

# EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LIMAS ROTATORIAS PROTAPER GOLD, 2SHAPE, V-TAPER FANTA GOLD

EVALUATION OF FLEXION RESISTANCE OF PROTAPER GOLD ROTARY LIMES, 2SHAPE, V-TAPERT FANTA GOLD

Fabiola del Pilar  
Matumay-Santos<sup>1\*</sup>

matumaysantos2011@hotmail.com

Miguel Ángel  
Cabrera-Iberico<sup>1</sup>

mcabrera@ucientifica.edu.pe

## RESUMEN

**Antecedentes:** Las limas rotatorias de níquel-titanio con tratamiento termomecánico se desarrollaron para permitir una mayor flexibilidad al instrumentar los conductos radiculares. Los instrumentos permitieron a los operadores tratar las curvaturas de los conductos con mayor facilidad. Los fabricantes están tratando de producir limas que funcionen de manera más eficiente y segura. Conocer las propiedades de las limas comercializadas es especialmente importante porque ayuda a elegir un sistema de lima apropiado. El objetivo de este estudio fue evaluar la flexibilidad de tres limas diferentes de níquel-titanio (NiTi) con tratamiento termomecánico en dos puntos diferentes. **Materiales y métodos:** Se midió la flexibilidad de tres limas NiTi con tratamiento termomecánico (ProTaper Gold, 2Shape y V-Taper Fanta Gold). Cada lima fue sujeta a 3 mm y 7 mm ( $n = 10/\text{longitud}/\text{lima}$ ) y se utilizó una máquina de ensayo universal para doblarla a una fuerza máxima. Todos los datos fueron analizados estadísticamente por análisis de varianza de una vía y prueba de Tukey *post hoc* ( $p = 0,05$ ) para determinar cualquier diferencia significativa. **Resultados:** Se halló diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). En general, V-Taper Fanta Gold fue la más rígida, ProTaper Gold mostró los mayores valores de fuerza y su deformación fue significativamente más flexible. **Conclusión:** Las limas ProTaper Gold mostraron una mayor flexibilidad en comparación con las otras limas estudiadas.

**Palabras clave:** limas rotatorias NiTi Gold, ProTaper Gold, 2Shape, V-Taper Fanta Gold, flexibilidad, máquina de ensayo universal

Artículo recibido: 10/05/2020  
Arbitrado por pares  
Artículo aceptado: 17/07/2020  
Artículo publicado: 24/08/2020

\* Autor correspondiente:  
Fabiola Del Pilar Matumay-Santos  
matumaysantos2011@hotmail.com

Citar como: Matumay-Santos F, Cabrera-Iberico M. Evaluación de la resistencia a la flexión de limas rotatorias ProTaper Gold, 2Shape, V-Taper Fanta Gold. Rev Cient Odontol (Lima). 2020; 8 (2): e018.  
DOI: 10.21142/2523-2754-0802-2020-018

## ABSTRACT

**Background:** Nickel-titanium rotary files with thermomechanical treatment were developed to allow greater flexibility when instrumenting the root canals. The instruments allowed operators to deal with duct curvatures more easily. Manufacturers are trying to produce files that work better efficiently and safely. Knowing the properties of marketed files is especially important in helping you choose an appropriate file system. The objective of this study was to evaluate the flexibility of three different nickel-titanium (NiTi) files with thermomechanical treatment at two different points along the file. **Materials and methods:** The flexibility of three NiTi files with thermomechanical treatment (Protaper Gold, 2Shape and V-Taper Fanta Gold) was measured. Each file was clamped at 3 mm and 7 mm ( $n = 10 / \text{length} / \text{file}$ ) and a universal testing machine was used to bend the files to a maximum strength. All data were statistically analyzed by one-way analysis of variance and post-hoc Tukey test ( $P = 0.05$ ) to determine any significant differences. **Results:** There were statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). In general, V-Taper Fanta Gold was the most rigid, Protaper Gold showed the highest values of force and deformation was significantly more flexible. **Conclusion:** Protaper Gold files showed greater flexibility compared to the other files studied.

**Keywords:** NiTi Gold rotary files, Protaper Gold, 2Shape, V-Taper Fanta Gold, Flexibility, Universal testing machine.

1 División de Cariología y Endodoncia, Carrera de Odontología, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

## INTRODUCCIÓN

En endodoncia, se han utilizado diferentes aleaciones metálicas para fabricar instrumentos que proporcionen una buena preparación biomecánica y respeten la anatomía del conducto radicular<sup>(1-3)</sup>. En los últimos 30 años, se ha vuelto popular el uso de la aleación de níquel-titanio para fabricar instrumental rotatorio, material que ha sustituido gradualmente al acero inoxidable debido a su mayor flexibilidad y resistencia<sup>(4-8)</sup>. Actualmente, los instrumentos rotatorios de níquel-titanio (NiTi) son parte del instrumental de uso diario del endodoncista y el odontólogo general, con una gran variedad de instrumentos que presentan diferentes secciones transversales, tapers y nuevas variaciones de la aleación original<sup>(8,9)</sup>.

Esta mayor flexibilidad de los instrumentos de NiTi hizo más fácil para los odontólogos instrumentar canales curvos, gracias a dos propiedades inherentes: memoria de forma y súper elasticidad, aliadas con una alta resistencia a la corrosión<sup>(10,13)</sup>. Cuando un instrumento se deforma, se romperá fácilmente debido a la fatiga del material. Esta deformación, generalmente, no se puede detectar con una lupa o un microscopio, y mucho menos a simple vista, por lo que el especialista tratante no tiene la oportunidad de verificar el estado real de los instrumentos que usa, incluso cuando los emplea por única vez (si bien esto aumenta la seguridad de alguna manera).

A pesar de las ventajas de los instrumentos rotatorios NiTi, estas limas aún son susceptibles de fractura como resultado de la fatiga, la falla de torsión o una combinación de ambos<sup>(14-17)</sup>. En un intento por mejorar la eficiencia y seguridad de las limas rotatorias y minimizar el riesgo de fractura, los fabricantes han invertido en la investigación de nuevos tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades mecánicas<sup>(17-20)</sup>. Se ha informado que las tasas de fractura de los instrumentos de aleación NiTi están entre el 1,3% y el 10,0%<sup>(21,22)</sup>.

En el 2012, Dentsply Sirona introdujo un nuevo proceso de tratamiento térmico para las aleaciones NiTi CM, mediante el cual los instrumentos se tratan térmicamente y luego se enfrían, lo que da como resultado un color de

superficie que corresponde al grosor de la capa de óxido de titanio<sup>(23,24)</sup>.

Las limas ProTaper Gold son similares al sistema ProTaper Universal con respecto a la morfología de las limas, incluidos los tamaños, la conicidad y la sección transversal. Se distingue por el tratamiento térmico Gold aplicado después de la fabricación, lo que aumenta su flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica, y garantiza una preparación más centrada de los canales curvos. La temperatura utilizada fluctúa en un rango de 370 a 510 °C por un período de tiempo variable<sup>(25)</sup>. Las limas exhiben dos etapas específicas: comportamiento de transformación y alta temperatura Af alrededor de 50 °C<sup>(26)</sup>. Las limas ProTaper Gold tienen considerablemente menos memoria de forma que las NiTi, pues al retirarlas de un canal curvo se observa que siguen la anatomía del conducto radicular<sup>(27-29)</sup>.

Las limas rotatorias 2Shape (MicroMega, Besançon, Francia) son una secuencia de limas TS1 (25/.04) y TS2 (25/.06) tratadas térmicamente con la tecnología T-Wire, la cual aumenta significativamente la resistencia a la fatiga cíclica en un 40% en comparación con las limas One Shape (MicroMega). 2Shape tiene una última generación de sección transversal triangular asimétrica con dos filos de corte principal, para una mayor eficiencia de corte, y un filo secundario, para una mejor eliminación de los restos orgánicos e inorgánicos del conducto radicular<sup>(30,33)</sup>.

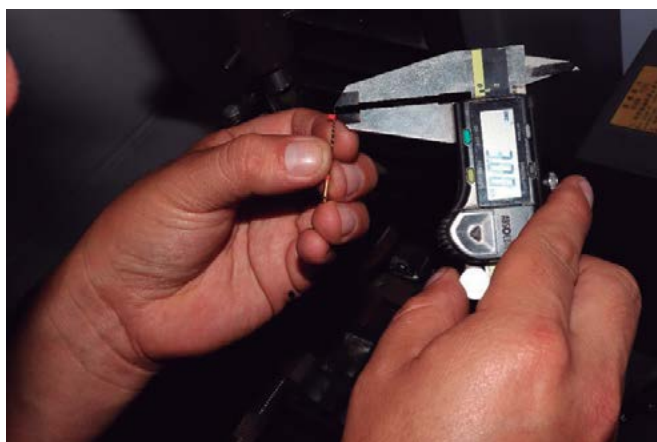
Las limas V-Taper Fanta Gold (Fanta Dental, Shanghai, China) son nuevos instrumentos rotatorios con un proceso metalúrgico avanzado que se caracteriza por un control de memoria alta AF-H y una sección transversal triangular, lo que brinda un aumento en la flexibilidad y el corte, aunque hasta la fecha no hay estudios que evalúen estos instrumentos<sup>(34)</sup>.

Los instrumentos endodónticos con flexibilidad mejorada reducen los errores iatrogénicos causados por la deformación del canal, lo que aumenta la eficiencia y la seguridad de la preparación del conducto radicular. No obstante las cualidades favorables de los instrumentos de NiTi, se ha producido un aumento desfavorable en la aparición de instrumentos fracturados<sup>(35)</sup>.

En este estudio, las limas son evaluadas según las Normas ISO actuales, que miden la resistencia a la flexión del instrumento en el conducto radicular. Los instrumentos se fijaron a 3 mm de distancia de la punta, ya que este es el punto de fijación para limas sometidas a flexión de acuerdo con la especificación ISO 363101-1 y, también, la curvatura máxima se encuentra en este punto en la mayoría de los conductos radiculares <sup>(36)</sup>.

La importancia de este estudio, desde el aspecto práctico-clínico, radica en tener una aproximación de la resistencia a la flexión mediante la fuerza y la deformación de los instrumentos rotatorios ProTaper Gold, 2Shape y V-Taper Fanta Gold, a 3 mm y 7 mm de la punta, ya que sus resultados brindarían cierto grado de seguridad a los operadores al ejecutar los procedimientos durante la preparación biomecánica como alternativa en los tratamientos, al evaluar la flexión de los instrumentos mediante la aplicación de fuerzas para las cuales estas limas no han sido diseñadas.

El objetivo fue evaluar la resistencia a la flexión de tres instrumentos rotatorios: ProTaper Gold, 2Shape y V-Taper Fanta Gold, mediante una máquina de ensayo universal computarizada a un nivel de corte de 3 mm y 7 mm.



**Figura 1.** Medición de la lima a 3 mm y 7 mm desde la punta con el calibrador Vernier.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue aprobado por el comité institucional de ética en investigación de la Universidad Científica del Sur, con el número de protocolo 234-2019-POSB.

El diseño fue experimental, con las limas de níquel titanio con tratamiento termomecánico como el universo. Se determinó el tamaño de la muestra a partir de la fórmula de comparación de media a un nivel de confianza del 95% y con un margen de error del 5%. Estuvo conformada por 5 limas rotatorias por cada grupo y la muestra final incluyó 60 limas rotatorias con tratamiento termomecánico de tres marcas: ProTaper Gold<sup>®</sup> F2 (Dentsply Maillefer Switzerland, Nueva York), 2Shape<sup>®</sup> TS2 (Micro Mega, Besançon, Francia), V-Taper Fanta Gold<sup>™</sup> F2 (Fanta Dental Materials, Shanghái, China), las cuales fueron observadas a los 3 mm y 7 mm.

Los criterios de selección incluyeron limas NiTi CM con tratamiento térmico nuevas y con empaque sellado, compradas en casas dentales de garantía, y los criterios de exclusión fueron limas con defecto de fábrica, con estuches abiertos o sin tratamiento térmico.

Las pruebas de la resistencia a la flexión fueron tomadas por la máquina digital de ensayo universal marca LG, modelo CMT-5L serie 7419 con fecha de calibración 27 de agosto del 2019. El equipo fue programado a una velocidad de 2 mm por minuto, a temperatura ambiente y con una humedad relativa del 57%.

Las limas rotatorias con tratamiento termomecánico fueron codificadas y se dividieron en tres grupos, según la marca utilizada. Además, se conformaron dos subgrupos de cada grupo a 3 mm (10 limas) y 7 mm (10 limas), que fueron medidas desde la punta utilizando un calibrador digital (figura 1) y marcadas con un marcador para metal <sup>(37,38)</sup>. Los dos subgrupos de cada tipo de lima también fueron medidos y marcados a 20 mm desde la punta (figura 2) para representar el punto de deflexión <sup>(37,38)</sup>. El ingeniero colocó al azar las muestras seleccionadas y codificadas de cada grupo, respectivamente. Las limas

estuvieron sujetas entre dos placas de metal a 3 mm y otro grupo a 7 mm desde la punta (figura 3). Con un punzón metálico, se aplicó la fuerza en sentido perpendicular sobre cada lima a una distancia desde la punta de 20 mm (figura 4). En el laboratorio a temperatura ambiente, se dobló las limas a una fuerza máxima y una velocidad de 2 mm/minuto <sup>(37, 38)</sup> (figura 5). Se obtuvieron los resultados en gramos de la fuerza de flexión reflejados en las limas hasta producir la máxima fuerza y deformación. Los datos se recopilaron electrónicamente a través del programa Smart Test y transferidos a Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, EE. UU.).



**Figura 2.** Medición con el calibrador Vernier a 20 mm desde la punta de la lima.



**Figura 3.** Colocación de la lima entre dos placas a 3 mm y 7 mm desde la punta de la lima.



**Figura 4.** Punzón de la máquina computarizada de ensayo universal a 20 mm de la punta de la lima.



**Figura 5.** Fuerza máxima ejercida por el punzón sobre la lima.



## RESULTADOS

La mayor resistencia a la flexión (fuerza y deformación) la presentaron las limas ProTaper Gold, a un nivel de corte de 3 mm y 7 mm, mientras que las limas V-Taper Fanta mostraron la menor resistencia (tablas 1 y 2).

El análisis de varianza (Anova) reveló diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tres tipos de limas con tratamiento termomecánico, tanto en la fuerza como en la deformación (tablas 3 y 4). El análisis de comparaciones múltiples de Tukey mostró diferencias entre las medias de los tres tipos de limas a nivel de corte de 3 mm y 7 mm, con una mayor resistencia a la flexión tanto en fuerza como deformación por parte de las limas ProTaper Gold ( $p < 0,05$ ). Las limas V-Taper Fanta Gold, por su parte, presentaron la menor resistencia a la flexión tanto en fuerza como en deformación ( $p > 0,05$ ) (tablas 5 y 6).

**Tabla 1.** Descripción de los resultados de fuerza en los tipos de limas y nivel de corte

Nivel de corte	Tipo de lima	n	Media	DE	Mínimo	Máximo
3 mm	ProTaper Gold	10	23,25	2,67	19,37	27,53
	2Shape	10	21,82	6,21	15,30	32,63
	V-Taper Fanta Gold	10	8,36	1,97	6,12	11,22
7 mm	ProTaper Gold	10	108,50	15,31	76,48	129,50
	2Shape	10	96,67	13,43	76,48	122,37
	V-Taper Fanta Gold	10	35,69	6,34	28,55	45,89

**Tabla 2.** Descripción de los resultados de la deformación en los tipos de limas y nivel de corte

Nivel de corte	Tipo de lima	n	Media	DE	Mínimo	Máximo
3 mm	ProTaper Gold	10	8,14	2,12	6,09	13,21
	2Shape	10	6,17	0,89	4,78	7,00
	V-Taper Fanta Gold	10	6,11	1,29	4,23	8,48
7 mm	ProTaper Gold	10	7,39	0,70	6,38	8,89
	2Shape	10	6,11	0,74	4,56	6,91
	V-Taper Fanta Gold	10	5,60	0,55	4,68	6,34

**Tabla 3.** Comparación de la fuerza entre los tipos de lima y según el nivel de corte

Nivel de corte	Tipo de lima	n	Media	DE	p
3 mm	ProTaper Gold	10	23,25	2,67	<0,001
	2Shape	10	21,82	6,21	
	V-Taper Fanta Gold	10	8,36	1,97	
7 mm	ProTaper Gold	10	108,50	15,30	<0,001
	2Shape	10	96,67	13,43	
	V-Taper Fanta Gold	10	35,69	6,34	

Prueba Anova

**Tabla 4.** Comparación de la deformación entre los tipos de lima y según el nivel de corte

Nivel de corte	Tipo de lima	n	Media	DE	p
3 mm	ProTaper Gold	10	8,14	2,12	0,008
	2Shape	10	6,17	0,89	
	V-Taper Fanta Gold	10	6,11	1,29	
7 mm	ProTaper Gold	10	7,39	0,70	<0,001
	2Shape	10	6,11	0,74	
	V-Taper Fanta Gold	10	5,60	0,55	

Prueba Anova

**Tabla 5.** Comparación de la fuerza entre todas las limas según el nivel de corte

Nivel de corte	Limas	Sig.
3 mm	ProTaper Gold vs 2Shape	0,716
	ProTaper Gold vs V-Taper Fanta Gold	< 0,001
	2Shape vs ProTaper Gold	0,716
	2Shape vs V-Taper Fanta Gold	< 0,001
	V-Taper Fanta Gold vs ProTaper Gold	< 0,001
	V-Taper Fanta Gold vs 2Shape	< 0,001
7 mm	ProTaper Gold vs 2Shape	0,099
	ProTaper Gold vs V-Taper Fanta Gold	< 0,001
	2Shape vs ProTaper Gold	0,099
	2Shape vs V-Taper Fanta Gold	< 0,001
	V-Taper Fanta Gold vs ProTaper Gold	< 0,001
	V-Taper Fanta Gold vs 2Shape	< 0,001

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

**Tabla 6.** Comparación de la deformación entre todas las limas según nivel de corte

Nivel de corte	Lima	Sig.	
3 mm	ProTaper Gold	2Shape	0,019
		V-Taper Fanta Gold	0,016
	2Shape	ProTaper Gold	0,019
		V-Taper Fanta Gold	0,996
	V-Taper Fanta Gold	ProTaper Gold	0,016
		2Shape	0,996
7 mm	ProTaper Gold	2Shape	0,001
		V-Taper Fanta Gold	< 0,001
	2Shape	ProTaper Gold	0,001
		V-Taper Fanta Gold	0,226
	V-Taper Fanta Gold	ProTaper Gold	< 0,001
		2Shape	0,226

Prueba de comparaciones múltiples Tukey

## DISCUSIÓN

Se han desarrollado nuevas limas endodónticas de NiTi con propiedades superiores, a través de un procesamiento termomecánico que les brinda mayor resistencia a la fatiga por flexión que las fabricadas con aleación convencional de NiTi. Aunque el proceso termomecánico es desconocido debido a la protección de la propiedad intelectual, podemos evaluar indirectamente la influencia de este sobre las propiedades mecánicas mediante el análisis del comportamiento de transformación de fase de la aleación<sup>(39, 40)</sup>. Según los datos actuales, los avances en el procesamiento de materiales parecen ofrecer beneficios sustanciales en la eficacia, eficiencia, durabilidad y seguridad de los instrumentos de endodoncia contemporáneos. Sin embargo, el avance tecnológico en la metalurgia ofrece la posibilidad de mejorarlos aún más, y uno de los procesos más prometedores es el tratamiento térmico posterior al mecanizado<sup>(41, 42)</sup>. El tratamiento termomecánico mejora las propiedades mecánicas y la flexibilidad de las limas NiTi<sup>(43, 44)</sup>.

El presente estudio consideró el comportamiento mecánico a la flexión de tres instrumentos utilizados para realizar preparación biomecánica en endodoncia con tratamiento termomecánico: ProTaper Gold, 2Shape y V-Taper Fanta Gold. Con la idea de evaluar

la resistencia a la flexión, se programó un análisis por medio de la máquina computarizada de ensayo universal; así se consiguió analizar la flexibilidad relacionada con la aleación de la cual están hechas.

Según Hieawy<sup>(45)</sup>, el tratamiento termomecánico especial les confiere a las limas ProTaper Gold, además de su coloración dorada, una mayor resistencia a la fractura por fatiga cíclica y un comportamiento martensítico. Esto es debido a que la temperatura de transformación de fase está aumentada respecto al NiTi convencional.

Así mismo, Plotino<sup>(23)</sup> explica que el sistema ProTaper Gold es el principal representante de la aleación Gold, con un diseño geométrico idéntico a su antecesor ProTaper Universal, pero con un proceso de metalurgia avanzada mediante tratamientos que, según indica su fabricante, les otorga mayor resistencia a la fatiga cíclica y mayor flexibilidad. Esta particularidad se debe a los diferentes procesos de fabricación a los que se someten, atributos que influyen en sus temperaturas de transformación. Las curvas del escáner de calorimetría diferencial de la aleación Gold revelaron una alta temperatura de transformación de la austenita (Af), muy parecida a la de la aleación CM-Wire. Por lo tanto, las limas ProTaper Gold se encuentran en fase de martensita durante su uso clínico. Además, este tratamiento otorga al material mayor suavidad, ductilidad y deformabilidad en comparación con el sistema predecesor, que está en fase austenita y resulta más duro y fuerte<sup>(28)</sup>.

Según los hallazgos de este estudio, la resistencia a la flexión de las limas rotatorias ProTaper Gold fue estadísticamente mayor (Anova  $p < 0,05$ ) a la de las otras limas NiTi con tratamiento termomecánico, probadas a 3 mm y 7 mm desde la punta. A partir de estos resultados, se acepta la hipótesis del estudio, la cual estimaba diferencias en la resistencia a la flexión entre los instrumentos ProTaper Gold, 2Shape y V-Taper Fanta Gold cuando son evaluados con la máquina computarizada de ensayo universal.

La presente investigación concuerda con Uygun<sup>(26)</sup>, ya que demuestra que la lima ProTaper Gold tiene una mejor resistencia a la flexión en comparación con otras limas.

Uslu (46) determinó que la resistencia a la fatiga cíclica de las limas 2Shape a temperatura intracanal fue más alto que la de las limas Twisted File y EndoSequence Xpress. Asimismo, cree que el análisis metalúrgico de 2Shape podría contribuir a una mejor comprensión de la resistencia a la fatiga cíclica de estas limas.

En el estudio de Özyürek (47), al tomarse en consideración los valores del número de ciclos de fractura, las limas HyFlex EDM presentaron una resistencia a la fatiga cíclica significativamente mayor que 2Shape en las dos curvaturas analizadas del canal ( $P < 0,05$ ).

El fabricante de las limas V-Taper Fanta Gold (34) refiere que es un alambre especial tratado con calor, inoxidable en ductilidad, fatiga, deformación recuperable, biocompatibilidad y resistencia a la corrosión, y que ofrece 3 niveles de flexibilidad para elegir, lo cual depende de sus fases cristalográficas presentes en la aleación AF-H. Las limas F2 con una sección transversal triangular son extremadamente flexibles con un control de memoria alto. Pero, en esta investigación, los resultados reflejan una mínima resistencia a la flexión, tanto a los 3 mm como a los 7 mm desde la punta, al ser comparados con las limas ProTaper Gold y 2Shape.

Se podrían realizar otras investigaciones futuras para evaluar otras características de estas nuevas limas, desde el punto de vista de sus propiedades físicas y mecánicas, así como análisis metalográficos, pues las propiedades de los metales empleados probablemente son las responsables de la resistencia a la deformación.

Esta investigación ha encontrado que, frente a las limas 2Shape y V-Taper Fanta Gold, las limas ProTaper Gold muestran una mayor resistencia a la flexión debido al tratamiento térmico del fabricante, basado en dos etapas de transformación y alta temperatura que modifican la respuesta mecánica de la aleación.

La importancia de este estudio radica en dar a conocer las características físicas de las diferentes limas para endodoncia, especialmente la flexión, para prevenir fracturas durante la práctica clínica por una inadecuada manipulación y desconocimiento de estas. Así, desde el aspecto práctico-clínico, se tiene una aproximación

de la resistencia al ejecutar los procedimientos durante la preparación biomecánica como alternativa en los tratamientos; por lo tanto, se recomienda el uso de las limas ProTaper Gold porque presentan mayor resistencia a la flexión al ser sometidas a fuerza máxima y produce una mayor deformación de la lima, lo que disminuye el porcentaje de fractura por torsión y fatiga cíclica en los conductos radiculares a nivel del tercio apical. Será motivo de otra evaluación determinar el rendimiento de estas limas en zonas de máxima curvatura del conducto.

## CONCLUSIONES

Las limas ProTaper Gold presentan mejor resistencia a la flexión. Al comparar los tres tipos de lima, según su fuerza y deformación en los dos niveles de cortes evaluados, las ProTaper Gold ocupan el primer lugar, seguidas por las 2Shape y V-Taper Fanta Gold. El proceso termomecánico de cada fabricante sería la causa de estas diferencias.

**Contribución del autor:** Fabiola del Pilar Matumay y Miguel Ángel Cabrera han participado en la concepción, la recolección de datos, la redacción y la aprobación de la versión final del artículo.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.

**Conflicto de intereses:** El autor declara no tener conflictos de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Soares I, Goldberg F. Endodoncia. Técnica y fundamentos. 2.a ed. Madrid: Médica Panamericana; 2002.
2. Vadhana S, Saravana Karthikeyan B, Nandini S. Cyclic fatigue resistance of RaCe and Mtwo rotary files in continuous rotation and reciprocating motion. *J Endod.* 2014; 40 (7): 995-9. doi: 10.1016/j.joen.2013.12.010
3. Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013; 39 (2): 163-72. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.005
4. El-Anwar M, Mandorah A, Yousief S, Soliman T, El-Wahab T. A finite element study on the mechanical behavior of reciprocating endodontic files. *Braz J Oral Sci.* 2015; 14 (1): 52-9. doi.org/10.1590/1677-3225v14n1a11
5. Cohen S, Burns R. Vías de la pulpa. 7.a ed. Madrid: Harcourt; 1999.
6. Vineet A, Sonali K, Mukesh P. Ultrasonic technique to retrieve a rotary nickel-titanium file broken beyond the apex and a stainless steel file from the root canal of a mandibular molar: a case report. *J Dent (Tehran).* 2015; 12 (7): 532-6.
7. Choi J, Oh S, Kim Y, Jee K, Kum K, Chang S. Fracture resistance of K3 nickel-titanium files made from different thermal treatments. *Bioinorg Chem Appl.* 2016; 1-7. doi: 10.1155/2016/6374721
8. Santos M, De Azevêdo M, Da Silveira C. Separation of nickel-titanium rotary and reciprocating instruments: a mini-review of clinical studies. *Open Dent J.* 2018; 12: 864-72. doi: 10.2174/1745017901814010864
9. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang Z, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper gold and ProTaper universal instruments. *J. Endod.* 2015; 41 (7): 1134-11. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.030
10. Grande NM, Plotino G, Silla E, Pedullá E, De-Deus G, Gambarini G, et al. Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2017; 43: 1157-60. doi: 10.1016/j.joen.2017.01.040
11. Kaval M, Capar I, Ertas H. Evaluation of the cyclic fatigue and torsional resistance of novel nickel-titanium rotary files with various alloy properties. *J Endod.* 2016; 42: 1840-3. doi: 10.1016/j.joen.2016.07.015
12. Thompson S. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000; 33 (4): 297-310. doi: 10.1046/j.1365-2591.2000.00339.x
13. Lopes H, Lopes W, Vieira V, Elias C, Cunha R. Evaluation of the flexibility, cyclic fatigue, and torsional resistance of rotary endodontic files made of different nickel-titanium alloys. *Int J Dentistry Oral Sci.* 2016; S8:001: 1-5. doi: 10.19070/2377-8075-SI08001
14. Lopes H, Vieira M, Elias C, Siqueira J, Mangelli M. Fatigue life of WaveOne and ProTaper instruments operated in reciprocating or continuous rotation movements and subjected to dynamic and static tests. *Int Endo J.* 2013; 7 (3): 217-22. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.048
15. Gavini G, Dos Santos M, Caldeira C, Machado M, Gonzales L, Faga E. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state. *Braz Oral Res.* 2018; 32 (3): 44-65. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067
16. Nayak A, Kankar P, Jain P, Jain N. Force and vibration generated in apical direction by three endodontic files of different kinematics during simulated canal preparation: An in vitro analytical study. *Proc Inst Mech Eng H.* 2019; 233 (8): 839-48. doi: 10.1177/0954411919854574
17. Shim K, Oh S, Kum K, Kim Y, Jee K, Chang S. Mechanical and metallurgical properties of various nickel-titanium rotary instruments. *Biomed Res Int* 2017; 2017 (11): 1-13. doi.org/10.1155/2017/4528601
18. Gu Y, Kum K, Perinpanayagam H, Kim C, Kum D, Lim S, Chang S, Baek S, Zhu Q, Yoo Y. Various heat treated nickel-titanium rotary instruments evaluated in simulated resin channels in the form of S. *J Dent Sci.* 2017; 12: 14. doi: 10.1016/j.jds.2016.04.006
19. De-Deus G, Silva E, Vieira V, Belladonna F, Elias C, Plotino G, Grande N. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the reciproc files. *J Endod.* 2017; 43: 462-6. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.039
20. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J.* 2018; 51: 1088-1103. doi.org/10.1111/iej.12924
21. Adl A, Shahravan A, Farshad M, Honar S. Success rate and time for bypassing the fractured segments of four niti rotary instruments. *Iran Endod J.* 2017; 12 (3): 349-53. doi: 10.22037/iej.v12i3.16866
22. Tewari R, Kapoor B, Kumar A, Mishra S, Mukhtar-Un-Nisar-Andrabi S. Fracture of rotary nickel titanium instruments. *J Oral Res Rev* 2017; 9: 37-44. doi: 10.4103/jorr.jorr\_40\_16.
23. Plotino G, Grande N, Bellido M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal rotary files. *J. Endod.* 2017; 43: 200-2. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.014
24. Algahtani F, Huang X, Haapasalo M, Wang Z, Hieawy A, Zhang D, Aleksejuniene J, Shen Y. Fatigue resistance of ProTaper gold exposed to high-concentration sodium hypochlorite in double curvature artificial canal. *Bioact Mater.* 2019; 4: 245-8. doi: 10.1016/j.bioactmat.2019.07.003
25. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J.* 2018; 51: 1088-1103. doi: 10.1111/iej.12924
26. Uygun A, Kol E, Topcu M, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *Int Endod J.* 2016; 49: 494-9. doi: 10.1111/iej.12471
27. Gagliardi J, Versiani M, De Sousa-Neto M, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper universal in curved canals. *J Endod.* 2015; 41 (10): 1718-24. doi: 10.1016/j.joen.2015.07.009



28. Khalil W, Natto Z. Cyclic fatigue, bending resistance, and surface roughness of ProTaper Gold and EdgeEvolve files in canals with single- and double-curvature. *Restor Dent Endod.* 2019; 44 (2): e19. doi: 10.5395/rde.2019.44.e19
29. Gavini G, et al. Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018; 32: 44-65. doi: 10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067
30. Elnaghy A, Elsaka S. Cyclic fatigue resistance of one curve, 2Shape, ProFile Vortex, Vortex Blue, and RaCe Nickel-Titanium rotary instruments in single and double curvature canals. *J Endod.* 2018; 44 (11): 1725-30. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.023
31. Singh S, Gupta T, Pandey V, Singhania H, Pandey P, Gangavane S. Shaping ability of 2Shape and ProTaper Gold files by using cone-beam computed tomography. *J Contemp Dent Pract.* 2019; 20 (3): 330-4. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2518
32. Singh S, Mirdha N, Shilpa P, Tiwari R, Abdul M, Sainudeen S. Shaping ability of 2Shape and WaveOne Gold Files using cone-beam computed tomography. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2019; 9 (3): 245-9. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD\_411\_18
33. Olcay K, Eyuboglu T, Erkan E. Cyclic fatigue resistance of waveone gold, protaper next and 2Shape nickel titanium rotary instruments using a reliable method for measuring temperature. *Niger J Clin Pract.* 2019; 22 (10): 1335-40. doi: 10.4103/njcp.njcp\_655\_18
34. Shanghai Fanta catalogue 2018–2019. <http://www.fanta-dental.com/>
35. Pedullà E, et al. Cyclic fatigue comparison among endodontic instruments with similar cross section and different surface coating. *Minerva Stomatol.* 2019; 68 (2): 67-73. doi: 10.23736/S0026-4970.17.04009-2
36. ISO 3630-3631:2008. Dentistry - Root canal instruments - Part 1: General requirements and test methods.
37. Chelsea S. Flexibility of various nickel-titanium rotary endodontic files. Master's Theses 2014; Paper 259.
38. Kingma C. Influence of taper on the flexibility of nickeltitanium rotary files. Master's Theses. 2014; Paper 249.
39. Sirisvastaba S, Abdurhman A, Alotheem A. Current strategies in metallurgical advances of rotary NiTi instruments: a review. *J Dent Health Oral Disord Ther.* 2018; 9 (1): 75-80. doi: 10.15406/jdhodt.2018.09.00333
40. Velmurugan N, Sathish S, Vishnupriya K. Retrieval of fractured Ni-Ti rotary instrument using ultrasonics and file braiding technique under surgical operating microscope. *Endodontology.* 2017; 29: 65-8. doi: 10.4103/endo.endo\_116\_16
41. De Vasconcelos R, Murphy S, Carvalho C, Govindjee R, Govindjee S, Peters O. Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod.* 2016; 42: 782-7. doi: 10.1016/j.joen.2016.01.025
42. Elnaghy A, Elsaka S. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2016; 49: 1073-8. doi: 10.1111/iej.12557
43. Shen Y, Hieawy A, Huang X, Wang Z, Maezono H, Haapasalo M. Fatigue resistance of a 3-dimensional conforming nickel-titanium rotary instrument in double curvatures. *J Endod.* 2016; 42 (6): 961-4. doi: 10.1016/j.joen.2016.02.012
44. Capar I, Kaval M, Ertas H, Sen B. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod.* 2015; 41: 535-8. doi: 10.1111/aej.12067
45. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang Z, Shen Y. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments. *J Endod.* 2015; 41: 1134-8. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.030
46. Uslu G, Özyürek T, Gündoğar M, Yılmaz K. Cyclic fatigue resistance of 2Shape, twisted file and EndoSequence Xpress nickel-titanium rotary files at intracanal temperature. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect* 2018. 12 (4): 283-7. doi.org/10.1111/iej.12846
47. Özyürek T, et al. Cyclic fatigue resistances of Hyfex EDM, WaveOne gold, Reciproc blue and 2Shape NiTi rotary files in different artificial canals. *Odontology.* 2018; 106 (4): 408-13. doi: 10.1007/s10266-018-0340-y