



Investigación original

Estudio sobre la fricción generada por arcos estéticos recubiertos con Rodio

Alberto Teramoto Ohara^{1,2}, Christian Paulina Jurado Rivera³,
Airy Teramoto Iida¹

¹. Profesor del Departamento de Ortodoncia. Universidad Nacional Autónoma de México

². Profesor del Departamento de Ortodoncia. Universidad Tecnológica de México

³. Ortodoncista egresada del Departamento de Ortodoncia. Universidad Tecnológica de México

Autor de correspondencia:

Airy Teramoto Iida

E-mail: airyteramoto@gmail.com

Recibido: junio 2021

Aceptado: octubre 2021

Citar como:

Teramoto Ohara A, Jurado Rivera CP, Teramoto Iida A. Estudio sobre la fricción generada por arcos estéticos recubiertos con Rodio. *Rev Mex Ortodon.* 2021; 9(2): 20-26. DOI: 10.22201/fo.23959215p.2021.9.2.88062

RESUMEN

Introducción: los arcos metálicos estéticos son más discretos que los arcos metálicos convencionales. Uno de los arcos metálicos estéticos más utilizados en ortodoncia está constituido por un núcleo de aleación de Níquel Titanio (NiTi) recubierto con rodio. El rodio es un metal extremadamente duro y presenta una alta reflectancia, convirtiendo al arco metálico NiTi recubierto de rodio una solución estética para el tratamiento de ortodoncia. **Objetivo:** dar a conocer los resultados de la evaluación de la fricción en tres tipos de arcos. **Materiales y Métodos:** se llevó a cabo un diseño experimental en donde se utilizaron 30 arcos de alambre de calibre 0.016" x 0.022", de tres características diferentes: NiTi sin recubrimiento estético, NiTi con recubrimiento de rodio y NiTi con recubrimiento de teflón. Estos arcos se colocaron en 20 modelos experimentales confeccionados de acrílico a los cuales se les colocaron 40 brackets In Ovation R® (Dentsply Sirona)

ranura 0.018"x 0.025". Para simular las condiciones bucales los arcos fueron traccionados a diferentes distancias: 3mm, 6mm, 7mm y 8mm a velocidad de 10 mm/min en la máquina de prueba de deflexión utilizando saliva artificial a 25°C como lubricante, y se midió la fricción generada. **Resultados:** se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la fricción generada por los arcos de NiTi sin recubrimiento al compararlos con los NiTi con recubrimiento de rodio y teflón ($p > 0.0001$). **Conclusiones:** los arcos de ortodoncia con recubrimiento de rodio cumplen la finalidad de generar una apariencia más estética, además de no alterar las dimensiones originales ni las propiedades de los arcos. El recubrimiento de rodio genera menos fricción a los movimientos ortodónticos.

Palabras clave: arcos estéticos, fricción, Rodio.

INTRODUCCIÓN

Una de las características más deseadas por los pacientes adultos durante el tratamiento de ortodoncia es que los aparatos sean lo más discretos posible y este aspecto tiene que ver con su apariencia estética. Los materiales más comunes utilizados para los arcos metálicos son de acero inoxidable, Cobalto-Cromo, Níquel-Titanio y Beta-Titanio¹. Los arcos metálicos estéticos son más discretos que los arcos metálicos convencionales (Figura 1. A-B). El primer arco estético en ortodoncia fue un alambre no metálico que contenía un núcleo de sílice, una capa de resina de silicona, y una capa externa de nylon resistente a las manchas y fue comercializado como Optiflex (Ormco® Co., Glendora, CA)^{2,3}. Fallis y Kusy idearon un arco estético que contenía fibra de vidrio (Owens Corning®, Toledo, Ohio) incrustado en una matriz polimérica compuesta de bisfenol A-diglicidiléter metacrilato y trietileno dimetacrilato de glicol⁴. Imai y colaboradores idearon un arco de polímero reforzado con fibras que consisten en polimetilmetacrilato (PMMA) y fibra de vidrio $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ (CPSA) con el objetivo de mejorar aún más la apariencia estética y con las propiedades mecánicas similares a las de los arcos metálicos⁵.

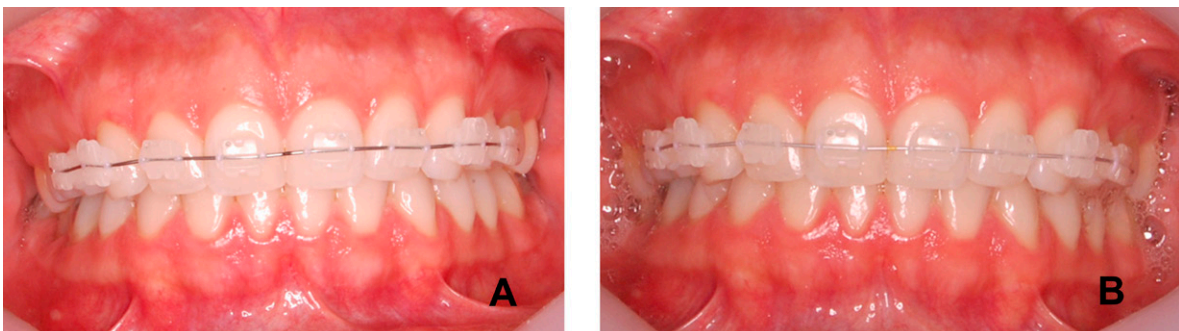


Figura 1. Fotografías intraorales donde se puede observar la comparación de un arco metálico convencional con un arco metálico estético. A. Arco de acero inoxidable con bracket de porcelana Mystique. B. Arco NiTi con cubierta de Rodio con bracket de porcelana Mystique.

En cuanto a los arcos metálicos estéticos, los más utilizados en ortodoncia están constituidos por un núcleo de aleación de Níquel Titanio (NiTi) recubierto con materiales de resina plástica como resina sintética o flúor, resina epóxica compuesta principalmente por politetrafluoretileno o Teflón® y resinas de carbono hidrogenado o de dióxido de circonio⁶. Más adelante se

introdujeron otros tipos de revestimiento como nitruro de aluminio y titanio, carburo/carbono de tungsteno para proteger la aleación de los efectos corrosivos de los enjuagues bucales y dentífricos a base de gel de fluoruro comúnmente recomendados al paciente de ortodoncia en la práctica de cuidado bucal en casa⁷.

Otra forma de hacer más estéticos los arcos en ortodoncia surgió en 2008 con la aplicación del rodio sobre la superficie de los arcos, inicialmente con el nombre comercial de *High Esthetic* y posteriormente cambiando a *White Wire* (Bioforce Sentalloy® y White wire Tomy Inc., Futaba, Japón)⁸. Este proceso fue creado con el objetivo de minimizar la apariencia metálica de los arcos manteniendo las propiedades súper elásticas de los arcos de NiTi⁹.

El rodio (Rh) es un elemento químico de número atómico 45 que se encuentra en la tabla periódica de los elementos en el grupo nueve, dúctil poco abundante, del grupo del platino, de color blanco plateado, tiene un punto de fusión más elevado y una densidad menor que el platino¹⁰. Es un metal duro resistente a los químicos. El recubrimiento de Rh obtenido por evaporación o electrodeposición es extremadamente duro y presenta una alta reflectancia. La reflectancia es una característica sumamente útil para proporcionar un aspecto más estético. El Rh se utiliza en la elaboración de instrumentos ópticos, así como en joyería proporcionando acabados de gran calidad mediante una técnica de electrólisis por inmersión. Este proceso consiste básicamente en sumergir una joya de oro o plata en una solución química que contiene cantidades minúsculas del metal. Estas soluciones contienen varios gramos de Rh diluido, y mediante un proceso electrolítico, una capa de varias micras de Rh se adhiere a la superficie de la pieza que haya sido sumergida. Al final del proceso, el resultado es una joya que queda recubierta por esa fina capa de Rh, siendo este material totalmente inocuo para las personas. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue evaluar la fricción que generan los arcos de NiTi con recubrimiento de Rh mediante la medición de fuerzas friccionales con brackets de autoligado utilizando la máquina de deflexión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un diseño experimental en el Laboratorio de Materiales Dentales de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se utilizaron 30 arcos de alambre de calibre 0.016"x0.022", de tres características diferentes, NiTi sin recubrimiento estético, con recubrimiento de Rh y con recubrimiento de teflón. Estos arcos se colocaron en 20 modelos experimentales confeccionados de acrílico a los cuales se les colocaron 40 brackets In Ovation R® (Dentsply Sirona) ranura 0.018"x0.025". Se excluyeron arcos usados. Previamente se realizó una prueba piloto utilizando cinco arcos de cada grupo.

Grupo 1: 10 arcos NiTi sin recubrimiento estético (Bioforce Sentalloy®, Tomy Inc., Futaba, Japón).

Grupo 2: 10 arcos NiTi con recubrimiento de Rh (Bioforce Sentalloy® y White wire Tomy Inc., Futaba, Japón).

Grupo 3: 10 arcos NiTi con recubrimiento de Teflón en la superficie labial del arco (TP Orthodontics Inc.).

Para llevar a cabo la prueba de deflexión se utilizó un dispositivo fabricado para simular la superficie vestibular del diente en el que cementamos los brackets; este dispositivo se fabricó de acrílico a la medida exacta para ser colocado en la máquina Universal Instron. En cada

dispositivo se colocaron dos brackets a diferente altura uno de otro para simular la distancia interbracket y el apiñamiento del paciente y así generar un resultado significativo de fricción. Una vez programada la máquina se midió la fricción que produjo en las diferentes distancias: 3mm, 6mm, 7mm y 8mm a velocidad de 10 mm/min. Los arcos a evaluar se colocaron en los brackets y se realizaron dos mediciones por arco. Debido a que la saliva se encuentra siempre presente mientras los brackets trabajan, el operador vertió en el bracket saliva artificial a una temperatura de 25°C sin tocar el arco durante la tracción del arco para simular una situación clínica intraoral.

Cada arco se midió dos veces y se realizó la comparación de la fricción de cada grupo. Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos en las cuatro diferentes distancias.

RESULTADOS

El Grupo 1: NiTi sin recubrimiento estético mostró los valores promedio más altos en todas las distancias (1.33, 2.52, 3.79 y 3.91N respectivamente), mientras que el Grupo 2: NiTi con recubrimiento de Rh obtuvo el menor promedio (0.64, 1.64, 2.68 y 2.73 N respectivamente) siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p=0.001$). El resto de los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.
Media de fricción al desplazamiento

Desplazamiento (N)	Media de fricción al desplazamiento			
	3mm	5mm	7mm	8mm
Grupo 1: NiTi sin recubrimiento estético	1.33 ± 1.09	2.52 ± 1.18	3.79 ± 1.24	3.91 ± 1.28
Grupo 2: NiTi con recubrimiento de Rh	0.64 ± 0.41	1.64 ± 1.18	2.68 ± 1.27	2.73 ± 1.27
Grupo 3: NiTi con recubrimiento de Teflón	0.29 ± 0.07	0.41 ± 0.18	0.75 ± 0.43	0.74 ± 0.43
F	12.43	23.66	42.29	44.38

ANOVA ($p= 0.0001$) ±: desviación estándar, N: newton

DISCUSIÓN

En este estudio se encontró que sí existe mayor fricción en los arcos de NiTi sin recubrimiento estético, lo cual es similar a lo encontrado en el estudio realizado por Muguruma y colaboradores¹¹, en donde se analizó la influencia del recubrimiento estético de arcos de ortodoncia en la deformación y fricción de los mismos, y encontraron que los arcos de ortodoncia con recubrimiento estético pueden producir menos fricción de la esperada. Ellos señalan que la fricción generada por los alambres recubiertos fue influenciada por las dimensiones totales de la sección transversal y del núcleo interno, la nanodureza interior del núcleo y el módulo elástico interno del núcleo, pero no por la rugosidad superficial.

Otro estudio fue realizado por Elayyan y colaboradores³ en el cual se analizaron las propiedades mecánicas de arcos superelásticos con un recubrimiento estético en brackets de ligado convencional y brackets de autoligado. Los resultados mostraron que tanto los arcos

superelásticos con un recubrimiento estético como los brackets de autoligado producen menos carga y descarga de fuerzas, menos fricción y menos deflexión en comparación con el ligado convencional en conjunto con este tipo de arcos estéticos, sin embargo, estas variables no se contemplaron en este estudio.

El estudio realizado por Da Silva y colaboradores¹² en donde se analizaron las propiedades mecánicas de los arcos con recubrimiento estético muestran resultados similares al nuestro, agregando que los grupos con una capa de recubrimiento estético en toda su superficie muestran una mayor reducción en las dimensiones internas de su núcleo, generando con esto una menor fuerza de carga y descarga, menor módulo de elasticidad, de resiliencia, y valores mayores de fuerza de deflexión.

En este estudio se utiliza una prueba de tres puntos con la finalidad de comparar el comportamiento mecánico de diversos arcos estéticos, controlando la temperatura a 37°C. Una activación de 3mm se puede observar como un arco redondo de 0.016" al colocar el recubrimiento estético en algunos arcos; la fuerza de carga y descarga debería de considerarse desde el punto de vista mecánico como un arco de 0.014" y no de 0.016". Se ha demostrado en la prueba de deflexión que algunos arcos estéticos de polímeros no generan fuerzas continuas por períodos de tiempo largo ya que estos arcos no presentan propiedades de superelasticidad ni de memoria de forma (Figura 2. A). Como podemos observar en la Figura 2. B, la gráfica de la curva de tensión-deformación, los arcos Sentalloy (Bioforce Sentalloy® Tomy Inc., Futaba, Japan) presentan un comportamiento típico de un arco superelástico sin alterar las dimensiones del mismo. Por otro lado, debemos de tomar en cuenta que el arco de Bioforce es un arco multifuerzas donde la parte anterior genera una fuerza ligera, mediana en zona de premolares y pesada en la de molares¹³, por lo tanto, es posible que el comportamiento sea poco diferente al NiTi con cubierta de teflón ya que este último no es un arco multifuerzas. Otro factor para considerar en el caso de los arcos recubiertos con teflón es que únicamente la cara vestibular del arco está recubierta. Podemos suponer que los resultados podrían ser diferentes si todas las caras del arco estuviesen cubiertas.

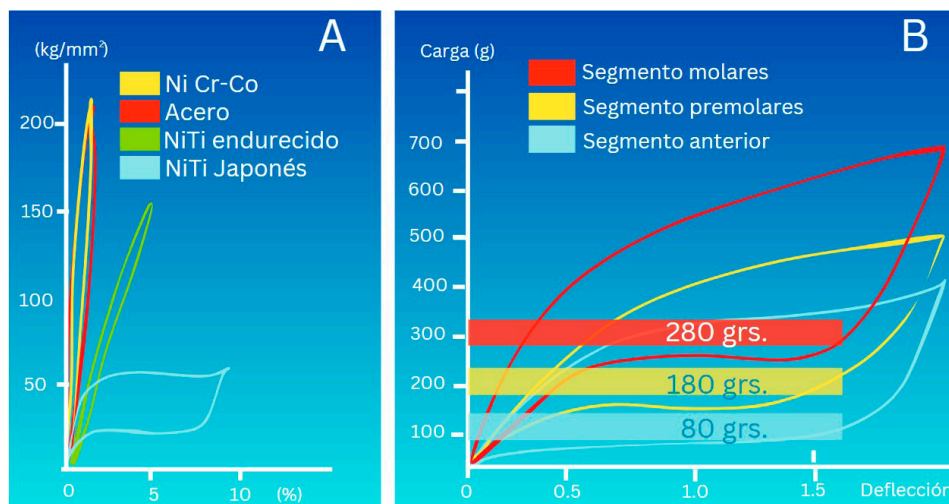


Figura 2. Curva tensión-deformación de NiTi. A. Comparación de cargas de deflexión de cuatro diferentes alambres: Co-Cr-Ni (amarillo), Acero Inoxidable (rojo), NiTi endurecido (verde) y Sentalloy (azul). B. Bioforce es un arco multifuerzas donde la parte anterior genera una fuerza ligera de 80 g (azul), fuerza mediana en la zona de premolares de 180 g (amarillo) y fuerza pesada en la zona de molares de 280 g (rojo) (8).

Kusy y Whitley¹⁴, simulando la mecánica de deslizamiento en brackets cerámicos y de acero inoxidable en su configuración activa y pasiva, obtuvieron los mismos resultados de nuestro estudio al encontrar que los recubrimientos de polifenileno en los arcos de ortodoncia son igualmente efectivos, teniendo una rigidez similar a los usualmente utilizados al inicio y en la etapa intermedia del tratamiento ortodóntico.

La ventaja que tienen los brackets NiTi con recubrimiento de Rh es que con este recubrimiento no se deslaminan cuando son usados en boca ni se rasgan como lo hacen los de Teflón, perdiendo con esto su apariencia estética (Figura 3. A-B). Las limitaciones de nuestro estudio se centran en el hecho de que la saliva es artificial y, por lo tanto, las condiciones bucales no fueron las mismas. Factores como la temperatura también pueden afectar el rendimiento de los arcos, sobre todo los de NiTi. Otra limitante importante es que el estudio se realizó en arcos de 0.016" x 0.022", y es posible que puedan variar los resultados en calibres de la etapa de terminado del tratamiento.

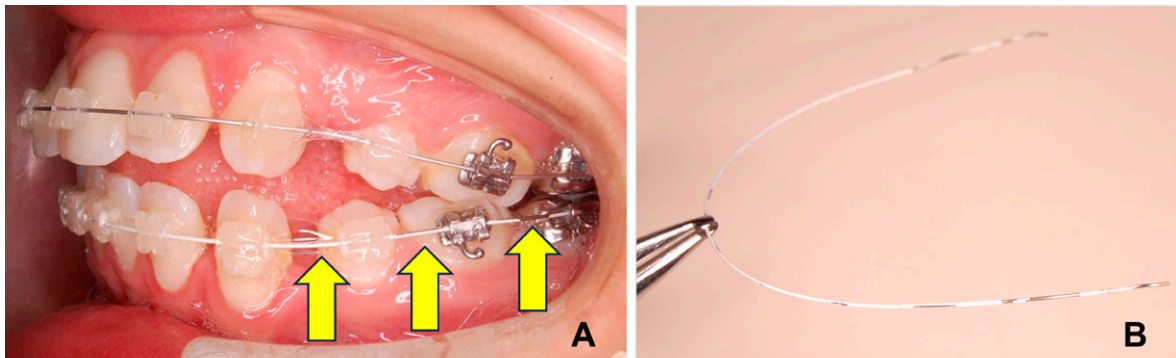


Figura 3. Arco estético NiTi con recubrimiento de Teflón deslaminado al ser utilizado en etapa de nivelación. A. Arco estético NiTi con recubrimiento de Teflón en boca. B. Arco estético NiTi con recubrimiento de Teflón fuera de boca.

CONCLUSIÓN

El Rodio como recubrimiento en arcos de ortodoncia cumple la finalidad de generar una apariencia más estética y además de no alterar las dimensiones originales de los arcos. Este estudio demostró que los arcos sometidos al recubrimiento con Rh pueden ser utilizados para tratamientos de ortodoncia estéticos y esperar mejores resultados ya que generan una menor fricción a la tracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kusy RP. A review of contemporary archwires: Their properties and characteristics. *Angle Orthod.* 1997;67(3):197-207.
2. Nishio C, da Motta AFJ, Elias CN, Mucha JN. In vitro evaluation of frictional forces between archwires and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;125(1):56-64. DOI: 10.1016/j.ajodo.2003.01.005

3. Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Mechanical properties of coated superelastic archwires in conventional and self-ligating orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(2):213-7. DOI: 10.1016/j.ajodo.2008.01.026
4. Fallis DW, Kusy RP. Variation in flexural properties of photo-pultruded composite archwires: analyses of round and rectangular profiles. *J Mater Sci Mater Med*. 2000; 11(11): 683-693. DOI: 10.1023/a:1008903224180
5. Imai T, Watari F, Yamagata S, Kobayashi M, Nagayama K, Nakamura S. Effects of water immersion on mechanical properties of new esthetic orthodontic wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;116(5):533-538. DOI: 10.1016/s0889-5406(99)70185-x
6. Krishnan V, Krishnan A, Remya R, Ravikumar KK, Nair SA, Shibli SMA, et al. Development and evaluation of two PVD-coated beta-titanium orthodontic archwires for fluoride-induced corrosion protection. *Acta Biomater*. 2011;7(4):1913-1927. DOI: 10.1016/j.actbio.2010.11.026
7. Walker MP, White RJ, Kula KS. Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;127(6):662-669. DOI: 10.1016/j.ajodo.2005.01.015
8. Teramoto, A. *Sentalloy, the story of superelasticity. A white paper report*. [Internet]. Bohemia, NY: Dentsply GAC, 2010. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/education/documents/upload/W/WHITE-PAPER---SENTALLOY---The-story-of-Superelasticity-by-Dr-Alberto-Teramoto-Inbfffjq-en-1509.pdf>
9. Iijima M, Muguruma T, Brantley W, Choe HC, Nakagaki S, Alapati SB, et al. Effect of coating on properties of esthetic orthodontic nickel-titanium wires. *Angle Orthod*. 2012;82(2):319-325.
10. International Union of pure and applied chemistry. *Periodic table of elements* [Internet]. [Consulta: Marzo 5, 2024]. Disponible en: <https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>
11. Muguruma T, Iijima M, Yuasa T, Kawaguchi K, Mizoguchi I. Characterization of the coatings covering esthetic orthodontic archwires and their influence on the bending and frictional properties. *Angle Orthod*. 2017;87(4):610-617. DOI: 10.2319/022416-161.1
12. da Silva DL, Mattos CT, Sant' Anna EF, Ruellas AC, Elias CN. Cross-section dimensions and mechanical properties of esthetic orthodontic coated archwires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(4Suppl):S85-S91. DOI: 10.1016/j.ajodo.2012.09.009
13. Kuftinec MM. Making a good use of a good material: BioForce® arch wires. [Bohemia, NY]: GAC, 2008. Disponible en: <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/education/documents/upload/W/WP---Making-a-Good-Use-of-a-good-material---Bio-Force-archwires-by-Mlad-en-Kuftinec-qg5cltu-en-1509.pdf>
14. Kusy RP, Whitley JQ. Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. *Eur J Orthod*. 1999;21(2):199-208. DOI: 10.1093/ejo/21.2.199