

Comparación in-vitro de la resistencia a la fatiga cíclica entre ProGlider y PathFile

Gil-Flor, J., Faus-Llácer, V.

Universidad Jaime I de Castellón. Departamento de Estomatología Universidad de Valencia.



- **José Gil Flor** es Licenciado en Odontología, por la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia. Promoción 1998 - 2003.
- Máster de Cirugía y Prótesis sobre Implantes por la Fundación Universitaria Miguel Servet- ITECO, Madrid. Años 2003-2005.
- Máster de Peritación y Daño Estomatológico por la Universidad Complutense de Madrid. Año 2011.
- Certificado de Endodoncia Rotatoria y Microscópica por la Universidad de Valencia. 2012.
- Acreditación Dentsply-Maillefer Endodontics Trainer. Ginebra (Suiza). Año 2013.

Resumen

Objetivo: Evaluar y comparar in-vitro la resistencia a la fatiga cíclica entre dos sistemas rotatorios de níquel-titanio para crear *glidepath*: Proglider (PG; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) y Pathfile (PF; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) en dos niveles distintos del instrumento: en D4 y D8.

Metodología: Se usaron 94 instrumentos PG y PF de diámetro de punta y conicidad 16/02. Se hicieron girar libremente en un conducto artificial de cromo-cobalto pre-sinterizado (80° ángulo y radio de curvatura de 2 mm) a 300rpm y 2N.cm de torque usando un motor X-Smart (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) con contraángulo reductor 16:1. Se distribuyeron en 2 grupos. En el primero (n=54) se fijó el punto de máxima curvatura del conducto en D8. Y en el segundo (n=40), se fijó en D4. Se cronometró el tiempo hasta observar la fractura del instrumento y se tradujo en número de ciclos hasta la fractura. Los datos se analizaron estadísticamente mediante el software SPSS 22 (Chicago, IL). El nivel de significatividad se fijó en un p valor <0,05 y se compararon los grupos con un test ANOVA de 2 vías y se aplicó la prueba de Bonferroni.

Resultados: PG fue el más resistente a la fatiga cíclica mostrando un mayor número de ciclos hasta la fractura que PF ($P < 0,05$) en D4. Sin embargo, PF fue más resistente que PG ($P < 0,05$) en D8.

Conclusiones: La resistencia a la fatiga cíclica se ve influida tanto por el tipo de instrumento, con diferente aleación, como por la distancia desde la punta hasta el punto de fractura, debido a la sección transversal. En conclusión PG (NiTi M-Wire) mostró una mayor resistencia a la fatiga cíclica que PF (NiTi convencional), donde sus secciones transversales son similares, pero diferentes aleaciones, mostrándose la superioridad de la aleación M-Wire. Sin embargo, en D8 y debido a la menor sección transversal, PF es más resistente que PG pese a ser de NiTi convencional.

Palabras clave: fatiga cíclica, glidepath, pathfinding, Proglider, Pathfile, Ni-Ti, M-wire.

Introducción y objetivos

La ampliación de la parte coronal de los conductos radiculares (preflaring) y crear una correcta vía de deslizamiento o glidepath a lo largo del conducto radicular se ha recomendado como el procedimiento inicial a la hora de conformar de manera segura dichos conductos mediante instrumentos rotatorios de NiTi, y prevenir así posibles complicaciones del tratamiento endodóncico como deformaciones del canal radicular, creación de falsas vías, empaquetamiento dentinario, o la rotura accidental de instrumentos intracanal (Berutti et al. 2004, 2009, Patiño et al. 2005, D'Amario et al. 2013).

Los instrumentos creadores del glidepath (pathfinding) con propiedades mecánicas mejoradas pueden ayudar en la localización de los orificios de los canales radiculares con una progresión segura hacia el tercio apical del mismo (Jafarzadeh & Abott 2007, Lopes et al. 2012^a, D'Amario et al. 2013).

Los tipos de fractura de los instrumentos rotatorios de NiTi se clasifican en fatiga cíclica y fatiga torsional (Sattapan et al. 2000, Kim et al. 2012). La fatiga cíclica de un instrumento es aquella que ocurre como consecuencia de la alternancia de ciclos de tensión-compresión, los cuales son generados en el punto de máxima flexión del instrumento cuando rota libremente en el interior de un conducto curvo. Esta fractura se da de forma inesperada, esto es, sin signos previos de deformación plástica. Por otro lado, la fractura torsional ocurre cuando la punta del instrumento queda enganchada dentro del conducto radicular mientras el contraángulo, que sujeta el vástago, sigue girando (Sattapan et al. 2000, Cheung 2007, Kim et al. 2012, Ha et al. 2013). De este modo, el límite elástico del instrumento es sobrepasado, resultando una deformación plástica, y consecuentemente, se fractura (Cheung 2007, Ha et al. 2013).

Los instrumentos endodóncicos con flexibilidad mejorada reducen los errores iatrogénicos causados por deformación del canal y mejoran la eficiencia y seguridad de la preparación del conducto radicular (Gambarini et al. 2001a). Los factores que afectan a la flexibilidad de los instrumentos rotatorios de NiTi son la geometría del instrumento y su sección transversal y la composición y tratamiento termomecánico de la aleación metálica (Turpin et al. 2000, Al-Hadlaq et al. 2010, Gao et al. 2012, Lopes et al. 2013).

El instrumento rotatorio de NiTi Proglider (PG; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) consiste en un único instrumento de conicidad variable progresiva. Ha sido elaborado usando la aleación NiTi M-Wire para mejorar la flexibilidad y la resistencia a la fatiga cíclica tal y como proclama su fabricante. El instrumento PG está disponible en longitudes de 21, 25 y 31 mm con tamaño de punta 16 y conicidad 02 (Dentsply-Maillefer 2014). El instrumento Pathfile (PF; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) es otro sistema rotatorio de NiTi usado para la localización de conductos y creación del glidepath, y consta de una secuencia de tres limas. Éste está fabricado con una aleación austenítica convencional de NiTi con tamaños de punta ISO 13, 16 y 19 y conicidad 02 con una sección transversal cuadrada (Nakagawa et al. 2014).



Hay varios factores que pueden influir en la efectividad de los instrumentos para pathfinding como son el diseño de la sección transversal, tipo de aleación, templado al calor, geometría de la punta y habilidad del operador (Allen et al. 2007). Se ha demostrado que los instrumentos PF posibilitaron una mejor conservación de la anatomía original del canal radicular, con menor modificación de la curvatura del canal y menos aberraciones del canal en comparación a las limas manuales k precurvadas de acero inoxidable (Berutti et al. 2009). Además, se ha visto que a la hora de realizar un preflaring mecánico, muestran resultados similares tanto si se trata de clínicos con experiencia como sin ella (Berutti et al. 2009), si bien es cierto que en manos experimentadas se observaban menos deformaciones del trayecto original del conducto que en manos inexpertas.

Entender el comportamiento mecánico de los nuevos instrumentos rotatorios para la localización de conductos de NiTi y su modo de actuación, ha sido esencial para el clínico a la hora de elegir el instrumento que le permita conseguir el resultado clínico ideal (Gao et al. 2012, Lopes et al. 2012a). Así pues, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la resistencia a la fatiga cíclica de los instrumentos PG y PF. La hipótesis nula probó que no se presentan diferencias en las propiedades mecánicas entre ambos instrumentos.

Material y método.

Se usaron 94 instrumentos PG y PF de diámetro de punta y conicidad 16/02. Se hicieron girar libremente en un conducto artificial de cromo-cobalto pre-sinterizado (de este modo tiene una dureza más parecida al conducto radicular natural, que si se hubiera llevado a cabo el habitual tratamiento del cromo-cobalto de sinterización a 980° durante 20 minutos, resultando una aleación de una dureza excesiva) similar al que describió Gambarini (2001b) y Lee *et al.*(2011) de 80° de ángulo y radio de curvatura de 2 mm, siguiendo las indicaciones del fabricante, esto es, a 300 rmp y 2 N.cm de torque usando un motor X-Smart (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza) con contraángulo reductor 16:1. Para minimizar la fricción del instrumento que pudiera sesgar los resultados, se lubricó con vaselina líquida el interior del conducto (Pedullà *et al* 2013).

Se usó un dispositivo con dos plataformas de metacrilato: una para fijar el contraángulo; La segunda, contó con dos guías para poder ajustar la posición del canal y así fijarlo en el punto correcto para llevar a cabo el estudio. Se labró una ventana en la parte superior del canal artificial coincidiendo con el punto de máxima curvatura con el objeto de poder visualizar el momento de rotura del instrumento.

Los 94 especímenes se distribuyeron en 2 grupos. En el primero (n=54) se fijó el punto de máxima curvatura del conducto en D8. Y en el segundo (n=40), se fijó en D4. Se cronometró el tiempo en segundos hasta la centésima hasta observar la fractura del instrumento y se tradujo en número de ciclos hasta la fractura siguiendo la siguiente ecuación (Pedullà *et al.* 2013):

velocidad de rotación

Número de ciclos hasta la fractura= tiempo hasta fractura(s) x-----

60

Los datos se analizaron mediante el software SPSS 22 (Chicago, IL, USA). El nivel de significatividad se fijó en un p valor <0,05 y se compararon los grupos con un test ANOVA de 2 vías y se aplicó la prueba de Bonferroni.

Resultados

Se desarrolló un modelo lineal general de análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, con factores entre-sujetos tipo de lima y distancia de evaluación. El modelo estimó los efectos principales de dichos factores, así como la interacción entre los mismos. Se desarrollaron comparaciones múltiples con la prueba de Bonferroni para estudiar el efecto del tipo de lima en cada distancia específica y, recíprocamente, el de la distancia dentro del tipo de lima.

El nivel de significatividad empleado en los análisis ha sido el 5% ($\alpha=0.05$).

Para el test F del modelo de análisis de varianza, con un nivel de confianza del 5% y considerando un tamaño del efecto de 0,25 (moderado), la potencia alcanzada es 0,67 en una muestra como la actual (n=94).

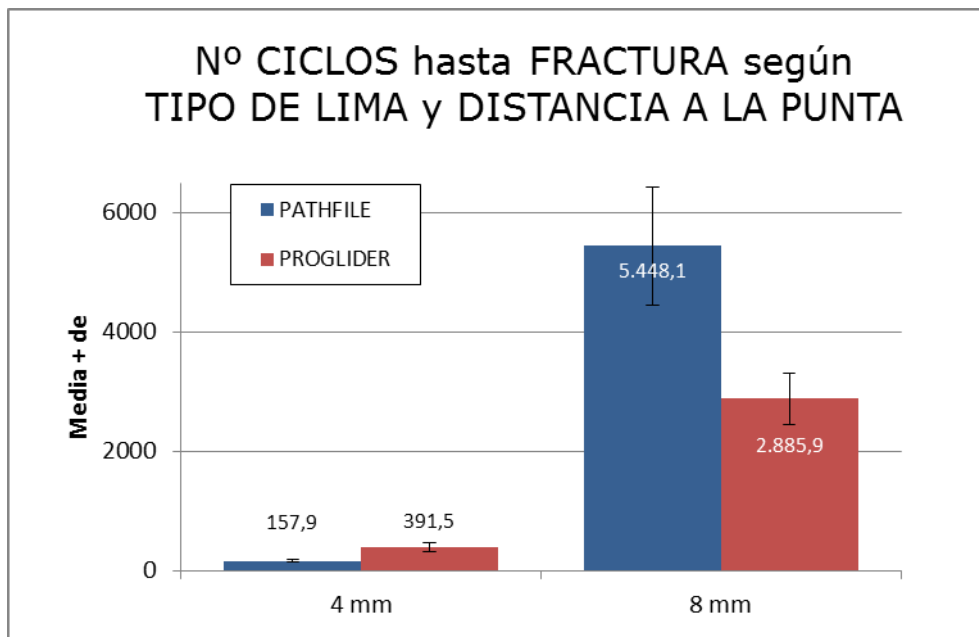
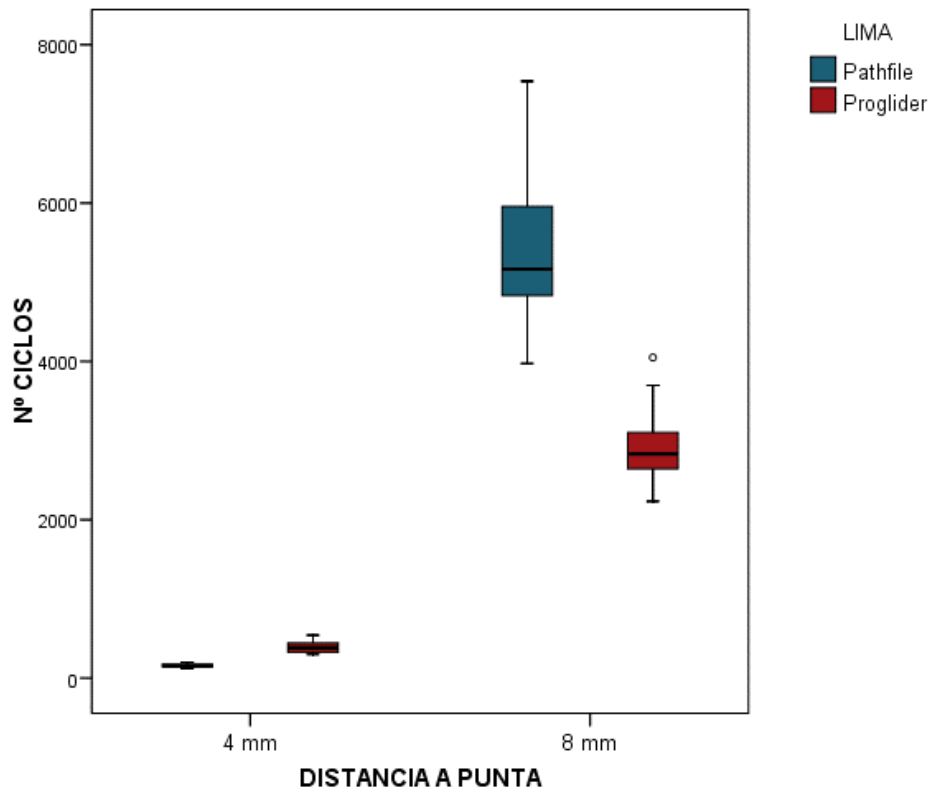
Así pues, se obtuvo que PG fue más resistente a la fatiga cíclica que PF en D4. En cambio, en D8, PF fue más resistente que PG.

Tabla 3.1.- Descriptiva del número de ciclos según tipo de lima y distancia a la punta

				N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
DISTANCIA	4 mm	TIPO de LIMA	Total	40	274,68	128,00	116,62	541,45	249,90
			PATHFILE	20	157,85	19,58	116,62	199,92	154,11
			PROGLIDER	20	391,51	67,19	299,88	541,45	383,18
	8 mm	TIPO de LIMA	Total	54	4167,01	1498,02	2232,44	7538,65	4010,90
			PATHFILE	27	5448,13	990,09	3973,41	7538,65	5164,60
			PROGLIDER	27	2885,88	430,50	2232,44	4048,38	2832,20

El gráfico box-plot siguiente permite visualizar la distribución completa de valores de número de ciclos registrados por el investigador:

La caja concentra al 50% de los casos, siendo la mediana la línea horizontal que la divide. Los bordes superior e inferior de la caja se corresponden con el 1er y 3er cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los "bigotes" se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por encima de los cuales están los atípicos (circulados) y los extremos (estrellados).



Discusión

Hay variaciones durante el proceso de manufactura de los instrumentos de endodoncia que producen distintos efectos en las propiedades de los mismos. Consecuentemente, es importante para los clínicos conocer las propiedades y las diferencias entre instrumentos para obtener el máximo beneficio de las nuevas tecnologías (Gao *et al.* 2014). La preparación del glidepath es necesaria previa a la instrumentación del canal radicular con instrumentos rotatorios de NiTi para disminuir la incidencia de rotura de instrumentos (Sung *et al.* 2014). En instrumentos de pequeño calibre como los que son objeto de este estudio, que tengan mínima rigidez, baja resistencia a la fractura o variabilidad en el corte, son factores que contribuyen a la aparición de problemas a la hora dar los primeros pasos en la instrumentación mecánica del conducto, especialmente, si este es curvo (Allen *et al.* 2007). La resistencia a la fractura de los instrumentos usados para el pathfinding es tan importante como los instrumentos usados para conformar el canal radicular posteriormente (Sung *et al.* 2014). Consecuentemente, los instrumentos endodóncicos usados en la negociación de conductos radiculares estrechos y curvos deberían tener propiedades mecánicas que permitan una progresión segura y eficiente hacia el ápice radicular (Allen *et al.* 2007, Lopes *et al.* 2011, 2012a). Este estudio comparó las propiedades mecánicas de los instrumentos PG que están manufacturados usando la aleación de NiTi M-Wire, con los instrumentos PF que están fabricados con una aleación de NiTi convencional. Los resultados conducen al rechazo de la hipótesis nula, pues PG tiene significativamente una mayor resistencia a la fatiga cíclica que PF allá donde sus secciones transversales son similares, y por tanto, comparables, que es el la zona apical del instrumento (en este estudio D4), que va a ser la que se va a encontrar una mayor resistencia a la hora de encarar el negociado de un nuevo canal radicular. Por el contrario en niveles más alejados del ápice del instrumento, D8, debido a la mayor sección transversal de PG, y por tanto, tener más masa de material en ese punto, la resistencia a la fatiga cíclica se ve en perjuicio respecto a PF, que en el mismo punto tiene un grosor de sección menor, y por tanto, menos masa, lo que le hace más resistente pese a ser de una aleación de NiTi convencional.

La resistencia a la fatiga cíclica puede ser influenciada por la aleación y/o el proceso de manufactura del instrumento (Gambarini *et al.* 2008). PG está fabricada usando la aleación de NiTi M-Wire, mientras que para crear los instrumentos PF se usó una aleación de NiTi convencional (Dentsply-Maillefer 2014). La tecnología M-Wire proporciona una mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica que aquellas hechas de una aleación superelástica (Gao *et al.* 2010, Pereira *et al.* 2012).

Otro factor que influye a la resistencia a la fatiga cíclica es la sección transversal del instrumento: cuanto mayor sea, menor resistencia a la fatiga cíclica tendrá. PG es un instrumento de conicidad variable, esto es, comienza de un 16/02 en su punta y progresivamente va aumentando su sección hacia el vástago. Por el contrario, PF tiene una conicidad del 2%, por lo que el aumento de anchura del instrumento a medida que subimos hacia el vástago es mucho más lento que en PG, lo que lleva a que en D8 PG

tenga considerablemente más ancha su sección transversal que PF. Mientras que en D4, ambas limas son de similar sección transversal: PG, 364.290 μm^2 y PF, 328.660 μm^2 aproximadamente bajo microscopio electrónico, ambos instrumentos de sección cuadrangular (Elnaghy *et al* 2014).

En numerosos estudios como los publicados por Pruett, Plotino, Grande, se pone de manifiesto que existen otros factores que influyen en la resistencia a la fatiga cíclica, pero que en este estudio no han afectado por no haber modificado sus valores, como son: la cinemática (con movimiento continuo existe menor resistencia a la fatiga cíclica que con movimiento recíprocante); aleación y tratamiento de superficie de la lima; Sección transversal del instrumento: estos dos últimos se han desarrollado previamente; velocidad de rotación del instrumento (a mayor velocidad, menor resistencia); y número de usos (cuanto más usos, menor resistencia). Para evaluar en ensayos in-vitro la resistencia a la fatiga cíclica influirán: el ángulo de giro (a mayor ángulo, menor resistencia); el radio de curvatura (a menor radio, menor resistencia); La geometría del canal artificial (canales de una curvatura solamente fatigarán menos las limas que otros de doble o triple curvatura. Además, el diámetro de la luz interior debe ser 0,1mm más ancho que el diámetro del instrumento a testar); Material de elaboración del canal artificial (acero inoxidable o resina epoxi); o si el dispositivo es estático o dinámico (estático menor resistencia que con movimientos de picoteo) son los que se deberá tener en cuenta.

Conclusiones:

La resistencia a la fatiga cíclica se ve influida tanto por el tipo de instrumento, con diferente aleación, como por la distancia desde la punta hasta el punto de fractura, debido a la sección transversal. En conclusión PG (NiTi M-Wire) mostró una mayor resistencia a la fatiga cíclica que PF (NiTi convencional), donde sus secciones transversales son similares, en D4, pero diferentes aleaciones. Sin embargo, en D8 y debido a la menor sección transversal, PF es más resistente que PG pese a ser de NiTi convencional.

Bibliografía:

- Alapati SB, Brantley WA, Iijima M *et al.* (2009) Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 35, 1589-93.
- A-Hadlaq SM, Aljarbou FA, AlThumairy RI (2010) Evaluation of cyclic flexural fatigue of M-Wire nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 36, 305-7.
- Allen MJ, Glickman GN, Griggs JA (2007) Comparative analysis of endodontic pathfinders. *Journal of Endodontics* 33, 723-6.
- Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D (2004) Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *Journal of Endodontics* 30, 228-30.
- Berutti E, Cantatore G, Castellucci A *et al* (2009) Use of nickel-titanium rotary Pathfile to create the glide path: comparison with manual preflaring in simulated root canals, *Journal of Endodontics* 35, 408-12.
- Cheung GSP (2007) Instrument fracture mechanism, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endodontic Topics* 16, 1-26.
- D'Amario M, Baldi M, Petrioca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C (2013) Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *Journal of Endodontics* 39, 1581-4.
- Dentsply Maillefer (2014) The ProGlider Brochure. Available at: http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/line_218x7950/product_218x9225/
- Elnaghy AM (2014) The Proglider Brochure. Available at: http://www.dentsplymaillefer.com/#/218x624/line_218x7950/product_218x9225/
- Elnagy AM, Elsaka SE (2014) Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel-titanium rotary instruments. *International Endodontic Journal* 1-8.
- Gambarini G (2001a) Cyclic fatigue of Profile rotary instruments after a prolonged clinical use, *International Endodontic Journal* 34, 386-9.
- Gambarini G (2001b) Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *Journal of Endodontics* 27, 772-4.
- Gambarini G, Grande NM, Plotino G *et al* (2008) Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *Journal of Endodontics* 34, 1003-5.

- Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, Testarelli L (2011) Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *International journal* 44, 337-41.
- Gambarini G, Plotino G, Sannino G *et al* (2014) Cyclic fatigue of instruments for endodontic glide path. *Odontology [Epub ahead of print]*.
- Gao Y, Shotton V, wilkinson K, Philips G, Johnson WB (2010) Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of Endodontics* 36, 1205-9.
- Gao Y, Gutmann JL, Wilkinson K, Maxwell R, Ammon D (2012) Evaluation of the impact of raw material on the fatigue and mechanical properties of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of Endodontics* 38, 398-401.
- Ha JH, Kim SK, Cohenca N, Kim HC (2013) Effect of R-Phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture, *Journal of Endodontics* 39, 389-93.
- Hall EO (1951) The deformation and ageing of mild Steel: III-discussion of results. *Proceedings of Physical Society* 64, 774-51.
- Jafarzadeh H, Abbott PV (2007) Ledge formation: review of a great challenge in endodontics, *Journal of Endodontics* 33, 1155-62.
- Kim HC, Kwak SW, Cheung, GS, Ko DH, Chung SM, Lee W (2012) Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: reciproc versus WaveOne, *Journal of Endodontics* 38, 541-4.
- Lee MH, Vesluis A, Kim BM, Lee CJ, Hur B, Kim HC (2011) Correlation between experimental cyclic fatigue resistance and numerical stress analysis for nickel-titanium rotary files, *Journal of Endodontics* 37, 1152-7.
- Lopes HP, Elias CN, Vieira VT *et al.* (2010) Effects of electropolishing Surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 36, 1653-7.
- Lopes HP, Elias CN, Amaral G *et al.* (2011) Torsional properties of pathfinding instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. Oral Radiology and Endodontics* 112, 667-70
- Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF Jr *et al.* (2012a) Mechanical behavior of pathfinding endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 38, 1417-21.
- Lopes HP, Elias CN, Mangelli M *et al.* (2012b) Buckling resistance of pathfinding endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 38, 402-4.
- Lopes HP, Gambarra-Soares T, Elias CN *et al.* (2013) Comparison of the mechanical properties of rotary instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, or nickel-titanium alloy in R-phase. *Journal of Endodontics* 39, 516-20.

- Nakagawa RK, Alves JL, Buono VT, Bahia MG (2014) Flexibility and torsional behaviour of rotary nickel-titanium PathFile, RaCe ISO 10, Scout RaCe and stainless Steel K-File hand instruments. *International Endodontic Journal* 47, 290-7.
- Ninan E, Berzins DW (2013) Torsion and bending properties of shape memory and superelastic nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 39, 101-4.
- Park SY, Cheung GS, Yum J, Hur B, Park JK, Kim HC (2010) Dynamic torsional resistance of nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 36, 1200-4.
- Patiño PV, Biedma BM, Liébana CR, Cantatore G Bahillo JG (2005) The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *Journal of Endodontics* 31, 114-6.
- Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rpisarda E (2013) Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 39, 258-61.