

Deformación y límite de fractura de dos sistemas rotatorios PROTAPER UNIVERSAL[®] y PROTAPER NEXT[™]

Deformation and fracture limit of PROTAPER UNIVERSAL[®] and PROTAPER NEXT[™] rotary systems after their use

Elizabeth Müller¹, Nathaly Reina¹, Nury A Solano¹, Juan Carlos Murcia²,
Ángela Suárez³, Jaime Andrés Cubides⁴

RESUMEN

Objetivo: Identificar el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios ProTaper Next[™] y ProTaper Universal en conductos severamente curvos simulados, posteriores al uso clínico. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio experimental *in vitro*, en el que se comparó la deformación y fractura de los sistemas rotatorios ProTaper Next[™] y ProTaper Universal[®]. Se utilizaron 30 instrumentos del sistema rotatorio ProTaper Next[™] 10 de cada referencia (X1, X2 y X3) y 60 instrumentos del sistema rotatorios ProTaper Universal[®], 10 de cada referencia (SX, S1, S2, F1, F2, F3) para preparación mecánica de cubos de resina estandarizados. **Resultados:** Instrumentos del sistema PTN funcionaron adecuadamente hasta el uso 10, a diferencia del sistema PTU donde la mayoría de los grupos se fracturó en el uso 5. El número de usos promedio del sistema PTN fue de 8,7 y en el sistema PTU el promedio de uso fue de 4,1. Existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0,001$) entre los 2 sistemas rotatorios. **Conclusión:** En el presente estudio se evidenció que las limas PTN presentan un comportamiento superior frente al número de usos, comparado con las del sistema rotatorio PTU.

Palabras clave: Protaper next, Protaper universal, deformación, límite de fractura, numero de usos.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to identify the degree of deformation and fracture limit of Next ProTaper Universal[™] and ProTaper rotary systems in severely curved canals clinically simulated after their use. **Materials and Methods:** An experimental study was conducted *in vitro*, in which the deformation and fracture of ProTaper ProTaper Universal[®] Next[™] and Pro Taper rotary systems were compared. 30 instruments ProTaper Next[™] rotary system, 10 of each reference system (X1, X2 and X3) and 60 instruments ProTaper Universal[®] rotary system, 10 of each reference (SX, S1, S2, F1, F2, F3) were used for mechanical preparation of standardized resin cubes. **Results:** PTN Instruments system functioned appropriately until the 10th use, unlikely to PTU system, where the most groups fractured in the fifth use. The average number of uses for PTN was 8.7 and 4.1 for PTU system, which shows that there are statistically significant differences ($P = 0.001$) between the two rotating systems. **Conclusion:** In the present study evidenced that the PTN files have superior performance compared to the number of applications compared with the PTU rotating system.

Keywords: Protaper next, Protaper universal, deformation, fracture limit, number of uses.

Grupo de Investigación - Ciencias Odontológicas UNICOC

1. Residentes Especialización en Endodoncia.
2. Odontólogo, Especialización en Endodoncia.
3. Odontóloga, Especialización en Epidemiología.
4. Médico Veterinario, Especialización en estadística aplicada.

Autor responsable de correspondencia: Juan Carlos Murcia
Correo electrónico: jcmurciac@unicoc.edu.co

Citar como: Müller E, Reina N, Solano NA, Murcia JC, Suárez A, Cubides A. Deformación y límite de fractura de dos sistemas rotatorios PROTAPER UNIVERSAL[®] y PROTAPER NEXT[™]. Journal Odont Col. 2015;8(15):11-17

Recibido: Mayo 2015, aceptado: Junio 2015

INTRODUCCIÓN

Una de las fases críticas en el tratamiento de conductos es la preparación del canal radicular,¹ el cual incluye la remoción de los tejidos vitales y necróticos, junto con la dentina radicular infectada; eliminando la mayor cantidad posible de elementos microbianos y creando una situación en la que se evite el traspaso de microorganismos o sustancias tóxicas desde el sistema de conductos hacia los tejidos apicales de soporte.² Tiene por finalidad adecuar el espacio del conducto para facilitar la desinfección por medio de irrigantes y medicamentos. Por lo tanto, la preparación del conducto es la fase esencial que elimina la infección, limpia y conforma el conducto radicular sin que se desvíe de la curvatura original, facilitando el selle final tridimensional.²⁻⁴

En las últimas 2 décadas, los instrumentos de Níquel-Titanio (NiTi) se han convertido en parte de los implementos terapéuticos para la preparación de conductos radiculares,⁵ ya que poseen importantes propiedades mecánicas como: Flexibilidad, resistencia a la torsión, y fatiga a la flexión, requisitos fundamentales para aumentar la tasa de éxito de los tratamientos.⁶

Asimismo, se han introducido en la práctica clínica, diversos instrumentos rotatorios de Níquel-Titanio dentro de los cuales se puede encontrar el ProTaper Universal® (PTU) (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) que es un sistema rotatorio NiTi fabricado con conicidad progresiva a lo largo de las estrías de corte, secciones transversales triangulares convexas y punta no cortante. Recientemente, fue incluido al mercado el sistema rotatorio ProTaper Next™ (PTN) (Dentsply Tulsa Dental); este instrumento está elaborado de aleación de M-Wire, y sus características de diseño incluyen conicidades variables y una sección transversal rectangular descentrada.⁷

Con el aumento de la adopción de estos instrumentos, en la práctica contemporánea, las fracturas de los mismos se han tornado más frecuente, la tasa de fractura de instrumentos NiTi varía desde 0,3% a 39%, a pesar de las propiedades de estos instrumentos.^{3,5,8} La fractura es una preocupación importante entre los clínicos, debido a que pueden sufrir fallos inesperados sin signos visibles de deformación plástica.^{5,8} Por tal razón los fabricantes recomiendan un uso limitado de los instrumentos rotatorios de NiTi especialmente en conductos curvos.^{5,9} Resulta esencial que los odontólogos y endodoncistas conozcan las características de los diferentes sistemas rotatorios de NiTi y las implicaciones asociadas a su uso, de acuerdo, a las

condiciones clínicas de tratamientos de endodoncia y el número de veces que puede ser empleado antes de que ocurra la fractura.^{10,11} La fractura a menudo, es el resultado del uso inadecuado o excesivo de un instrumento y asimismo depende de la habilidad del operador, lo cual puede complicar y comprometer el resultado del tratamiento de endodoncia, especialmente si el fragmento impide el acceso a la región apical de un conducto infectado.¹²⁻¹³

No se ha establecido en la literatura el número de usos que soporta un instrumento rotatorio de NiTi antes de que ocurra la fractura. Diversos autores coinciden en que esta falla está dada por la forma en que se emplean, así como también, por la morfología del conducto radicular, por este motivo resulta relevante identificar el número de usos que pueden resistir las limas antes de la fractura durante la preparación endodóntica.^{9,13,14}

Debido a la escasa literatura del sistema rotatorio PTN™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), se pretende dar a conocer información actualizada, respecto al promedio de vida útil de los instrumentos de este sistema observando los cambios dimensionales que sufre cada instrumento con el uso clínico repetido, dando la posibilidad de obtener resultados más aproximados a la realidad al utilizarse en conductos simulados con anatomía compleja que justifique el uso de estos instrumentos.^{15,16}

La siguiente investigación estableció como finalidad identificar el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios PTN™ y PTU® en conductos severamente curvos simulados, posterior al uso clínico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental *in vitro*, en el que se comparó la deformación y fractura de los sistemas rotatorios PTN™ y PTU®. Se utilizaron 30 instrumentos del sistema rotatorio PTU™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), 10 de cada referencia (XI, X2 y X3) y 60 instrumentos del sistema rotatorio PTU® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza), 10 de cada referencia (SX, SI, S2, F1, F2, F3) para la preparación mecánica de cubos de resina estandarizados (endo entrenamiento en bloque, Dentsply Maillefer®) con curvaturas severas simuladas.¹⁶ Los cubos fueron preparados por un solo operador siguiendo las indicaciones del fabricante, el motor empleado para realizar la preparación con los dos sistemas rotatorios fue el X-Smart® (Dentsply®, Maillefer®) ya que este mo-

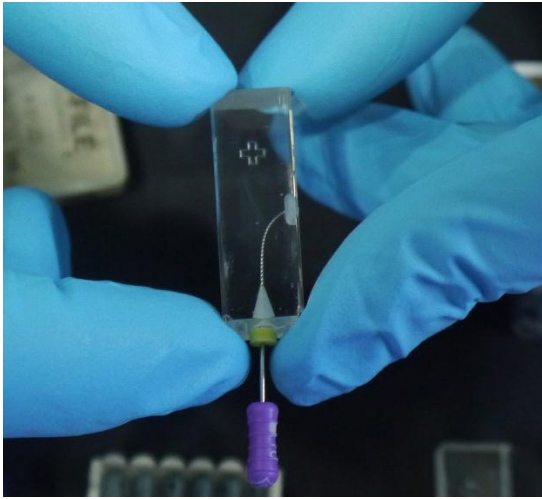


Figura 1
Verificación de la permeabilidad del conducto

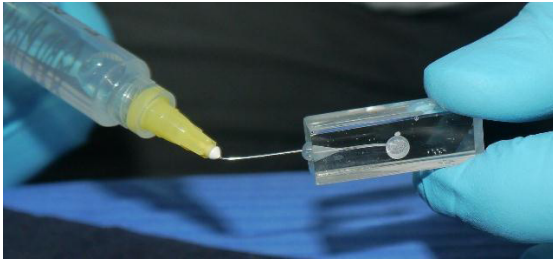


Figura 2
Irrigación con agua destilada

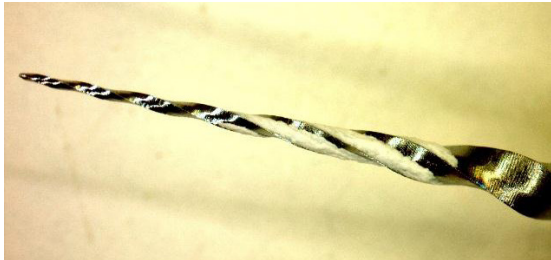


Figura 3
Instrumento F2 con restos de resina en las estrías

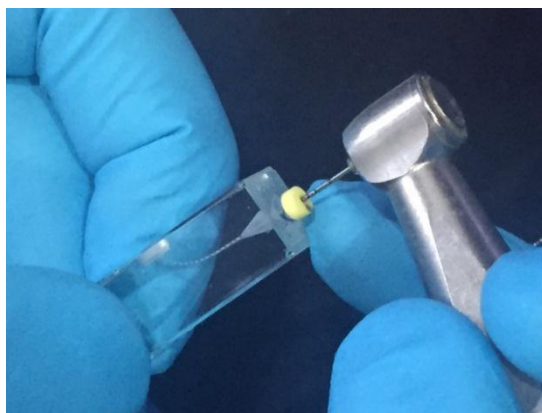


Figura 4
Preparación mecánica en bloques de resina

tor es el recomendado por la casa fabricante y cuenta con la programación de torque y revoluciones por minuto para el uso de cada lima.¹⁷

La irrigación se realizó con una jeringa plástica de 3 cc y una aguja monoject® de calibre 27 con agua destilada después del uso de cada lima, y se retiraron los excesos de resina de las estrías del instrumento usando una gasa húmeda.¹⁸

Después de la preparación de cada cubo los instrumentos utilizados se observaron con el microscopio quirúrgico Carl Zeiss Meditec AG SI 00 (OPMI pico)® y posteriormente se sumergieron en detergente enzimático y se lavaron con agua y cepillo de cerdas suaves, posteriormente se secaron con una toalla absorbente, se empaclaron en bolsas de polipropileno-poliéster con base de papel autosellables y se esterilizaron. Este protocolo se realizó después de cada uso hasta que la primera lima de la serie se fracturó.¹⁸ Después de la fractura del primer instrumento, se analizó con microscopía electrónica de barrido (SEM) MFP-3D-BIO™ AFM para obtener una imagen más detallada de las deformaciones y fracturas de los instrumentos después de ser utilizados.¹⁶

SECUENCIA DE INSTRUMENTACIÓN PROTAPER NETX™

Se realizó permeabilidad del conducto utilizando limas manuales preserie, se determinó la longitud de trabajo, con irrigación se utilizaron limas para permeabilidad mecanizadas específicas Pathfile® 13/02, 16/02 y 19/02 en presencia de agua destilada en forma de cepillado, se instrumentó con lima PTN XI a longitud de trabajo (0.17/04). Se utilizó una PTN X2 (025/06) y X3 (30/07), exactamente igual a la XI, hasta alcanzar pasivamente la longitud de trabajo.

Se examinaron las estrías apicales de las limas y se retiraron los restos de resina, después de cada entrada al conducto y por último se calibró el tamaño del foramen con una lima Maillefer® manual 30. Si la lima ofrecía resistencia al alcanzar la longitud de trabajo, el conducto ya se encontraba conformado.¹⁹

PROTAPER UNIVERSAL®

Se realizó la permeabilidad del conducto con limas manuales K8, 10 y 15 para crear un trayecto adecuado para realizar la instrumentación rotatoria, a continuación se ensanchó el tercio coronal del conducto con SX con un movimiento continuo y constante con ligera presión apical, llevando los instrumentos una sola vez a longitud deseada, en este caso hasta el tercio coronal, para disminuir el riesgo de fractura, se

limpiaron las limas con una gasa, para evitar que se entorchara en la resina y se fracturara, se utilizaron limas SI y S2 para ampliar tercio coronal y medio.

La irrigación se realizó en cada paso de lima para una mayor seguridad del tratamiento. El tercio apical se preparó con limas F1 hasta la longitud de trabajo, recapitulando con una lima K10, entre paso de limas mecanizadas y se realizó de la misma manera la instrumentación con limas F2 y F3.²⁰

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó análisis estadístico descriptivo de los datos (frecuencia, promedio y desviación estándar), posteriormente se llevó a cabo estadística inferencial. Se utilizó el test de Mann-Whitney, partiendo de la hipótesis nula: no existen diferencias en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios ProTaper Next™ y ProTaper Universal®, posterior al uso clínico. La hipótesis alterna fue: existen diferencia en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios de limas ProTaper Next™ y ProTaper Universal® posterior al uso clínico.

RESULTADOS

Los objetivos del presente estudio fueron identificar el número de usos de los sistemas rotatorios PTN™ y PTU® hasta presentar fractura, y el primer instrumento en presentar deformación y desgaste después del uso clínico.

Instrumentos del sistema PTN funcionaron adecuadamente hasta el uso 10 a diferencia del sistema PTU donde la mayoría de los grupos se fracturaron en el uso 5. (Tabla 1) El número de usos promedio de las PTN fue de 8,7 y en el sistema PTU el promedio de uso fue de 4,1 (Tabla 2). Con este análisis se puede observar que las limas PTN™ presentaron mayor número de usos que el sistema PTU®.

El análisis estadístico se realizó con el test de Mann Whitney en el cual se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ($p=0,001$) entre los 2 sistemas rotatorios, rechazando así la hipótesis nula, donde se afirma que no existen diferencias en la deformación, desgaste y límite de fractura en los sistemas rotatorios PTN™ y PTU®.

Para determinar la primera lima en fracturarse para cada uno de los sistemas, se realizó un análisis descriptivo de los datos y se observó que para el sistema PTU la lima con mayor frecuencia de fractura fue la F2, mientras en PTN fue X2, seguida de X3 (Tabla 4).

Tabla 1				
Usos del sistema PTN y PTU				
	ProTaper Next™		ProTaper Universal®	
Grupo	Numero de Usos	Lima Fracturada	Numero de Usos	Lima Fracturada
1	10	X2	5	F2
2	3	X2	4	F2
3	10	X2	4	F2
4	9	X3	1	F3
5	10	X2	5	F2
6	8	X2	3	F3
7	9	X2	5	F2
8	9	X3	5	F2
9	10	X2	4	F3
10	9	X2	5	F3

Tabla 2				
Promedio de usos de los sistemas PTN y PTU				
	ProTaper Next™		ProTaper Universal®	
Promedio de uso	Desvest	Promedio de uso	Desvest	
8,7	2,11	4,1	1,28	

Tabla 3			
Porcentaje de limas fracturadas			
Lima	ProTaper Next™ (%)	ProTaper Universal® (%)	Total (%)
F2	0,0	30,0	30,0
F3	0,0	20,0	20,0
X2	40,0	0,0	40,0
X3	10,0	0,0	10,0
Total	50,0	50,0	100,0

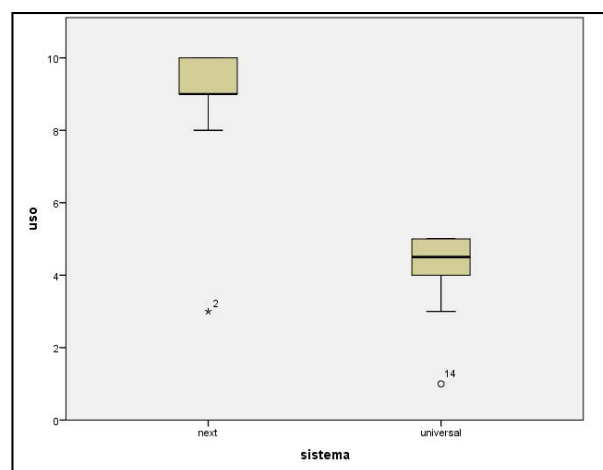


Figura 5

Diagrama boxplot. Número de usos según tipo de sistema PTU y PTN



Figura 6

Instrumento F1 después del primer uso

El desgaste y deformación de las limas se observó bajo el microscopio quirúrgico, se evidenció en el sistema PTU desde el primer uso con más frecuencia en las limas F2 y en el sistema PTN en el uso 2 y 3 en las limas XI y X2.

DISCUSIÓN

Este estudio propuso identificar el grado de deformación y el límite de fractura de los sistemas rotatorios PTU®, un sistema rotatorio ampliamente utilizado y PTN™, un sistema desarrollado recientemente en conductos severamente curvos simulados, posterior al uso clínico.

Se utilizaron conductos artificiales con el fin de estandarizar los parámetros de curvatura. Los conductos radiculares curvos simulados se pueden realizar en cualquier tamaño, forma o curvatura predeterminada y proporcionan un buen modelo experimental para evaluar los efectos de la preparación del conducto radicular con limas NiTi.²¹⁻²³ Estos conductos están elaborados en resina colada de poliéster, la curvatura simulada clasificada según Schneider en 1971²⁴ es una curvatura severa con un ángulo mayor a 25°. Según Yao *et al.* (2006),²⁵ el uso de canales artificiales estandarizados minimiza las otras variables en ensayo de fatiga cíclica.

En los resultados del presente estudio para las limas PTN se encontró que el número de usos máximo es de 10 veces, lo cual concuerda con el estudio de Yared *et al.* (1999),²⁶ quienes evaluaron la fatiga cíclica de instrumentos rotatorios NiTi utilizados, y declararon que los instrumentos rotatorios podrían utilizarse con seguridad en condiciones clínicas simuladas hasta 10 conductos, asimismo las conclusiones del artículo de Gambarini *et al.* (2001),¹³ evidencian que cada instrumento rotatorio fue operado con satisfacción en un máximo de 10 casos clínicos sin ningún fallo intra-conducto.

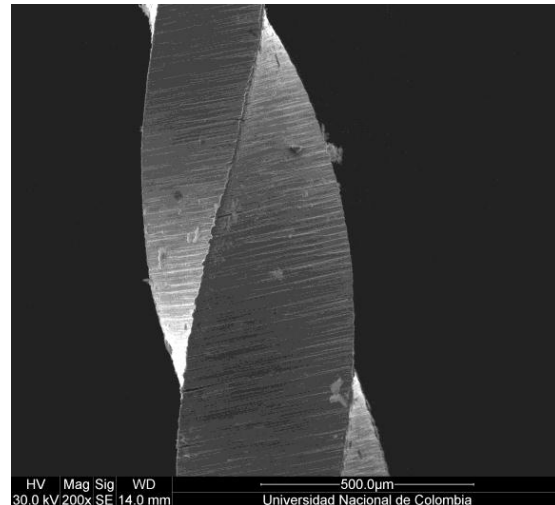


Figura 7

Instrumento X2 después del uso clínico

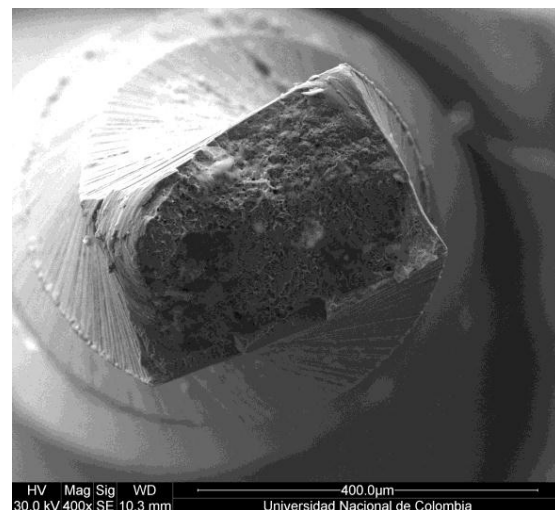


Figura 8

Punta del instrumento X2 después de la fractura

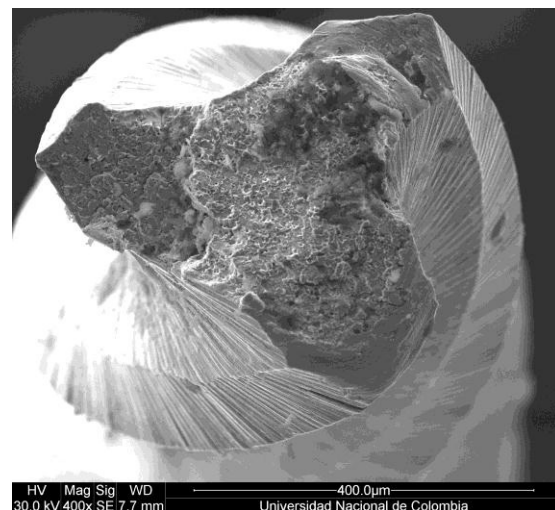


Figura 9

Punta del instrumento F2 después de la fractura

En el sistema PTU se observó que las limas tuvieron un uso máximo de 5 con un promedio de fractura de 4.1 usos, estos resultados son similares con los de Spanaki *et al.* (2006)²⁷ quienes reportaron un 26% de fractura de los instrumentos de PTU al cuarto uso. Igualmente Rodríguez *et al.* (2013),¹⁸ quienes indican que el promedio de fractura de estos instrumentos es de 3.9 usos en conductos simulados. Las limas que se fracturaron con mayor frecuencia del sistema PTU en los resultados de este estudio fue la F2 a diferencia del estudio reportado por Peng *et al.* (2005)²⁸ quienes encontraron que cerca del 38% de todas las limas desechadas en su estudio fueron instrumentos SI.

En el estudio de Shen *et al.* (2009),⁵ se encontró que la lima de la serie ProTaper® que más tendencia presentaba a la fractura era la S2 seguida por la SI y después por la F1. En el estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2013),¹⁸ reportan que la lima con más tendencia a la fractura es la F1 seguida de la F2. Dichas diferencias pueden encontrarse relacionadas con las características estructurales y diseños geométricos que presentan las limas las cuales tienen influencia sobre la susceptibilidad de los instrumentos de NiTi a la fractura mecánica, asimismo en el presente estudio se utilizaron las limas en conductos severamente curvos,^{29,30} también se puede atribuir al manejo del clínico el cual es el principal factor que regula el potencial de las limas NiTi para presentar a la fractura.³¹

En cuanto a las deformaciones clínicamente se observaron superficies con hoyuelos y en forma de bandas en concordancia con los resultados del estudio de Alapati *et al.* (2005)³² y Spanaki *et al.* (2006)²⁷ donde observaron los instrumentos clínicamente fracturados y presentando patrón de superficie característico de hoyuelo, los autores concluyeron que la fractura *in vivo* es causada por un solo incidente sobrecarga en lugar del mecanismo de fatiga después de un gran número de ciclos de carga. Comparando el estudio de Harrison *et al.* (2014)³³ donde comparan la resistencia a la fractura demuestra que las limas del sistema PTN son superiores a las limas del sistema PTU, resultados similares a los reportados por el presente estudio.

CONCLUSIONES

El número de usos del sistema rotatorio PTN es significativamente superior al del PTU, sin embargo es indispensable realizar un seguimiento de la cantidad de usos de los instrumentos, ya que las deformaciones comienzan desde el primer uso para las limas del sistema PTU y en el segundo y tercer uso para las limas PTN; a partir de estos resultados se recomienda

realizar estudios adicionales, similares, que permitan corroborar y comparar los resultados de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18:269–17
- Coldero L, McHugh S, MacKenzie D, Saunders W. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J.* 2002; 35:437–46.
- Hülsmann M, Peters A, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics.* 2005;10:30–46.
- Spratt D, Pratten JWM, Gulabivala K. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001;34:300–7.
- Shen Y, Haapasalo M, Cheung G, Peng B. Defects in Nickel-Titanium Instruments after Clinical Use. Part 1: Relationship between Observed Imperfections and Factors Leading to Such Defects in a Cohort Study. *J Endod.* 2009; 35:129–3.
- Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics.* 2013; 29:3-17.
- Arias A, Singh R, Peters O. Torque and Force Induced by ProTaper Universal and ProTaper Next during Shaping of Large and Small Root Canals in Extracted Teeth. *J Endod.* 2014; 40:973–3.
- Parashos P, Messer H. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006; 32:1031–43.
- Inan U, Gonulol N. Deformation and Fracture of Mtwo Rotary Nickel-Titanium Instruments After Clinical Use. *J Endod.* 2009; 35:1396–3.
- Elnaghy A, Elsaka S. Assessment of the Mechanical Properties of ProTaper Next Nickel-Titanium Rotary Files. *J Endod.* 2014; 40:1830–4.
- Wycoff R, Berzins D. An *in vitro* comparison of torsional stress properties of three different rotary nickel-titanium files with a similar cross-sectional design. *J Endod.* 2012; 38:1118–20.
- Lin L, Rosenberg P, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment. *J Am Dent Assoc.* 2005; 136:187–93.
- Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J.* 2001; 34:386-9.
- Parashos P, Gordon I, Messer H. Factors influencing defects of rotary nickeltitanium titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod.* 2004; 30:722–5.
- Elnaghy A. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. *Int Endod J.* 2014; 47:1034–5.
- Troian C, So M, Figueiredo J, Oliveira E. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *Int Endod J.* 2006; 39:616–9.
- Dentply International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 11. Available from: HYPERLINK“https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Equipment/X-Smart-Plus.aspx”
- Rodríguez S, Díaz C, Gamboa L, Niño J. Evaluación *in vitro* de la fractura de los instrumentos rotatorios Mtwo® y ProTaper®. *Acta Odontológica Colombiana.* 2013; 3:41-15.
- DENSTPLY International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 18. Available from: HYPERLINK “https://www.

- dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/Rotary-Files/ProTaper-Next.aspx
20. DENSTPLY International Inc. [Online].; 2015 [cited 2015 Julio 18. Available from: HYPERLINK”https://www.dentsply.co.uk/Products/Endodontics/Endodontic-Files/RotaryFiles/ProTaperUniversalRotary.aspx
 21. Lim K, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J.* 1985; 18:240-6.
 22. Lopes HP ea. Cyclic fatigue of ProTaper instruments. *J Endod.* 2007;33:55-7.
 23. Lopes H, Chiesa W, Correia N, al e. Influence of curvature location along an artificial canal on cyclic fatigue of a rotary nickel-titanium endodontic instrument. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;111:792-6.
 24. Schneider S. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg.* 1971; 32:271-4.
 25. Yao J, Schwartz S, Beeson T. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod.* 2006; 32:55-7.
 26. Yared GM BDFMP. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after simulated clinical use. *International Endodontic Journal.* 1999;32:115 – 9.
 27. Spanaki-Voreadi A, Kerezoudis N, Zinelis S. Failure mechanism of ProTaper Ni–Ti rotary instruments during clinical use: fractographic analysis. *Int Endod J.* 2006; 39:171-7.
 28. Peng B, Shen Y, Cheung G, Xia T. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: longitudinal examination. *Int Endod J.* 2005;38:550-7.
 29. Kim H, Cheung G, Lee C, Kim B, Park J, Kang S. Comparison of forces generated during root canal shaping and residual stresses of three nickel-titanium rotary files by using a three-dimensional finite element analysis. *J Endod.* 2008; 34:743-7.
 30. Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod.* 2001; 27:516-20.
 31. Cohen S, Hargreaves K. *Pathways of the pulp.* 9th ed.; 2006.
 32. Alapati S. SEM observations of nickel–titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod.* 2005;40-3.
 33. Nguyen H, Fong H, Paranjpe A. Evaluation of the Resistance to Cyclic Fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and Vortex Blue Rotary Instruments. *J Endod.* 2014; 40:1190–3..