



ARTÍCULO
ORIGINAL



Bernardo Justo, Noelia
Graduada en Odontología. Máster universitario en Endodoncia Avanzada. Universidad Europea de Madrid.

Valencia de Pablo, Óliver
Doctor en Odontología. Profesor del Máster universitario en Endodoncia Avanzada. Universidad Europea de Madrid.

Díaz-Flores García, Víctor
Doctor en Biomedicina y Ciencias de la Salud. Licenciado en Odontología. Licenciado en Derecho. Profesor del Máster universitario en Endodoncia Avanzada. Universidad Europea de Madrid.

Caballero Sánchez, José Antonio
Ingeniero Técnico de obras públicas (Not). Técnico de laboratorio. Laboratorio de Ensayos de Tecnologías de la Edificación. Universidad Europea de Madrid.

Cisneros Cabello, Rafael
Doctor en Medicina y Cirugía. Director del Máster universitario en Endodoncia Avanzada. Universidad Europea de Madrid.

Indexada en / Indexed in:

- IME
- IBECs
- LATINDEX
- GOOGLE ACADÉMICO

Correspondencia:

Víctor Díaz-Flores García
Universidad Europea de Madrid
C/ Tajo s/n.
28670 Villaviciosa de Odón – Madrid.
victor.diaz.flores@universidadeuropea.es

Fecha de recepción: 17 de junio de 2019
Fecha de aceptación para su publicación:
24 de junio de 2020.

Evaluación de la resistencia a la fractura de dientes instrumentados con ProTaper Gold, ProTaper Next y WaveOne Gold

Bernardo Justo, N. Valencia de Pablo, O. Díaz-Flores García, V. Caballero Sánchez, J. A. Cisneros Cabello, R. Evaluación de la resistencia a la fractura de dientes instrumentados con ProTaper Gold, ProTaper Next y WaveOne Gold. *Cient. Dent.* 2020; 17; 2: 115-120

RESUMEN

Introducción: el tratamiento de conductos produce cambios físico-químicos en la dentina y una pérdida estructural significativa para el diente, lo que lo hace más susceptible a la fractura.

Material y métodos: 64 premolares mandibulares fueron decoronados y divididos aleatoriamente en cuatro grupos (n=16): grupo control (CG) no tratado, grupo instrumentado ProTaper Gold® (PTG®) (25.08), grupo instrumentado ProTaper Next® (PTN®) (25.06) y grupo instrumentado WaveOne Gold PRIMARY® (WOG®) (25.07). Durante la instrumentación, se realizó la irrigación con NaOCl al 5,25% con una jeringa Monoject® y tras la instrumentación, las muestras se irrigaron con NaOCl, EDTA 17% y NaOCl activado sónicamente. Los conductos radiculares se obturaron utilizando el sistema B&L®, y posteriormente se colocaron en bloques de resina acrílica estandarizados para ser cargados con una fuerza vertical constante de 0,02 mm/s hasta que se produjo la fractura de la raíz, mediante una máquina de ensayo universal (ME-405/20, Servosis®). Las comparaciones entre grupos se analizaron con la prueba ANOVA.

Resultados: No hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre el GC y los grupos instrumentados con PTN® y WOG®; tampoco entre los grupos PTN® y WOG®. Sin embargo, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo instrumentado con PTG® y el resto de los grupos, siendo el grupo PTG® el más susceptible a la fractura.

Conclusiones: El sistema PTG® fue el que más debilitó las raíces después de la instrumentación, en comparación con los sistemas WOG® y PTN®.

EVALUATION OF THE FRACTURE STRENGTH OF TEETH INSTRUMENTED WITH PROTAPER GOLD, PROTAPER NEXT AND WAVEONE GOLD

ABSTRACT

Introduction: root canal treatment produces physico-chemical changes in the dentine and a significant structural loss for the tooth what makes it more susceptible to fracture.

Material and methods: 64 mandibular premolar were decoronated and randomly divided into four groups (n=16): control group (CG) non-treated, ProTaper Gold™ (PTG™) instrumented group (25.08), ProTaper Next™ (PTN™) instrumented group (25.06) and WaveOne Gold™ PRIMARY (WOG™) instrumented group (25.07). While shaping, cleaning was done with NaOCl 5,25% using a Monoject™ syringe and after shaping, roots were irrigated with NaOCl, EDTA 17% and NaOCl sonically activated. Root canals were obturated using B&L™ system, embedded into standardized acrylic resin blocks and load with a constant vertical force of 0,02 mm/s until root fracture was produced using a universal testing machine (ME-405/20, Servosis™). Comparisons among groups were analyzed with ANOVA test.

Results: There were no statistically significant differences ($p > 0,05$) between the CG and the groups instrumented with PTN™ and WOG™; neither among PTN™ and WOG™ groups. However, statistically significant differences were obtained between the group instrumented with PTG™ and the rest of the groups being PTG™ group the most susceptible to fracture.

PALABRAS CLAVE

Instrumentación; Resistencia a la fractura; ProTaper Next®; ProTaper Gold®; WaveOne Gold®.

Conclusions: PTG™ system was the one that weakened more the roots after the instrumentation in comparison with the WOG™ and PTN™ systems.

KEY WORDS

Instrumentation; Fracture resistance; ProTaper Next™; ProTaper Gold™; WaveOne Gold™.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento endodóntico conlleva cambios en las propiedades físico-químicas de la dentina¹. Además, produce una considerable pérdida estructural para el diente, tanto a nivel coronal como radicular, aumentando su susceptibilidad a fallos mecánicos y biológicos en comparación con dientes vitales y, en consecuencia, un mayor riesgo de fractura².

Una fractura radicular vertical (FRV) es una complicación que puede darse durante o debido al tratamiento de conductos y que, en la mayoría de los casos, implica la extracción del diente^{3,4} o la resección de la raíz afectada⁵.

Rara vez una FRV puede observarse directamente durante el tratamiento de conductos como consecuencia de una fuerza excesiva. La fuerza requerida para originar una fractura, según el diente, oscila entre 10 y 12 kg y, por lo general, durante la endodoncia el diente puede sufrir cargas de 1 a 3 kg⁴.

Sin embargo, la conformación y obturación de los conductos puede generar un estrés sobre la dentina suficiente como para poder originar microcracks, los cuales podrían evolucionar con el tiempo y convertirse en fracturas completas^{3,6}.

Las fracturas radiculares ocurren cuando el estrés tensional sobre las paredes del conducto excede el límite del estrés que puede soportar la dentina⁷.

Se han descrito múltiples factores asociados al diente que aumentan el riesgo de fractura como la caries, la edad de la dentina y la interacción de las bacterias con ésta. Por otra parte, la preparación de la cavidad de acceso endodóntico, el efecto de los irrigantes y la preparación mecánica de los conductos radiculares pueden incrementar dicho riesgo².

Existe una relación directa entre la cantidad de estructura dentaria remanente y la capacidad de resistir a las fuerzas de la masticación. Durante la instrumentación, los conductos se conforman por el contacto entre la lima y las paredes de dentina lo cual genera momentos de estrés que pueden dar lugar a la formación de microcracks.

Al comparar la instrumentación manual con la rotatoria, múltiples estudios coinciden en que la instrumentación rotatoria produce un mayor índice de microcracks que la manual⁸. Las limas manuales trabajan a menor velocidad,

conceden una mejor sensación táctil y generan menos estrés en comparación con la instrumentación rotatoria. Sin embargo, los sistemas rotatorios ofrecen una mayor ventaja a la hora de conformar y permitir la desinfección del conducto⁹, por lo que hoy en día, para la mayoría de los casos, son el método de elección.

El objetivo de este estudio fue comparar *in vitro* la resistencia a la fractura de dientes unirradiculares instrumentados con los sistemas ProTaper Gold® (PTG®; Dentsply-Maillefer®; Ballaigues, Suiza), ProTaper Next® (PTN®; Dentsply-Maillefer®) y WaveOne Gold® (WOG®; Dentsply-Maillefer®) partiendo de la hipótesis de que el diseño de la lima, aleación y movimiento van a influir en la tensión generada sobre las paredes del conducto durante la instrumentación.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este estudio se seleccionaron primeros y segundos premolares mandibulares extraídos. En el estudio se incluyeron solo aquellos que hubieran completado su desarrollo radicular, que no presentaran caries ni restauraciones a nivel radicular, reabsorciones externas y/o internas, signos de traumatismo previo o desgaste por bruxismo y que no tuvieran cracks ni fisuras a lo largo de la raíz.

Las muestras fueron radiografiadas usando el método de Schneider¹⁰ para descartar aquellas que presentaran más de un conducto, una curvatura del canal superior a 5 grados o hubieran sido previamente endodonciadas. Los dientes fueron almacenados en timol al 0,1% hasta su uso.

TAMAÑO MUESTRAL Y GRUPOS

En base a los resultados del estudio de Çiçek y cols.,¹¹ en el cual se comparaba la resistencia a la fractura vertical de dientes instrumentados con diferentes sistemas de Níquel-Titanio, se asumió que la diferencia en el resultado principal de la resistencia a la fractura es del orden de 100 Newtons (N) (observada en dicho estudio entre los sistemas PTN® y MT) y una desviación típica de 95. Fueron necesarios 16 dientes en cada rama para alcanzar una potencia del 80% con un nivel de significación del 5% en una prueba de diferencia de medias independientes.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Tras la eliminación de los restos de tejido blando y cálculo con ayuda de curetas y ultrasonidos, las muestras fueron seccionadas transversalmente a 12 mm del ápice con un disco diamantado a alta velocidad y bajo refrigeración con agua y fueron divididas al azar en cuatro grupos (n=16):

- Grupo 0 (grupo control, GC): no fue instrumentado ni obturado.
- Grupo 1 (grupo PTG®): instrumentado siguiendo la secuencia establecida por el fabricante (SX, S1, S2, F1) hasta una F2 (25.08) realizando un *glide path* manual previo hasta una lima K del 15.
- Grupo 2 (grupo PTN®): instrumentado siguiendo la secuencia establecida por el fabricante (X1) hasta una X2 (25.06) realizando un *glide path* manual previo hasta una lima K del 15.
- Grupo 3 (grupo WOG®): instrumentado con una WOG® PRIMARY® (25.07) realizando un *glide path* manual previo hasta una lima K del 15.

Todos los grupos fueron instrumentados con un motor X-Smart Plus® (Dentsply-Maillefer®), usando el programa específico configurado para cada sistema.

Las muestras de los grupos PTG®, PTN® y WOG® fueron previamente insertadas en bloques individuales de silicona pesada para simular la amortiguación del ligamento periodontal (Figura 1). La longitud de trabajo (LT) se estableció restando 1 mm a la longitud radicular.

En los grupos PTG® y PTN®, entre limas se mantuvo la permeabilidad del conducto pasando una lima K del 10 a

0,5 mm más allá de la LT y se irrigó con 2 ml de hipoclorito sódico al 5,25% (NaOCl; Dentaflux®, J. Ripoll S.L; Madrid, España) usando una jeringa Monoject® con una aguja 27G (Monoject®, Tyco Healthcare®, Mettawa, IL, EE. UU.) a LT menos 2 mm.

En el grupo WOG®, cada tres inserciones de la lima en el conducto se limpiaron las espiras y se irrigó con 2 ml del NaOCl al 5,25% usando una jeringa Monoject® con una aguja 27G. Este proceso se repitió hasta alcanzar la LT.

En todos los grupos, al finalizar la instrumentación se comprobó que el conducto se mantenía permeable y se llevó a cabo el protocolo de irrigación final usando 3 ml de NaOCl 5,25%, seguido de 1 ml de ácido etilendiaminotetraacético al 17% (EDTA; Dentaflux®) y otros 3 ml de NaOCl al 5,25%, todos activados sónicamente con Endoactivator (Dentsply-Maillefer®) durante 30 segundos usando la punta 25.04 a LT menos 2 mm.

Los conductos fueron secados con puntas de papel y posteriormente obturados con gutapercha termoplástica y cemento Top Seal (Dentsply-Maillefer®) usando la técnica de condensación vertical (Sistema SuperEndo®; B&L Biotech®; Fairfax, EE.UU.). La cantidad de cemento fue estandarizada con una jeringa de insulina (UltraFine® 6mm 0,5 ml; Becton Dickinson & Company®, New Jersey, EE. UU.) usando 0,01 ml por muestra.

Tras la obturación, los dientes fueron retirados de los soportes de silicona y almacenados junto con las muestras del grupo control en un medio húmedo a 37°C durante una semana para permitir que el cemento fraguase adecuadamente.

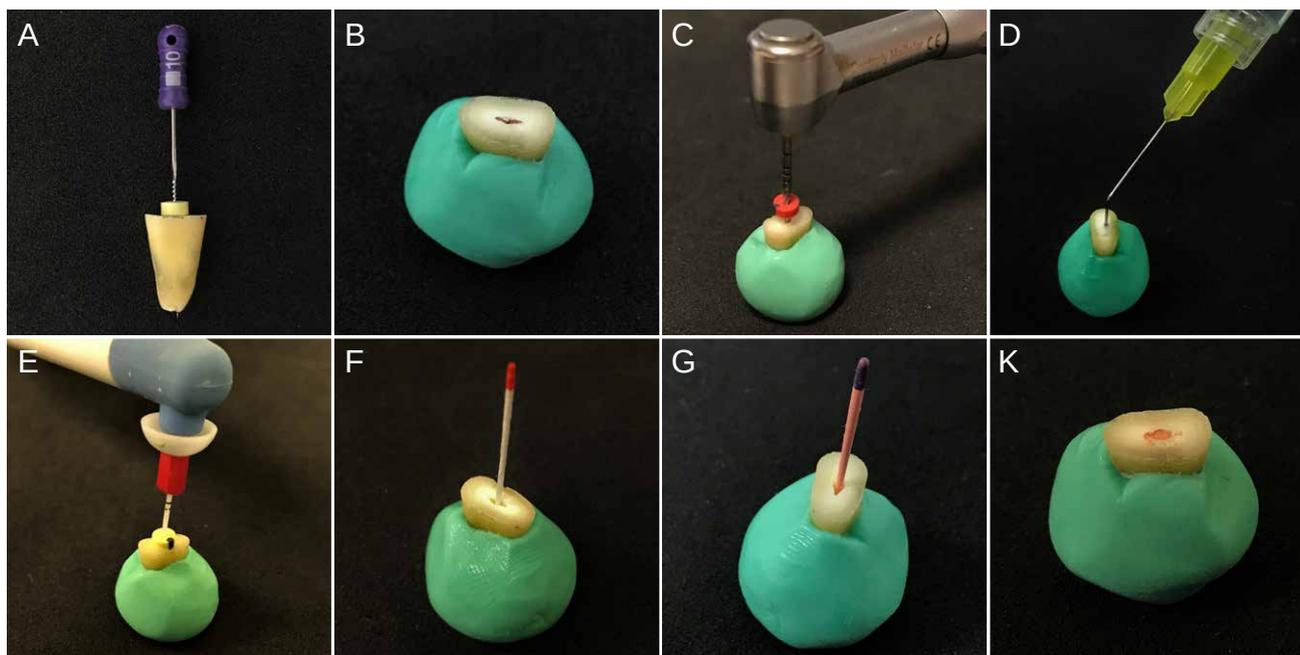


Figura 1. Preparación de las muestras. (A) Cálculo de la LT. (B) Soporte de silicona. (C) Instrumentación de la muestra. (D) Irrigación. (E) Activación del irrigante. (F) Secado con puntas de papel. (G) Ajuste del cono maestro. (H) Muestra obturada.

TEST DE FUERZAS

Cada muestra fue insertada verticalmente en un bloque de resina acrílica autopolimerizable (Araldite®, Ceys®, Grupo AC Marca; Barcelona, España) estandarizado hasta cubrir 10 mm de raíz.

La medición de la resistencia a la fractura, entendiéndose como la tensión máxima que el diente puede soportar antes de romperse, se realizó mediante una máquina de ensayos dinámicos de materiales (ME-405/20, Servosis®) (Figura 2).

Las raíces de cada grupo fueron sometidas a una fuerza axial constante hasta producir su fractura. La fuerza se aplicó mediante una punta redondeada de 4 mm de diámetro, centrada sobre la superficie oclusal de la raíz, la cual avanzaba a una velocidad constante de 0,02 mm/s.

Se consideró que la muestra estaba fracturada cuando en la gráfica del sistema informático se detectaba un cambio abrupto. La carga ejercida se registró en N y los resultados obtenidos fueron comparados.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las comparaciones entre los grupos se realizaron con una prueba de ANOVA de una vía, tras la que se realizaron comparaciones dos a dos mediante la prueba de Bonferroni. Se consideró que existía una diferencia estadísticamente significativa si el p valor era menor de 0,05. Para

probar la homogeneidad de las varianzas se realizó una prueba de Bartlett.

RESULTADOS

En la *Tabla* se observan la media en N de los ensayos de fuerza por cada grupo muestral y la desviación típica. El análisis de la homogeneidad de las varianzas fue no significativo, se aplicó la prueba de ANOVA ($p = 0,83$).

Al analizar los resultados obtenidos, en las comparaciones dos a dos se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo instrumentado con PTG® y el

Tabla. Resumen de las medias y desviaciones estándar de cada grupo.

	GC	PTG®	PTN®	WOG
Tamaño muestral	16	16	16	16
Media (N)	963,56	615,06	819,56	805,69
D.E	216,18	179,17	189,68	172,65
ANOVA p > 0,05				

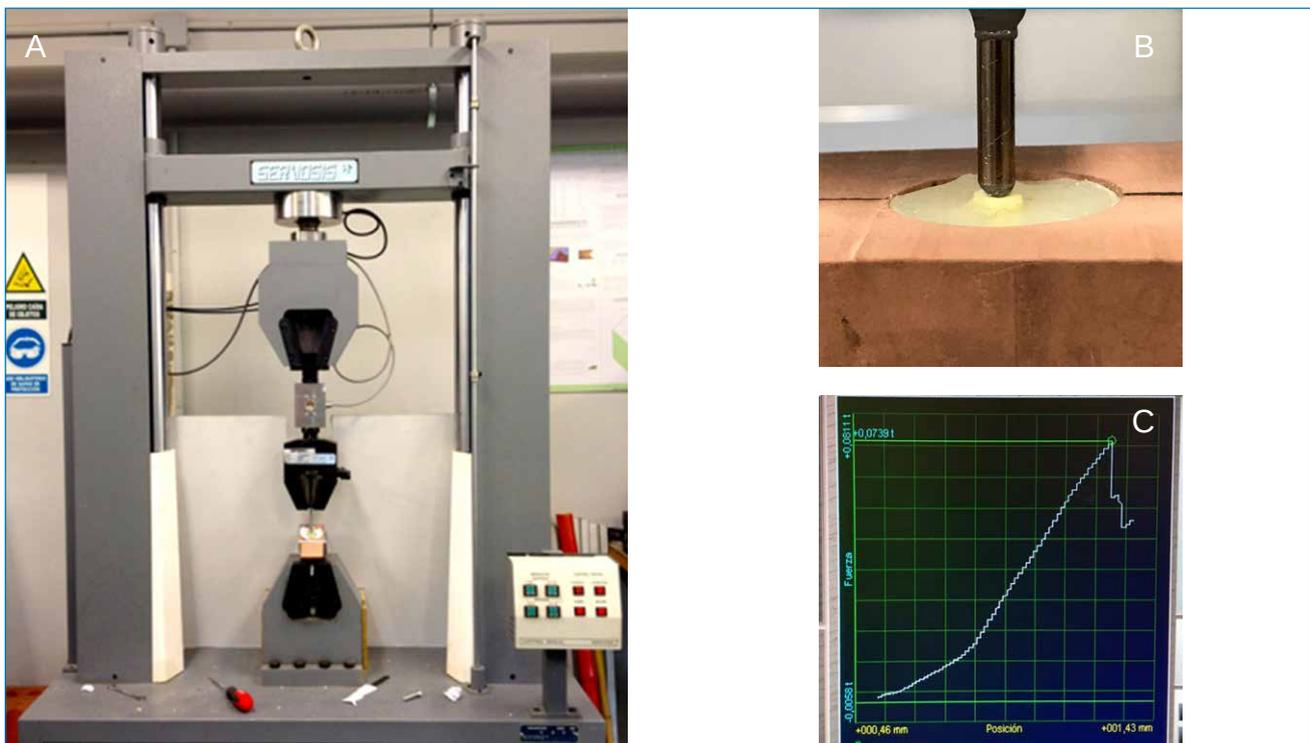


Figura 2. (A) Máquina de ensayos dinámicos. (B) Adaptación del molde de resina a la máquina. (C) Gráfico del registro de la fuerza hasta la fractura de la muestra.

resto de los grupos, siendo $p < 0.001$ entre éste y el GC, $p = 0.021$ respecto al grupo instrumentado con PTN® y $p = 0.037$ comparado con el grupo instrumentado con WOG®.

No hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre el GC y los grupos instrumentados con PTN® y WOG®, ni tampoco entre los grupos instrumentados con PTN® y WOG®.

DISCUSIÓN

Tras la instrumentación y desinfección del conducto, la resistencia a la fractura vertical se ve reducida en torno a un 30%⁸.

Ha de tenerse en cuenta que las variaciones anatómicas de las raíces, el tiempo transcurrido desde que se realizó la extracción, la edad del diente y las condiciones de almacenaje podrían afectar a los resultados del estudio¹².

Existen múltiples factores por los cuales se puede ver afectada la resistencia a la fractura del diente durante el tratamiento de los conductos. Wilcox y cols.,¹³ concluyeron que cuanto más dentina es removida, más posible es que se fracture el diente. Esta opinión era compartida por Sathorn y cols.,¹⁴ quienes decían que la remoción de dentina era uno de los muchos factores que influían en el desarrollo de fracturas radiculares.

Teniendo en cuenta que la resistencia a la fractura del diente está directamente relacionada con la cantidad de dentina remanente tras la instrumentación⁶, a la hora de elegir el sistema de limas que se va a utilizar, debería considerarse cuál va a ser la conicidad final de los conductos tras su conformación.

Atendiendo al diseño de las limas utilizadas en este estudio, el sistema PTG®, debido a su alta conicidad la cual alcanza hasta un 19% en el caso de la SX, es el sistema que más dentina desgasta, lo que conlleva una menor resistencia a la fractura del diente en comparación con los sistemas PTN® y WOG®, como puede observarse en los resultados obtenidos.

Esto coincide con los resultados registrados por Bier y cols.,¹⁵ quienes concluyeron que el diseño de la lima afectaba a la cantidad de dentina removida, por lo que aquellos sistemas que presentaban una mayor conicidad en apical como el sistema ProTaper Universal® producían más defectos dentinarios.

Por otra parte, los resultados de los estudios de Çiçek y cols.,¹¹ así como los de Li y cols.,¹⁶ los cuales comparaban varios sistemas de limas (ProTaper Universal®, WaveOne®, MTwo®, Twisted File® y Revo-S®) con PTN®, concuerdan con los obtenidos en nuestro estudio siendo el sistema PTN® el que menos debilita las raíces tras su instrumen-

tación. Además, PTN® y WOG® presentan una sección cuadrangular descentrada, lo que permite la liberación de detritus y evita su bloqueo en el interior del conducto^{16,17}, disminuyendo el estrés contra las paredes lo cual podría explicar los resultados obtenidos.

En un estudio realizado por Helvacioğlu-Yigit y cols.,⁴ durante la instrumentación con distintos sistemas solo un diente se fracturó. Por otro lado, Bier y cols.,¹⁵ tampoco encontraron fracturas completas en ninguna de las muestras instrumentadas con limas manuales ni en las instrumentadas con sistemas rotatorios. Esto secunda que las fracturas no ocurren inmediatamente tras la instrumentación y concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, en el que no se perdió ninguna muestra por fractura tras la preparación.

A pesar de que el tratamiento endodóntico puede favorecer la aparición de fracturas verticales, su desarrollo va a depender, en gran parte, de las fuerzas masticatorias, los hábitos parafuncionales como el bruxismo y las sobrecargas oclusales⁹.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en este estudio se cortaron los dientes transversalmente antes de someterlos al test de fuerzas, lo cual podría afectar a los resultados, ya que este proceso debilita el diente. En consecuencia, las fuerzas registradas para crear fracturas verticales *in vivo* deberían ser bastante más altas que las obtenidas en este estudio³.

Si bien todas las muestras de este estudio han sido tratadas bajo las mismas condiciones de almacenaje y endodonciadas siguiendo el mismo protocolo, los posibles factores que pudieran modificar el estado de las muestras habrían afectado a todas de la misma manera, siendo el sistema de instrumentación el único cambio a valorar entre los distintos grupos.

Atendiendo a la literatura revisada y en concordancia con los datos obtenidos en este estudio, cuanto más dentina es removida durante la instrumentación, más posible es que se desarrollen fracturas radiculares verticales con el tiempo, por lo que sería conveniente evitar sistemas con altas conicidades ya que, aunque estos facilitan la irrigación y posterior obturación del conducto, pueden comprometer la supervivencia del diente a largo plazo.

CONCLUSIÓN

De los sistemas de instrumentación evaluados en este estudio, PTG® es el que más debilita al diente, disminuyendo su resistencia a la fractura de forma significativa en comparación con los sistemas WOG® y PTN®.



BIBLIOGRAFÍA

1. Sharath Chandra SM, Agrawal N, Sujatha I, Sivaji K. Fracture resistance of endodontically treated single rooted premolars restorted with Sharonlay: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2016; 19(3): 270-273.
2. Haralur SB, Al-Qahtani AS, Al-Qarni MM, Al-Homrany RM, Aboalkhair AE. Influence of remaining dentin wall thickness on the fracture strength of endodontically treated tooth. *J Conserv Dent* 2016; 19(1): 63-67.
3. Zandbiglari T, Davids H, Schäfer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101(1):126-31.
4. Haueisen H, Gärtner K, Kaiser L, Trohorsch D, Heidemann D. Vertical root fracture: prevalence, etiology, and diagnosis. *Quintessence Int* 2013; 44(7):467-74.
5. Tavanafar S, Karimpour A, Karimpour H, Mohammed Saleh A, Hamed Saeed M. Effect of different instrumentation techniques on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Dent (Shiraz)* 2015; 16:50-55.
6. Adorno CG, Yoshioka T, Jindan P, Kobayashi C, Suda H. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J* 2013; 46(8):763-8.
7. Lam PP, Palamara JE, Messer HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod* 2005; 31(7):529-32.
8. Khalap ND, Hegde V, Kokate S. Fracture resistance exhibited by endodontically treated and retreated teeth shaped by ProTaper NEXT versus WaveOne: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2015; 18(6):453-6.
9. Monga P, Bajaj N, Mahajan P, Garg S. Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dent J* 2015; 36:29-33.
10. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32(2):271-5.
11. Çiçek E, Aslan MA, Akkoçan O. Comparison of the resistance of teeth instrumented with different nickel-titanium systems to vertical root fracture: An In Vitro study. 2015; 41(10):1682-5.
12. Nur BG, Ok E, Altunsoy M, Tanriver M, Capar ID. Fracture strength of roots instrumented with three different single file systems in curved root canals. *Eur J Dent* 2015; 9(2):189-93.
13. Kasal R, Rajput A, Talwar S, Roongta R, Verma M. Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating an rotary files. *J Endod* 2014; 40(9):1443-6
14. Helvacioğlu-Yigit D, Aydemir S, Yılmaz A. Evaluation of dentinal formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2015; 29(2):368-373.
15. Bier CA, Shemesh H, Tanomaru-Filho M, Wesselink PR, Wu MK. The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod* 2009; 35(2):236-8.
16. Li SH, Lu Y, Song D, Zhou X, Zheng QH, Gao Y, Huang DM. Occurrence of dentinal microcracks in severely curved root canals with ProTaper Universal, WaveOne, and ProTaper Next file systems. *J Endod* 2015; 41(11):1875-9.
17. Pedullà E, Genovesi F, Rapisarda S, La Rosa GR, Grande NM, Plotino G, Adorno CG. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. *J Endod* 2017; 43(3):456-461.