse siempre con una disposición a ayudar, escuchar y estar pendiente de mi progreso como estudiante, así como de la realización de esta tesis.

Dr. Rubén Domínguez gracias por su tiempo, paciencia y disposición.

Gracias a todos mis maestros, por su calidad humana y su disposición por enseñar que estarán presentes en mi memoria para siempre haciendo de esta especialidad un camino agradable que sin su guía habría sido un camino imposible.

A todo el personal que fue importante para conseguir este logro, farmacia (Martita), Abraham y todos aquellos que aportaron su ayuda.

Índice

Contenido	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vii
Abreviaturas y siglas	viii
I. Introducción	1
II. Antecedentes/estado del arte	4
II.1 La fricción en el conjunto bracket-arco.	4
III. Fundamentación teórica	6
III.1 Fricción	6
IV. Hipótesis o supuestos	8
V. Objetivos	8
V.1 General	8
V.2 Específicos	8
VI. Material y métodos	9
VI.1 Tipo de investigación	9
VI.2 Población o unidad de análisis	9
VI.3 Muestra y tipo de muestra	9
VI.3.1 Criterios de selección	9
VI.3.2 Variables estudiadas	10
VI. 4 Técnicas e instrumentos	13
VI. 5 Procedimientos	13
VI.5.1 Análisis estadístico	16
VII. Resultados	17
VIII. Discusión	19
IX. Conclusiones	22

X. Propuestas	23
XI. Bibliografía	24
XII. Anexos	27

Índice de cuadros

Cuadro		Página
VII.1	Comparación de los valores de fuerza iniciales(N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis	16
VII.2	Comparación de los valores de fuerza iniciales(N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis	16
VII.3	Comparación de los valores de fuerza finales (N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis	17
VII.4	Comparación de los valores de fuerza finales (N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis	17

Abreviaturas y siglas

AKM: Ah Kim Pech

N: Newtons

I. INTRODUCCIÓN

Los componentes del tratamiento de una ortodoncia integral consisten en: alineación preliminar, control de sobremordida, cierre de espacios, paralelismo radicular y el acabado, todos ellos están basados en una serie de procesos biomecánicos, Ya que gracias a esta comprensión de los principios biomecánicos básicos que intervienen en los movimientos dentales hace que los resultados del tratamiento de ortodoncia sean más predecibles y consistentes (Lindauer, 2001).

La variación en el movimiento dentario también está asociada con la aplicación de diversas mecanoterapias para lograr el mismo objetivo, como la mecánica de deslizamiento, los métodos segmentarios y los arcos continuos. El mayor vacío está en explorar la posibilidad de utilizar cualquiera de estos abordajes preferentemente en diferentes pacientes o maloclusiones (Ghafari et al., 2020).

La llamada mecánica de deslizamiento es un enfoque común utilizado en el cierre de sitios de extracción y en la "distalización" de los dientes para obtener una mayor longitud del arco. En consecuencia, se produce un movimiento relativo entre el bracket y el arco de alambre con la correspondiente resistencia friccional en sus interfaces (Drescher et al., 1989); Dicho esto, la velocidad de deslizamiento (SV) debe considerarse como una variable importante. El movimiento dentario ortodóncico generalmente ocurre a una velocidad de entre 1,0 mm/mes ($4,0 \times 10^{-7}$ mm/s) (Tidy, 1989)

La resistencia al deslizamiento puede dividirse en 2 componentes: (1) fricción, estática o cinética, debido al contacto del alambre con las superficies del bracket; (2) unión, creada cuando el diente se inclina o el alambre se flexiona para que haya contacto entre el alambre y las esquinas del soporte (cuando se aplica una fuerza a un soporte para mover un diente, el diente se inclina en la dirección de la fuerza hasta que el alambre entra en contacto con las esquinas del soporte y se une) (R. Kusy & Whitley, 1999)

Cuando se llega a superar la fricción en ambas superficies hace necesario un diseño específico del bracket y el arco ya que el roce de sus partes se opone al movimiento dental deseado. (Doshi & Bhad-Patil, 2011).

Se presentan diferentes fricciones: la cinética, que usualmente es inferior a la fricción estática va en sentido opuesto al movimiento del objeto y por otro lado la fricción estática que va en contra de cualquier fuerza implementada. Su magnitud es la necesaria para impedir su movimiento entre ambas superficies, hasta el punto en que se supera y comienza el movimiento. Para fines prácticos la fricción estática es la presente y la relevante en el movimiento dental. La biomecánica consiste en el enderezamiento del diente y su remodelado óseo en la periferia radicular una vez aplicadas las fuerzas que permitan el deslizamiento (Burrow, 2009).

Los brackets, arcos, ligaduras y elásticos inter/intraarco contribuyen a la fricción dentro del aparato de ortodoncia. Las conclusiones de otros autores sugieren que las fuerzas de fricción generalmente aumentan con lo siguiente: aumento en el tamaño del alambre, uso de alambre rectangular en lugar de redondo, aumento de la angulación del bracket (Andreasen & Quevedo, 1970; Frank & Nikolai, 1980; Peterson et al., 1982).

Por lo tanto, la rugosidad de la superficie de los arcos de ortodoncia es un factor esencial que determina la efectividad del movimiento dental guiado por el arco. Como la rugosidad de la superficie no solo afecta la efectividad de la mecánica de deslizamiento, sino también el comportamiento frente a la corrosión y la estética de los componentes de ortodoncia, los fabricantes de alambres de ortodoncia deben esforzarse por mejorar la calidad de la superficie de sus productos (Bourauel et al., 1998).

Justificación

La elección correcta del alambre representa uno de los aspectos fundamentales para corregir maloclusiones, por lo tanto, el definir qué alambre de acero inoxidable de las distintas marcas comerciales disponibles presenta una menor fricción en el Bracket haciendo más eficiente los movimientos dentales, dará como resultado mejorías en cuanto a la reducción en: tiempo de tratamiento, dolor, número de citas, tiempo en sillón y costos para el beneficio del paciente.

II. ANTECEDENTES

II.1 La fricción en el conjunto bracket-arco.

Un aspecto fundamental es la biomecánica friccional estática, será efectiva en ranuras 0.022 x 0.028, usando alambres continuos de acero inoxidable 0.019 x 0.025 (Ribeiro et al., 2012). Por otra parte, menciona que todas las superficies son más o menos irregulares, y la explicación física de la fricción está determinada por las asperezas (Jastrebski, 1959).

En la mecánica de deslizamiento se aborda la importancia de la aplicación de fuerza necesaria para superar la resistencia friccional entre la estructura y el soporte del alambre y permitir así los movimientos dentales deseados. (Kapur et al., 1999).

El orden de los coeficientes de fricción estática y cinética de los arcos de alambre contra las ranuras de los brackets dependerá en gran medida de la aleación de sus partes (R. P. Kusy & Whitley, 1990).

La eficiencia se refiere a la fracción de fuerza entregada con respecto a la fuerza aplicada. A medida que aumenta la eficiencia, la fuerza de fricción disminuye y, en consecuencia, la cantidad de fuerza neta que se aplica a los dientes se parece más a la fuerza efectiva final (R. P. Kusy & Whitley, 1997).

También mencionan que se encuentra fricción cada vez que el arco se desliza a través del bracket. De este modo, se pierde una parte de la fuerza aplicada, que oscila entre el 12 % y el 60 %, lo que da como resultado una disminución del movimiento dentario. En consecuencia, es necesario aplicar más fuerza para lograr el resultado deseado. Esto provoca dolor excesivo, pérdida de anclaje y reabsorción radicular (R. Kusy & Whitley, 1999)

La rugosidad de la superficie de los arcos de ortodoncia es un factor esencial que determina la efectividad del movimiento dental guiado por el arco. Como la rugosidad de la superficie no solo afecta la efectividad de la mecánica de deslizamiento, sino también el comportamiento frente a la corrosión y la estética de

los componentes de ortodoncia, los fabricantes de alambres de ortodoncia deben esforzarse por mejorar la calidad de la superficie de sus productos (Bourauel et al., 1998)

Observaron que la velocidad en el movimiento dental depende de distintos factores, que incluyen la calidad de la superficie de los arcos (Mohlin et al., 1991). La estructura de la superficie depende de: complejos procesos de manufactura, los tratamientos de acabado de las superficies y de la aleación utilizada darán como resultado un mejor comportamiento (Verstryngge et al., 2006). Los fabricantes de los alambres dentales generalmente no comparten la composición exacta y el proceso de manufactura (Bourauel et al., 1998).

En otro estudio utilizaron la perfilometría para observar la diferencia de la dureza en la superficie en grupos de alambres de acero de las marcas American Orthodontics, OrthoTechnology y All Star Orthodontics en slots 0.016 x 0.022 in vitro donde reportaron diferencias significativas en las superficies de alambres de las distintas casas comerciales en alambres de acero llegando a la conclusión de que los fabricantes deben poner especial atención en reducir la dureza de la superficie en sus productos con el fin de mejorar la seguridad y la calidad del tratamiento ortodóntico (Amini et al., 2012).

Realizaron un estudio donde observaron las características morfológicas de alambres de acero de las marcas 3M Unitek, Monrovia, California y USA in vivo utilizando escaneo microscópico electrónico y registraron superficies no homogéneas y con patrones muy distintos entre sí, desde porosidades hasta estrías en distintas cantidades previo a la colocación y posterior a la colocación de la aparatología en boca (Daems et al., 2009).

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

III.1 Fricción

La fricción es la fuerza resistiva entre superficies que se opone al movimiento. La fricción es considerada el estudio de la tribología, que es una "clase de problemas relacionados con la fricción, la lubricación y el desgaste" (Blau, 1990).

No es una fuerza fundamental, porque se deriva de fuerzas electromagnéticas entre átomos. Todas las superficies son más o menos irregulares, y la explicación física de la fricción es en términos del área real de contacto, que está determinada por las asperezas (Jastrebski, 1959)

La fricción esta categorizada en: estática y cinética, esta nos dice que se debe exceder la fricción estática para iniciar el desplazamiento del diente y posteriormente, cuando ya se desplazó el diente, se ocasiona la fricción cinética y el alambre es dirigido en el sentido de la fuerza aplicada (Normando et al., 2013).

En las leyes de la fricción se menciona que la fuerza friccional será equivalente a la carga que se le aplica por una constante llamada el coeficiente de fricción y este a su vez será dependiente de la rugosidad del material utilizado (Kapila et al., 1990). El orden de los coeficientes de fricción estática y cinética de los arcos de alambre contra las ranuras de los brackets dependerá en gran medida de la aleación de sus partes (R. P. Kusy & Whitley, 1990).

En conceptos de ingeniería mecánica, sería la resistencia al movimiento entre la materia como resultado de las fuerzas resistivas de fricción debidas a aumentos en la adhesión molecular, la rugosidad de la superficie o el efecto de arado en el material más blando (es decir, el arco de alambre). Siendo de vital importancia el entender que no hay efecto vinculante en ortodoncia sin fricción (Katz, 2009). La eficiencia del movimiento se refiere a la fracción de fuerza entregada con respecto a la fuerza aplicada. A medida que aumenta la eficiencia, la fuerza de fricción disminuye y, en consecuencia, la cantidad de fuerza neta que se aplica a los dientes se parece más a la fuerza efectiva final (R. P. Kusy & Whitley, 1997).

La fuerza friccional dependerá de la fuerza aplicada en las superficies si estas son rugosas o lisas, químicamente pasivas o bien si tienen lubricantes. Siendo relevante el hecho de la fricción es independiente de la aparente superficie ya que sea cual sea su textura, existen irregularidades a nivel molecular y el contacto real existe en una pequeña cantidad de asperezas que reciben todas las cargas que pueden llegar a modificar la estructura en esas zonas de carga (Proffit et al., 2008).

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis de trabajo

El alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 de 3M presenta menor fricción comparado con el de TD y GAC en el bracket Roth Synthesis.

Hipótesis nula

El alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 de 3M presenta una mayor fricción comparado con el de TD y GAC en el bracket Roth Synthesis.

V. OBJETIVOS

V.1 OBJETIVO GENERAL: Determinar cuál alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025, 3M, TD o GAC presenta menor fricción en el Bracket Roth Synthesis.

V.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir la fricción que presentan el alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 3M en los Brackets Roth Synthesis
- Medir la fricción que presentan el alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 TD en los Brackets Roth Synthesis
- Medir la fricción que presentan el alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 GAC en los Brackets Roth Synthesis
- Comparar la fricción que presentan los alambres de acero inoxidable 0.019 x 0.025 3M, TD y GAC en los Brackets Roth Synthesis

VI. MATERIALES Y METODOS

VI.1 Tipo de investigación:

Experimental *In Vitro*

VI.2 Población o unidad de análisis

El universo estuvo constituido por alambres de acero inoxidable de medidas 0.019 x 0.025 de acero inoxidable de 3 marcas distintas, 3M, TD y GAC.

VI.3 Muestra y tipo de muestra

El tamaño de la muestra fue de 27 alambres de acero inoxidable divididos en 3 grupos de 9. El 1er grupo de la marca 3M, el segundo grupo de la marca TD, y el último grupo de la marca GAC

VI.3.1 Criterios de selección

- Brackets Roth Synthesis nuevos que presenten estructura intacta
- Alambres de acero inoxidable 0.019 x 0.025 de las marcas comerciales 3M, TD y GAC nuevos que presenten una estructura intacta.

VI.3.2 Variables estudiadas

DEPENDIENTE

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Fricción entre alambre y bracket	La fricción es la fuerza resistiva entre superficies que se opone al movimiento entre bracket y alambre.	Por medio de un dinamómetro digital que deslizará alambres de diferentes marcas comerciales a través del slot de los Brackets Roth Synthesis y a su vez registrar los valores de fuerza que se requerirá para realizar dicha tarea. Los resultados se registrarán en tablas en Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico.	Cuantitativa	Continua	Newtons

INDEPENDIENTE

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Unidad de medida
Alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 3M	Es una aleación de hierro con un mínimo de 10,5% de cromo con una película adherente de óxido de cromo con dimensiones de 0.019 x 0.025 de la casa comercial 3M	La obtención del alambre de acero de la casa comercial 3M comienza con el alambre que es sometido a un proceso de limpieza para eliminar impurezas, posteriormente es sometido a un proceso de trefilación que modifica las propiedades mecánicas del alambre, por último, para prevenir su oxidación se realiza el proceso del cobrizado.	Cualitativa	Nominal	----- -
Alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 de TD	Es una aleación de hierro con un mínimo de 10,5% de cromo con una película adherente de óxido de	La obtención del alambre de acero de la casa comercial TD comienza con el alambre que es sometido a un proceso de	Cualitativa	Nominal	-----

	<p>cromo con dimensiones de 0.019 x 0.025 de la casa comercial TD</p>	<p>limpieza para eliminar impurezas, posteriormente es sometido a un proceso de trefilación que modifica las propiedades mecánicas del alambre, por último, para prevenir su oxidación se realiza el proceso del cobrizado.</p>			
<p>Alambre de acero inoxidable 0.019 x 0.025 de GAC</p>	<p>Es una aleación de hierro con un mínimo de 10,5% de cromo con una película adherente de óxido de cromo con dimensiones de 0.019 x 0.025 de la casa comercial GAC</p>	<p>La obtención del alambre de acero de la casa comercial GAC comienza con el alambre que es sometido a un proceso de limpieza para eliminar impurezas, posteriormente es sometido a un proceso de trefilación que modifica las propiedades mecánicas del alambre, por último, para prevenir su oxidación se</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<p>----- -</p>

		realiza el proceso del cobrizado.			
--	--	-----------------------------------	--	--	--

VI.4 Técnicas e instrumentos

Se midió la fuerza necesaria para lograr el desplazamiento del alambre 0.019 x 0.025 de las marcas 3M, TD y GAC en los Brackets Roth Synthesis nuevos, por medio de un dinamómetro digital registrando los valores.

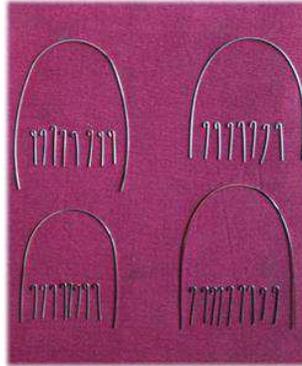
Los resultados se registraron en tablas en Excel para posteriormente realizar el análisis estadístico por medio de prueba de ANOVA

VI.5 Procedimientos

Obtención de las muestras

- a) Se observó que la superficie de cada bracket (36 totales) presentarán una estructura intacta en su estructura usando un portabackets para sostener los Brackets Roth Synthesis.
- b) Se observó que todos los alambres de acero 0.019 x 0.025 de acero de las marcas comerciales 3M, TD, GAC y Ah Kim Pech (grupo control) no presentarán ninguna deformidad en su estructura.
- c) Se obtuvieron 9 segmentos de 12 mm de largo de alambre por cada marca comercial (total de 36 segmentos) y se le realizó un doblé en

un extremo en forma de gancho a cada uno de los segmentos (Fig.1)



(Fig.1)

Montura de las muestras

- d) Para la montura de las muestras se realizaron bloques de acrílico marca NicTone de diferentes colores para poder diferenciarlos: naranja-GAC, azul-3M, verde-TD y rosa AKP (Fig.2)



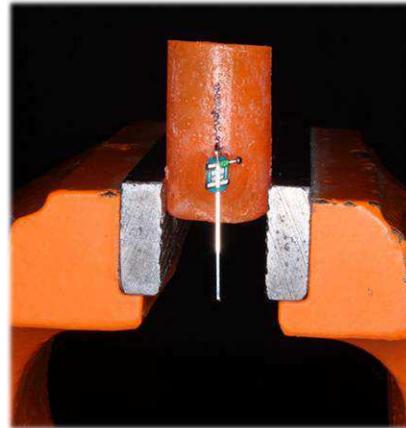
(Fig.2)

- e) Se traza con un marcador en el acrílico una línea de 10 mm de largo que marcara el inicio y final del recorrido del alambre.
- f) Se cemento cada bracket utilizando una gota de cianocrilato de la marca kola loka en la malla del bracket y llevándolo a la superficie de la base de acrílico usando un portabackets y se espero a que secura el cianocrilato.

- g) Se reforzó la adhesión del bracket usandoacrílico alrededor de la base del bracket usando una cucharilla de dentina (ya que en algunas pruebas lle go a desprenderse el bracket de su base deacrílico al solo colocar kola loka).
- h) Se probó que el alambre entrara pasivo en el slot del bracket y que no tuviera ningún tipo de inclinación, colocando el gancho del alambre en dirección de la línea marcada.
- i) Se le coloco un módulo de la marca Borgatta para formar el conjunto bracket-arco (Fig.3)
- j) Se utilizó una prensa mecánica para sujetar la base delacrílico (Fig.4)



(Fig.3)



(Fig.4)

Pruebas de fricción

- k) Se uso un alambre de acero 0.016 al que se le hizo una serie de dobleces para poder traccionar el gancho del alambre y el arnés del dinamómetro (Dinamómetro digital de la marca Zintech.) (Fig.5)



(Fig.5)

- l) Se realizó la tracción del dinamómetro cuidando que la dirección fuera tan paralela y vertical a la base de acrílico guiándonos por la marca trazada en el acrílico
- m) Se observo y registro la fuerza en gramos necesaria para iniciar el desplazamiento manteniéndose la misma fuerza en gran parte del recorrido y se observó que la fuerza necesaria para finalizar el recorrido es mayor que la inicial datos que también se registraron.
- n) Se hizo la conversión de gramos a Newtons (N).
- o) Los datos se registraron en una tabla de Excel

VI.5.1 Análisis estadístico

El análisis estadístico que se realizó para la obtención de datos fue la prueba de ANOVA para las variables cuantitativas para muestras no pareadas de distribución normal. Las pruebas estadísticas fueron realizadas utilizando el programa GraphPad. Se consideró $P < 0.05$ como estadísticamente significativo

VII. Resultados

Cuadro 1. Comparación de los valores de fuerza iniciales(N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis

Grupo	TD (n=9)	3M (n=9)	GAC (n=9)	Ah Kim Pech grupo control (n=9)	Valor de p
X ± DE (Rango)					
Fuerza (N)	0.56± 0.02 (0.53-0.58)	0.75 ± 0.03 (0.68-0.78)	0.70 ± 0.02 (0.68-0.74)	0.64 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001

N: Newtons; X: Promedio; DE: Desviación estándar.

*Prueba de ANOVA.

Cuadro 2. Comparación de los valores de fuerza iniciales(N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis

Grupo 1	Grupo 2	Valor de P
TD 0.56± 0.02 (0.53-0.58)	3M 0.75 ± 0.03 (0.68-0.78)	<0.0001
TD 0.56± 0.02 (0.53-0.58)	GAC 0.70 ± 0.02 (0.68-0.74)	<0.0001
TD 0.56± 0.02 (0.53-0.58)	Ah Kim Pech 0.64 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001
3M 0.75 ± 0.03 (0.68-0.78)	GAC 0.70 ± 0.02 (0.68-0.74)	0.0009
3M 0.75 ± 0.03 (0.68-0.78)	Ah Kim Pech 0.64 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001
GAC 0.70 ± 0.02 (0.68-0.74)	Ah Kim Pech 0.64 ± 0.01 (0.63-0.68)	0.0002

*Prueba de Tukey

Cuadro 3. Comparación de los valores de fuerza finales (N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis

Grupo	TD (n=9)	3M (n=9)	GAC (n=9)	Ah Kim Pech grupo control (n=9)	Valor de p
X ± DE (Rango)					
Fuerza (N)	0.58± 0.02 (0.53-0.60)	0.78 ± 0.01 (0.73-0.80)	0.72 ± 0.01 (0.68-0.74)	0.67 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001

N: Newtons; X: Promedio; DE: Desviación estándar.

*Prueba de ANOVA.

Cuadro 4. Comparación de los valores de fuerza finales (N) necesarias para el desplazamiento de los arcos en el bracket Roth Synthesis

Grupo 1	Grupo 2	Valor de P
TD 0.58± 0.02 (0.53-0.60)	3M 0.78 ± 0.01 (0.73-0.80)	<0.0001
TD 0.58± 0.02 (0.53-0.60)	GAC 0.72 ± 0.01 (0.68-0.74)	<0.0001
TD 0.58± 0.02 (0.53-0.60)	Ah Kim Pech 0.67 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001
3M 0.78 ± 0.01 (0.73-0.80)	GAC 0.72 ± 0.01 (0.68-0.74)	0.0009
3M 0.78 ± 0.01 (0.73-0.80)	Ah Kim Pech 0.67 ± 0.01 (0.63-0.68)	<0.0001
GAC 0.72 ± 0.01 (0.68-0.74)	Ah Kim Pech 0.67 ± 0.01 (0.63-0.68)	0.0002

*Prueba de Tukey

VIII. Discusión

En la literatura se pueden encontrar diferentes investigaciones sobre las variaciones en las estructuras que presentan los alambres de acero de distintas casas comerciales y como esto repercute en la efectividad de los movimientos dentales teniendo como fin el obtener el mejor alambre posible para lograr dichas mecánicas que son comunes en la práctica ortodóntica.

Gracias a los resultados obtenidos podemos decir que se rechaza nuestra hipótesis de trabajo, ya que el alambre 3M fue el que presentó mayor fricción al deslizamiento en comparación con las otras casas comerciales.

En esta investigación y en otras similares, hace evidente que los procesos de manufactura de cada casa comercial varían entre sí debido a diferencias en los procesos de manufactura y acabado y que tendrán una repercusión directa en los tratamientos ortodónticos.

Como lo reportado por Bourauel y colaboradores que nos dicen que la dureza de la superficie es un factor determinante en la efectividad de los movimientos dentales guiados por el arco en este estudio donde realizaron perfilometría para medir la dureza de la superficie en distintos arcos de acero se observó una diferencia significativa entre los distintos alambres (Bourauel et al., 1998). Verstrynge y colaboradores compararon las características de los alambres de distintas casas comerciales y mencionaron que los manufactureros no comparten la composición y las propiedades de los materiales usados, en el mismo estudio refirieron que presentaban diferencias en características como el ancho y alto, la composición de las aleaciones y diferencias en sus propiedades teniendo ambos estudios concordancia con lo registrado en nuestro estudio (Verstrynge et al., 2006).

La presente investigación determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los distintos alambres en cuanto a la fuerza

requerida para el deslizamiento, esto coincide con el estudio de Amini y colaboradores, donde refieren que hay diferencias visibles en la rugosidad y porosidad de los distintos arcos utilizados y que los procesos de manufactura deben ser de calidad. Todo esto podría influir en la fricción producida entre el alambre de acero y el bracket entre las distintas marcas comerciales en un alambre de la misma aleación y de mismas medidas (Amini et al., 2012).

Por otra parte, podemos responder a nuestra pregunta de investigación y decir que el arco de acero inoxidable que presenta una menor fricción es el de la marca TD, por lo que, si estamos en una mecánica de deslizamiento y queremos cerrar un espacio, este alambre al presentar una menor fricción hará los movimientos dentales de manera más efectiva reduciendo el tiempo del tratamiento en la fase de cierre de espacios, distalizaciones y en si cualquier movimiento dental. En caso de que busquemos lo contrario y queramos una mayor fricción en situaciones donde se busqué un mayor anclaje el alambre de elección sería el de la marca 3M al presentar la mayor fricción.

Otro hallazgo relevante observado en nuestra investigación fue el notar que la fuerza necesaria para iniciar el desplazamiento del alambre en el bracket es menor que la fuerza necesaria al final del recorrido, esto podría deberse al deterioro de la superficie del alambre así como las microdeformaciones que se generen en los movimientos, Kapur menciona que la irregularidad de la superficie es una propiedad del material en sí, del proceso de su manufactura y de la vida del material teniendo como consecuencia una variabilidad en su coeficiente de fricción y por ende la necesidad de aplicar una mayor fuerza al final del deslizamiento del arco. (Kapur et al., 1999).

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio donde la menor fricción la tuvo TD, AKP, GAC y 3M en ese orden se observó que no coincide en lo reportado por Bourauel donde compararon alambres de acero de la marca GAC con 3M siendo la GAC la que presento más dureza y fracturas en su superficie lo que produciría una mayor fricción (Bourauel et al., 1998).

Uno de los límites del presente estudio es que las pruebas se realizaron in vitro y no se toman variables relevantes como lo mencionó Daems donde se mostraron irregularidades en la topografía de las superficies de los arcos que no fueron causadas por el proceso de manufactura sino por el manejo de los arcos durante el tratamiento así como por las interacciones mecánicas entre el arco y el bracket y las interacciones químicas entre el arco y la cavidad oral (Daems et al., 2009)

IX. Conclusiones

Hubo una diferencia estadísticamente significativa en la fuerza necesaria para el desplazamiento del alambre de acero 0.019 x 0.025 de acero en el bracket Roth Synthesis presentando una menor fricción el de la marca TD seguido de Ah Kim Pech, GAC y por último el 3M.

Y por otro lado mencionar que se requiere un aumento en la fuerza aplicada a los alambres 0.019 x 0.025 de acero en el bracket Roth Synthesis en la etapa final del recorrido del alambre.

IX. Propuestas

Podría dársele seguimiento al presente estudio por medio de la experimentación *In Vivo* para observar si las propiedades se manifiestan de igual manera que en la experimentación *In Vitro* o si se modifica el orden de la fricción de los alambres presentes en el estudio.

Considero de importancia que el clínico considere que los distintos alambres disponibles presentarán propiedades diferentes entre sí y no cometer el error de pensar que todos serán igual de efectivos, que la calidad y eficiencia del tratamiento dependerá de la calidad de sus materiales.

X. Bibliografía

- Amini, F., Rakhshan, V., Pousti, M., Rahimi, H., Shariati, M., & Aghamohamadi, B. (2012). Variations in surface roughness of seven orthodontic archwires: An SEM-profilometry study. *Korean Journal of Orthodontics*, 42(3), 129–137. <https://doi.org/10.4041/kjod.2012.42.3.129>
- Andreasen, G., & Quevedo, F. (1970). Evaluation of frictional forces in the 0.022" x 0.028" edgewise bracket in vitro. *Journal of Biomechanics*, 3, 151-160.
- Blau, P. J. (1990). Break-in, Run-in, and Wear-in. *Friction and Wear Transitions of Materials*, 112, 254. http://asmedigitalcollection.asme.org/materialstechnology/article-pdf/112/2/254/5532075/254_1.pdf

- Bourauel, C., Fries, T., Drescher, D., & Plietsch, R. (1998). Surface roughness of orthodontic wires via atomic forcemicroscopy, laser specular reflectance, and profilometry. *European Journal of Orthodontics*, *20*, 79–92.
- Daems, J., Celis, J. P., & Willems, G. (2009). Morphological characterization of as-received and in vivo orthodontic stainless steel archwires. *European Journal of Orthodontics*, *31*, 260–265. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn104>
- Doshi, U. H., & Bhad-Patil, W. A. (2011). Static frictional force and surface roughness of various bracket and wire combinations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *139*, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.02.031>
- Drescher, D., Bourauel, C., & Schumacher, H.-A. (1989). Frictional forces between bracket and arch wire. *American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics*, *96*, 397–404.
- Frank, Charles., & Nikolai, R. (1980). A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. *American Journal of Orthodontics*, *78*, 593–609.
- Ghafari, J. G., Macari, A. T., Zeno, K. G., & Haddad, R. V. (2020). Potential and limitations of orthodontic biomechanics: recognizing the gaps between knowledge and practice. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, *9*, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2020.08.008>
- Jastrebski, Z. (1959). Nature and Properties of Engineering Materials. *Journal of Applied Polymer Science*, *4*, 372–373.
- Kapur, R., Sonha, P., & Nanda, R. (1999). Frictional resistance in orthodontic brackets with repeated use. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *116*, 400–404.
- Katz, M. I. (2009). Timely observations on friction and sliding. In *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (Vol. 136, Issue 1, pp. 3–4). <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.05.009>
- Kusy, R. P., & Whitley, J. Q. (1990). Coefficients of friction for arch wires in stainless and polycrystalline alumina bracket slots. I. The dry state steel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *98*, 300–311.
- Kusy, R. P., & Whitley, J. Q. (1997). Friction Between Different Wire-Bracket Configurations and Materials. *Seminars in Orthodontics*, *3*, 166–177.

- Kusy, R., & Whitley, J. (1999). Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. *European Journal of Orthodontics*, 21, 199–208.
- Lindauer, S. J. (2001). The Basics of Orthodontic Mechanics. *Seminars in Orthodontics*, 7, 2–15. <https://doi.org/10.1053/sodo>
- Mohlin, B., Miiller, H., Odman, J., & Thilander, B. (1991). Examination of Chinese NiTi wire by a combined clinical and laboratory approach. In *European Journal of Orthodontics* (Vol. 13).
- Normando, D., Araújo, A. M. De, Marques, I. D. S. V., Barroso Tavares Dias, C. G., & Miguel, J. A. M. (2013). Archwire cleaning after intraoral ageing: The effects on debris, roughness, and friction. *European Journal of Orthodontics*, 35(2), 223–229. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjr104>
- Peterson, L., Spencer, R., & Andreasen, G. (1982). Comparison of frictional resistance of nitinol and stainless steel wires in edgewise brackets. *Quint Inter Digest*, 13, 563-571.
- Proffit, W., Fields, H., & Sarver, D. (2008). *Ortodoncia contemporánea* (4ta edición). Elsevier Health Sciences.
- Tidy, D. (1989). Frictional forces in fixed appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics*, 96, 249–254.
- Verstryngne, A., Van Humbeeck, J., & Willems, G. (2006). In-vitro evaluation of the material characteristics of stainless steel and beta-titanium orthodontic wires. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopaedics*, 130(4), 460–470. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.12.030>

XI. Anexos

arcos TD			
# de arco	Fuerza Regist	Fuerza regist	Fuerza promedio (N)
1	0.539366	0.588399	0.5638825
2	0.588399	0.588399	0.588399
3	0.568786	0.588399	0.5785925
4	0.539366	0.539366	0.539366
5	0.568786	0.608012	0.588399
6	0.588399	0.608012	0.5982055
7	0.588399	0.588399	0.588399
8	0.568786	0.588399	0.5785925
9	0.539366	0.568786	0.554076
promedio			0.5753236
D.E.			0.019148
Rango			(0.53-0.59)

arcos 3M			
# de arco	Fuerza Regist	Fuerza regist	Fuerza promedio (N)
1	0.735499	0.784532	0.7600155
2	0.686466	0.784532	0.735499
3	0.735499	0.735499	0.735499
4	0.784532	0.804145	0.7943385
5	0.774725	0.794339	0.784532
6	0.784532	0.784532	0.784532
7	0.755112	0.784532	0.769822
8	0.735499	0.784532	0.7600155
9	0.784532	0.784532	0.784532
promedio			0.7676428
D.E.			0.0216678
Rango			(0.73-0.79)

arcos GAC			
# de arco	Fuerza Regist	Fuerza regist	Fuerza promedio (N)
1	0.686466	0.735499	0.7109825
2	0.686466	0.686466	0.686466
3	0.725692	0.735499	0.7305955
4	0.725692	0.706079	0.7158855
5	0.686466	0.735499	0.7109825
6	0.686466	0.735499	0.7109825
7	0.745305	0.745305	0.745305
8	0.706079	0.735499	0.720789
9	0.686466	0.706079	0.6962725
promedio			0.7142512
D.E.			0.0173356
Rango			(0.68-0.74)

arcos Ah Kim Pech			
# de arco	Fuerza Regist	Fuerza regist	Fuerza promedio (N)
1	0.637432	0.686466	0.661949
2	0.647239	0.666852	0.6570455
3	0.637432	0.637432	0.637432
4	0.657046	0.686466	0.671756
5	0.637432	0.686466	0.661949
6	0.686466	0.686466	0.686466
7	0.637432	0.666852	0.652142
8	0.657046	0.686466	0.671756
9	0.637432	0.686466	0.661949
promedio			0.6624938
D.E.			0.0137481
Rango			(0.63-0.68)

fuerzas iniciales				fuerzas finales			
td	3M	GAC	Ah Kim Pech	td	3M	GAC	Ah Kim Pech
0.539366	0.735499	0.686466	0.637432	0.588399	0.784532	0.735499	0.686466
0.588399	0.686466	0.686466	0.647239	0.588399	0.784532	0.686466	0.666852
0.568786	0.735499	0.725692	0.637432	0.588399	0.735499	0.735499	0.637432
0.539366	0.784532	0.725692	0.657046	0.539366	0.804145	0.706079	0.686466
0.568786	0.774725	0.686466	0.637432	0.608012	0.794339	0.735499	0.686466
0.588399	0.784532	0.686466	0.686466	0.608012	0.784532	0.735499	0.686466
0.588399	0.755112	0.745305	0.637432	0.588399	0.784532	0.745305	0.666852
0.568786	0.735499	0.706079	0.657046	0.588399	0.784532	0.735499	0.686466
0.539366	0.784532	0.686466	0.637432	0.568786	0.784532	0.706079	0.686466