

Influencia de la cinemática en la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotativos de un sistema original y tipo réplica

Cinematics influence on the cyclic fatigue resistance of rotatory instruments in original system and a replica type.

Vicente Barreto-Peña ^{1a} Kelly Achachao-Almerco ^{2a} Katty Ríos-Villasis ^{3a} Juan Villafranca-Vásquez ^{1a} Hugo García-Rivera ^{1a}

¹ Universidad Inca Garcilaso de la Vega Asociación Civil

² Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

³ Universidad Nacional Mayor de San Marcos

^a Cirujano Dentista

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de un sistema rotatorio réplica en comparación con su sistema original. **Método:** Se compararon los instrumentos rotatorios F2 (n=19 por grupo) del sistema de marca original ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) con un instrumento Súper File III F2 (n=19 por grupo) de un sistema réplica Denco (Medical Co., Shenzhen, China) con respecto a la resistencia a la fatiga cíclica. Los instrumentos fueron aleatoriamente distribuidos en dos grupos, según la marca de lima F2. Posteriormente, se midió el ciclo de fatiga; para lo cual, fueron activados utilizando el motor E-mate Pro de la marca Denco (Medical Co., Shenzhen, China) con una rotación continua a 300 rpm y un torque de 2,5 Ncm. **Resultados:** El tiempo a la fractura hasta la fractura se registró y se comparó estadísticamente entre ambos grupos según el tipo de instrumento (sistema original/ sistema réplica) utilizando la prueba *t* para muestras independientes. El análisis estadístico mostró un tiempo significativamente mayor hasta la fractura para el sistema réplica con un promedio de 588.8 ± 178.1 segundos; mientras que, para el sistema original el tiempo promedio de fractura fue de 208.1 ± 41.9 segundos. Los instrumentos del sistema réplica mostraron un tiempo de fractura significativamente mayor en comparación con los respectivos instrumentos del sistema original en movimiento rotatorio (p<0.05). **Conclusión:** Se concluye que, los instrumentos del sistema réplica mostraron mayor resistencia a la fatiga cíclica que los instrumentos del sistema original.

Palabras clave: Fátiga cíclica, Sistema Niquel-Titanio, Movimiento Rotatorio, Endodoncia.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the resistance to cyclic fatigue of a replica rotary system in comparison with its original system. **Method:** F2 rotary instruments (n=19 per group) from the original brand ProTaper Gold system (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) were compared with a Super File III instrument (n=19 per group) from a Denco replica system (Medical Co., Shenzhen, China) regarding cyclic fatigue strength. The instruments were randomly distributed into two groups, according to the file brand. Subsequently, the fatigue cycle was measured; for which, they were activated using the E-mate Pro motor of the Denco brand (Medical Co., Shenzhen, China) at continuous rotation 300 rpm and a torque of 2.5 Ncm. **Results:** The fracture resistance time was recorded and statistically compared between both groups according to the type of instrument (original system/replica system) using the t-test for independent samples. Statistical analysis showed a significantly longer time to fracture for the replica system with an average of 588.8 ± 178.1 seconds; while, for the original system, the average fracture resistance time was 208.1 ± 41.9 seconds. The instruments of the replica system showed a significantly higher fracture toughness time compared with the instruments from the original system in rotary motion (p<0.05). **Conclusion:** The instruments of the replica system showed greater resistance to cyclic fatigue than the instruments of the original system.

Keywords: Cyclic fatigue, Nickel-Titanium System, Rotary Movement, Endodontics.

Recibido: 13 de julio de 2021

Aprobado: 11 de noviembre de 2021

Publicado: 08 de enero de 2022

Correspondencia:

Vicente Barreto Peña
Dirección: Av. San Luis 1265, San Luis. Lima, Perú
Correo electrónico: vicentebarroto1987@gmail.com

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Citar como: Barreto, V., Achachao, K., Ríos, K., Villafranca, J. y García, H. Influencia de la cinemática en la resistencia a la fatiga cíclica de instrumentos rotativos de un sistema original y tipo réplica. KIRU. 2022 abr-jun; 19(2): 46-52. <https://doi.org/10.24265/kiru.2022.v19n2.01>

INTRODUCCIÓN

La presencia de bacterias establece un papel significativo en el establecimiento de la patología pulpar, pudiendo conducir a una necrosis pulpar posterior y la formación de lesiones periapicales. La eliminación completa o al menos una reducción significativa de la carga bacteriana durante el tratamiento del conducto radicular es un factor transcendental que establece el pronóstico final del tratamiento del conducto radicular.⁽¹⁾

Los conductos radiculares se pueden limpiar mediante la instrumentación junto con los irrigantes y medicamentos intracanales. Para facilitar la preparación del canal, se introdujeron varios dispositivos y técnicas mecánicas para mejorar aún más la eficacia de la instrumentación.⁽¹⁾ Los dispositivos pueden clasificarse como manuales o rotatorios. Los instrumentos rotatorios ayudan en la preparación mecanizada del canal radicular siendo más sencilla la conformación de los canales radiculares.^(2,3)

La introducción de los instrumentos de níquel-titanio (NiTi) en la práctica clínica de la endodoncia ha mejorado la preparación mecánica del espacio del conducto radicular, impidiendo problemas asociados con los instrumentos de acero inoxidable, como escalones, transportaciones y perforaciones del canal radicular. Hay muchos informes sobre la capacidad de los instrumentos rotatorios para mantener una forma satisfactoria del canal y acortar la duración de las preparaciones. Otra ventaja de los instrumentos rotatorios, al ser comparada con las limas manuales de acero inoxidable, es que las preparaciones se encuentran más centradas en el canal radicular; lo cual, favorece a conservar la anatomía original del conducto radicular.^(4,5)

Las aleaciones de níquel-titanio (NiTi) son más flexibles que el acero inoxidable, tienen un módulo de elasticidad bajo pero su flexión es más resistente y elástica, y muestran memoria de forma y superelasticidad; estas propiedades son las principales razones por las que las aleaciones de NiTi han tenido éxito en el desarrollo de instrumentos mecanizados para la preparación del canal radicular. Sin embargo, a pesar de estas ventajas mecánicas, los instrumentos de NiTi todavía presentan un riesgo de fractura, especialmente durante el tratamiento de conductos radiculares curvos, lo que podría comprometer el resultado de la terapia endodóntica.^(6,7)

Los instrumentos mecanizados de Niti tienen la capacidad de moldearse en el conducto radicular de una forma más eficaz, contribuyendo a evitar errores en la conformación. A pesar de los beneficios, tienen una gran desventaja, que es la fractura dentro del conducto radicular.^(8,9) Las aleaciones NiTi se pueden subclasificar de la siguiente manera: Los que contienen Fase austenítica (Niti convencional, Niti, M-wire, R-phase) y aquellos que contienen fase martensítica (alambre con memoria controlada, Vortex Blue, ProTaper Gold). Aquellos instrumentos basados en aleaciones austeníticas tienen propiedades superelásticas por la transformación martensítica inducida por tensión. Contrariamente a esto, las aleaciones martensíticas pueden deformarse fácilmente debido a la transformación de fase y pueden demostrar el efecto de memoria de forma cuando estos se calientan.⁽¹⁰⁾ En cuanto a los instrumentos que reciben tratamiento térmico CM blue, se conoce que la capa de óxido de titanio visible es el que genera el color azul característico que permanece en la superficie como efecto del tratamiento térmico que se da posterior al mecanizado. Considerando, la conducta de la memoria controlada de la lima Blue térmicamente, se supone que, a pesar de las temperaturas de transformación más bajas; estos instrumentos contienen una mayor cantidad de martensita firme que M-Wire; la cual, da lugar a una aleación de NiTi más blanda y dúctil.⁽¹¹⁾

La fatiga cíclica ha demostrado ser una de las principales causas de la fractura de estos instrumentos.^(12,13) El término fatiga cíclica se utiliza para describir la rotura de instrumentos de NiTi después de una rotación continua en un canal curvo y se produce como resultado de los ciclos de tensión-compresión alternos a los cuales son sometidos estos cuando se flexionan en la región de máxima curvatura del canal.⁽¹⁴⁾ La resistencia a la fatiga cíclica puede tener variaciones de acuerdo a la sección transversal del instrumento, diseño, dimensiones, proceso de fabricación, tipo de aleación, tratamientos térmicos; pero el tipo de movimiento representa un factor crucial que afecta la resistencia a la fatiga.⁽¹²⁾ De esta forma, se han propuesto varias modificaciones en su diseño, cinemática y método de fabricación con el objetivo de potenciar las propiedades mecánicas. Según algunos autores, el tratamiento térmico de la aleación de NiTi cambia la disposición de su estructura cristalina, mejorando su flexibilidad y flexión.^(6,7)

En la actualidad, hay muchas marcas diferentes de instrumentos rotatorios NiTi que se encuentran disponibles en el mercado. Sin

embargo, múltiples empresas fabrican y/o distribuyen sistemas de preparación de NiTi réplicas basadas en los sistemas originales. Teniendo en cuenta dicho contexto, existe escasa literatura científica respecto a estos nuevos sistemas réplica que vienen siendo comercializados a nivel mundial; y, además, que han adquirido gran aceptación debido a su desempeño clínico y a su costo accesible; por lo cual, resulta esencial estudiar su rendimiento mecánico bajo criterios científicos. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue evaluar la resistencia a la fatiga cíclica de un sistema rotatorio réplica en comparación con su sistema original.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron aleatoriamente treinta y ocho instrumentos rotativos de NiTi F2 nuevos, de la marca original y réplica ($n = 19$ por sistema rotatorio) (Tabla 1). Dentro del propósito del presente estudio, e independientemente de que se presente bajo diferentes nombres y marcas, se definió como instrumento réplica que presenta:

- (1) el mismo número exacto de instrumentos del sistema de marca original,
- (2) la misma nomenclatura de instrumento o comparable al sistema de marca original.

Prueba de fatiga cíclica

La prueba de resistencia a la fatiga cíclica se realizó utilizando un dispositivo hecho a medida que permitió una evaluación reproducible de un instrumento que gira libremente dentro de un canal curvo hasta que se produce la fractura. El bloque que contiene el canal artificial se conectó a un marco principal al que también se conectó un soporte móvil para la pieza de mano, con el objetivo de permitir la colocación precisa y reproducible de los instrumentos a la misma profundidad dentro del canal artificial. El canal artificial se creó en un tubo de acero inoxidable con una longitud de 19 mm compuesto con una angulación de 60 grados y un radio de 8 los 6.50 mm son de segmento es recto para luego el segmento restante de 12.50 empieza la tensión máxima de curvatura. Las paredes de acero tienen un espesor de 1,3 mm y un diámetro interior de 1,4 mm.

Los 38 instrumentos seleccionados (Tabla 1.), fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos ($n=19$) según la marca de lima F2. Para medir el ciclo de fatiga; los instrumentos se activaron utilizando el motor E-mate Pro de la marca Denco a través de una rotación continua en el sentido de las agujas del reloj a 300 rpm y un torque de 2,5 Ncm mediante la desactivación de las funciones de parada y retroceso automáticos.

Tabla 1. Instrumentos de Niquel-Titanio en la marca original y réplica.

Sistema Original	Manufactura	Sistema Réplica	Manufactura
Pro Taper Gold F2 Lot:1494622	Dentsply Sirona, York, PA	Super File III Lot:31052022	Shenzhen Denco Medical Co., Shenzhen, China

Todos los instrumentos se probaron continuamente usando glicerina como lubricante a temperatura ambiente hasta que se produjo la ruptura. El movimiento utilizado fue rotatorio; ya que, giró 360 grados hasta que ocurra la separación del instrumento y fue gravado mediante una cámara digital para tener el tiempo exacto en la ruptura (Figura 1).

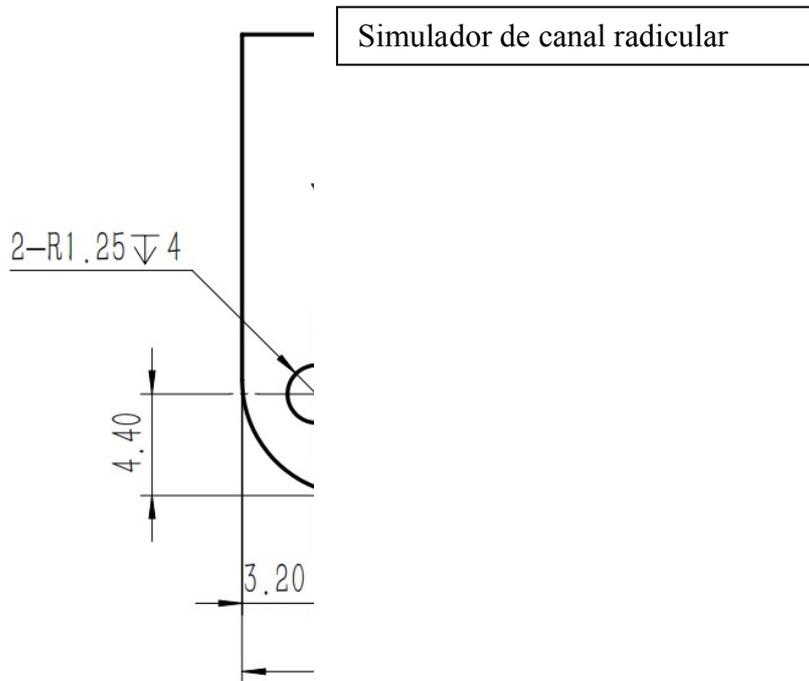


Figura 1.: Platina de acero inoxidable con tapa de cristal que permite la simulación del canal radicular en dos angulaciones; la primera en 60° y un radio de 8° y la segunda en 30° con un radio de 5° .

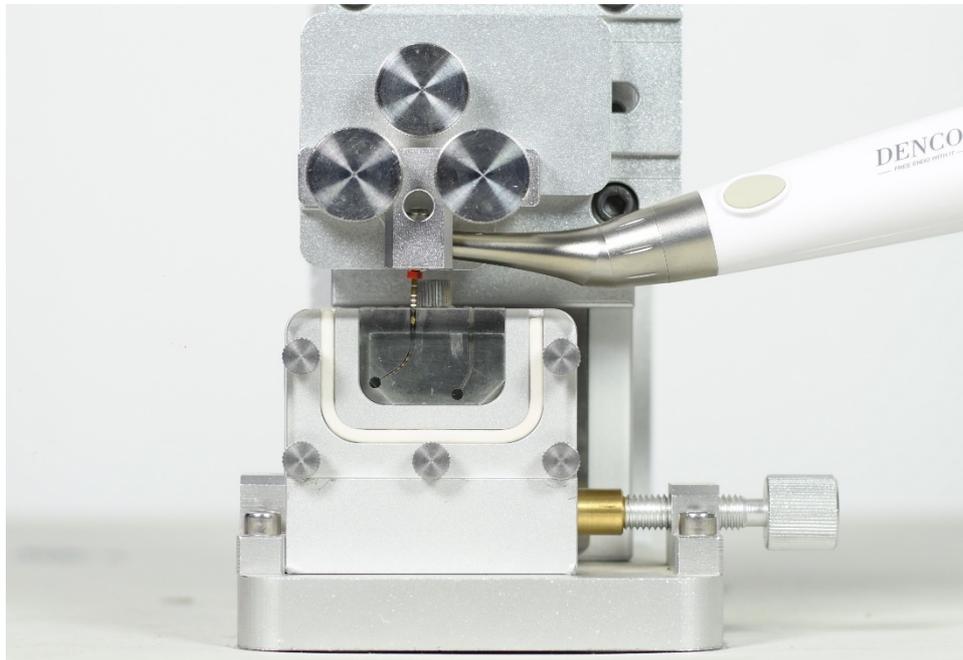


Figura 2.: Instrumento para estabilizar el motor de endodoncia en una única posición, junto con la base de acero inoxidable para la simulación de un canal radicular con una angulación de 60° y un radio de 8°

Análisis estadístico

Los resultados mostraron una distribución normal (prueba de Shapiro-Wilk, $p > 0.05$), el cálculo de tamaño de la muestra se determinó como 19

instrumentos asignados a cada grupo. Se realizó una comparación entre instrumentos del sistema réplica y sus respectivos sistemas de marca original mediante la prueba T de Student de muestra independiente ($p < 0.05$) (Stata 17.0 para Windows; StataCorp LLC, Texas).

RESULTADOS

Prueba de fatiga cíclica

Tabla 2. Tiempo de fractura del sistema original y sistema réplica (Segundos \pm Desviación estándar) (mínimo – máximo).

Sistema original	Sistema replica	p
Pro Taper Gold F2 (n=19)	Super Files III F2 (n=19)	
208.1 \pm 41.9 (150 - 319.8)	588.8 \pm 178.1 (245.4 – 930)	<0.05

*T de Student ($p < 0.05$)

El análisis estadístico reveló que los instrumentos del sistema réplica (Súper File III F2; Shenzhen Denco Medical Co., Shenzhen, China) han mostrado un tiempo de fractura significativamente mayor en comparación con los instrumentos del sistema original (Pro Taper Gold F2; Dentsply Sirona, York, PA) ($p < 0,05$) (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Desde que se informó por primera vez sobre la aplicación de limas manuales de níquel-titanio (NiTi) en la práctica clínica en 1988, varias limas de NiTi accionadas por motor han sido herramientas indispensables y eficientes en la limpieza y el modelado de los conductos radiculares para los especialistas en endodoncia,^(15,16) lanzándose al mercado más de 16 sistemas mecánicos.⁽¹⁶⁾ Las propiedades mecánicas de las limas de NiTi abarcan la torsión, la rigidez, la resistencia a la fatiga y la estructura de la superficie.⁽¹⁷⁾ Al principio, todos estos instrumentos se producían en países bien desarrollados en los que se disponía de la tecnología dedicada. Sin embargo, más recientemente, se ha observado un nuevo fenómeno. Las fábricas en los principales países económicos emergentes en el este de Asia, como China e India, prosperan al producir productos dentales para todo el mundo. Las principales razones de ello se han atribuido al menor costo de fabricación, la mano de obra más barata, la mayor capacidad de producción en menos tiempo y las mayores oportunidades de expansión en el mercado.⁽¹⁴⁾

Considerando esta tendencia; es esencial, que las empresas dentales con sede en diversos países comiencen a fabricar y vender instrumentos de endodoncia, incluidos los sistemas NiTi rotatorios y alternativos. Aunque los instrumentos con diseños innovadores de sistemas originales son de primera elección, también existen sistemas que imitan la apariencia física de estos productos (denominado como sistema réplica). Por ello, teniendo en cuenta el número creciente de

sistemas tipo réplica disponibles en el mercado; es importante realizar investigaciones que nos permitan contar con literatura disponible sobre sus características metalúrgicas y comportamiento mecánico.⁽¹⁴⁾

Este estudio presenta resultados sobre la resistencia a la fractura de un sistema replica en una comparación con su sistema original. Se comparó el tiempo hasta la fractura durante la prueba de fatiga cíclica cuando los instrumentos seleccionado se utilizaron en movimiento rotatorio. El torque establecido fue de 2,5 Ncm con una rotación continua en el sentido de las agujas del reloj a 300 rpm; este valor del torque y velocidad se fijó como se informó en un estudio previo de Martins, *et al.*¹⁴; asimismo, el movimiento realizó la desactivación de las funciones de parada y retroceso automáticos; para garantizar la estandarización de las pruebas para ambos instrumentos; y para evitar la reversa o la parada de la rotación durante la misma.⁽¹⁸⁾ Al analizar el tiempo de fractura, los instrumentos del sistema réplica mostraron un tiempo de fractura significativamente mayor en comparación con los instrumentos del sistema original en movimiento de rotación continua. Debido a que no hay información disponible en la literatura o de los fabricantes con respecto a los instrumentos réplica, la interpretación de los presentes resultados debe hacerse con precaución. En primer lugar, es importante notar que los instrumentos probados (F2) de los sistemas original y réplica (Tabla 1) mostraron diseños similares; por lo tanto, estos resultados podrían estar relacionados con la transformación martensítica-austenítica a una temperatura específica. Es bien sabido que una muestra completamente austenítica

de aleación de NiTi tiene menor resistencia a la fatiga cíclica que una parcialmente martensítica dependiendo de las características de los instrumentos.⁽¹⁹⁾

Dentro de las limitaciones del presente estudio está el utilizar un modelo dinámico; por ello, se recomienda elegir un modelo estático para futuras investigaciones. Además, dentro de los aportes se encuentra la reproducibilidad de este modelo; lo cual, garantiza una comparación confiable entre los instrumentos del sistema réplica y original. Al ser un estudio in-vitro, no son extrapolables al ámbito clínico; sin embargo, se sugiere realizar más estudios que permitan crear evidencia respecto a esta línea de investigación.

Financiamiento

Este artículo es autofinanciado.

Contribución de autores

VMBP: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

KKAA: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

LKRV: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

JAVV: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

HPGR: recolección de la información, revisión bibliográfica y redacción del manuscrito. Los autores leyeron y aprobaron la revisión final del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores no reportan conflictos de intereses.

Consentimiento para publicar

Los autores cuentan con el consentimiento de publicación.

Aprobación ética y consentimiento para publicar

No aplica.

Referencias:

- Alakabani TF, Faus-Llácer V, Faus-Matoses I, Ruiz-Sánchez C, Zubizarreta-Macho Á, Sauro S, Faus-Matoses V. The Efficacy of Rotary, Reciprocating, and Combined Non-Surgical Endodontic Retreatment Techniques in Removing a Carrier-Based Root Canal Filling Material from Straight Root Canal Systems: A Micro-Computed Tomography Analysis. *J Clin Med.* 2020;9(6):1989. doi: 10.3390/jcm9061989.
- Siddique R, Nivedhitha MS. Effectiveness of rotary and reciprocating systems on microbial reduction: A systematic review. *J Conserv Dent.* 2019;22(2):114-122. doi: 10.4103/JCD.JCD_523_18.
- Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2017;50(2):143-152. doi: 10.1111/iej.12613.
- Gomes MS, Vieira RM, Böttcher DE, Plotino G, Celeste RK, Rossi-Fedele G. Clinical fracture incidence of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Aust Endod J.* 2021;47(2):372-385. doi: 10.1111/aej.12484.
- Pedullà E, La Rosa GRM, Romano G, Leanza G, Rapisarda S, Isola G, Ferlito S, Neelakantan P, Generali L. Influence of kinematics and incidence angles on the cutting efficiency of two single-file nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J.* 2021;13. doi: 10.1111/aej.12543.
- Duque JA, Bramante CM, Duarte MAH, Alcalde MP, Silva EJNL, Vivan RR. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Reciprocating Instruments after Simulated Clinical Use. *J Endod.* 2020; 18(20): 30607-5.
- Silva E, Oliveira de Lima C, Vieira V, Antunes H, Lima Moreira EJ, Versiani M. Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Four Martensite-Based Nickel Titanium Reciprocating Instruments. *Eur Endod J.* 2020; 5(3):231-5.
- Chih-Wen C, Chun-Chieh L, Chun-Pin Li, Chow-Shing S. Cyclic fatigue behavior of nickel-titanium dental rotary files in clinical simulated root canals, *Journal of the Formosan Medical Association.* 2016; Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfma.2016.06.002>
- Mohsen A, Naghmeh M, Ehsan S. Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Five Nickel Titanium Rotary File Systems with Different Manufacturing Techniques. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences.* September 2015; 12 (9) 636- 646. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4854742>.
- Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New? *Eur Endod J.* 2019;4(3):111-117. doi: 10.14744/eej.2019.80664.
- Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J.* 2018;51(10):1088-1103. doi: 10.1111/iej.12924.
- Gambarini G, Piasecki L, Miccoli G, Gaimari G, Di Giorgio R, Di Nardo D, Azim AA, Testarelli L. Classification and cyclic fatigue evaluation of new kinematics for endodontic instruments. *Aust Endod J.* 2019;45(2):154-62.

13. Weyh DJ, Ray JJ. Cyclic fatigue resistance and metallurgic comparison of rotary endodontic file systems. *Gen Dent.* 2020;68(1):36-9.
14. Martins JNR, Nogueira Leal Silva EJ, Marques D, Ginjeira A, Braz Fernandes FM, De Deus G, Versiani MA. Influence of Kinematics on the Cyclic Fatigue Resistance of Replicallike and Original Brand Rotary Instruments. *J Endod.* 2020;46(8):1136-43.
15. Liang Y, Yue L. Evolution and development: engine-driven endodontic rotary nickel-titanium instruments. *Int J Oral Sci.* 2022;14(1):12.
16. Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, et al. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res* 2018;32:e67.
17. Versluis A, Kim HC, Lee W, Kim BM, Lee CJ. Flexural stiffness and stresses in nickel-titanium rotary files for various pitch and cross-sectional geometries. *J Endod.* 2012;38(10):1399-403.
18. Tokita D, Ebihara A, Miyara K, Okiji T. Dynamic torsional and cyclic fracture behavior of ProFile rotary instruments at continuous or reciprocating rotation as visualized with high-speed digital video imaging. *J Endod* 2017;43:1337-42.
19. Zhou H, Peng B, Zheng Y. An overview of the mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Endod Topics* 2013;29:42-54.

Vicente Barreto Peña

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9109-9805>

Correo: vicentebarreto1987@gmail.com

Kelly Achachao-Almerco

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4445-7542>

Correo: kelly.kathering@gmail.com

Katty Ríos-Villasis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9764-1100>

Correo: liz.rios.v@upch.pe

Juan Villafranca-Vásquez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0503-8484>

Correo: jvv150@hotmail.com

Hugo Garcia-Rivera

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3064-9807>

Correo: hgarciar@usmp.pe

Copyright © La revista. La revista Kiru es publicada por la Facultad de Odontología de la [Universidad de San Martín de Porres](https://www.universidaddesanmartin.edu.pe/), en Lima, Perú.