

Estudio comparativo de la conformación de conductos curvos simulados instrumentados con VDW. Rotate y ProTaper Gold

Comparative study of shaping of simulated canals instrumented with VDW. Rotate and ProTaper Gold

Sonia Collino¹  Pamela Barea¹ , Romina Higa¹ , Gabriela Martín^{1,2} 

1. Universidad Católica de Córdoba. Facultad de Ciencias de la Salud. Carrera de Especialización en Endodoncia

2. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Odontología, Cátedra de Endodoncia

Correspondencia: Sonia Collino Email: soniacollino@gmail.com

Resumen

INTRODUCCIÓN: Con el advenimiento de la instrumentación mecanizada, aparecieron en el mercado diferentes sistemas de conformación, fabricados con diversas aleaciones, diseños, con mayor flexibilidad y varias cinemáticas. Estos producen una preparación más centrada, reducen riesgos de transportación, perforaciones y permiten preservar mayor cantidad de dentina que la instrumentación manual.

OBJETIVO: Comparar la conformación de conductos curvos simulados (CCS) instrumentados con los sistemas VDW.Rotate™ y ProTaper Gold™. **ESPECÍFICOS:** 1-Evaluar el ángulo de curvatura de los CCS posterior a la instrumentación con los sistemas VDW.Rotate™ y ProTaper Gold™ en tercio cervical, medio y apical. 2-Determinar la capacidad de transportación y centrado en los tres tercios de los CCS entre dichos sistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se utilizaron 20 bloques de resina acrílica con CCS, divididos en dos grupos de 10 bloques cada uno. En el grupo VDW.Rotate™ los conductos se conformaron con el sistema VDW.Rotate™, y en el grupo ProTaper Gold™ se instrumentaron con las limas recién mencionadas. Ambos sistemas se usaron con movimiento de rotación continua y fueron impulsados con motor X-Smart Plus (Dentsply Sirona), siguiendo un estricto protocolo. Los bloques se escanearon antes y después de ser instrumentados, con el escáner gráfico HP-G3110. Se respetó la misma posición y orientación de los bloques pre y post instrumentación, mediante el software para morfometría Image Pro-Plus v.6. Para la evaluación, los conductos fueron divididos en tres tercios: cervical, medio y apical. Los datos obtenidos fueron analizados mediante Modelo Lineal General Mixto. Se utilizó el soft estadístico InfoStat y en todos los casos el nivel de significación fue del 5%.

RESULTADOS: Al considerar la variación de curvatura de todo el conducto, VDW.Rotate™ registró las mayores diferencias en contraste con ProTaper Gold™. Este último registró mayor transportación en el tercio coronario y medio a ambos lados del conducto. En el tercio medio, sobre la pared externa de la curvatura, el comportamiento fue semejante en ambos. En el tercio apical, se observó mayor transportación sobre la pared externa de la curvatura, con VDW.Rotate™. Se verificaron diferencias significativas entre sistemas de instrumentación al considerar los tramos coronario y medio del conducto ($p=0,01$ y $p=0,002$ respectivamente). En el tercio apical, las diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

CONCLUSIÓN: Ambos sistemas transportaron en el CCS y presentaron comportamientos similares considerando la curvatura total del conducto. En el tercio apical hubo una tendencia a mayor rectificación con el sistema VDW.Rotate™, especialmente sobre la pared externa del conducto.

Palabras clave: Preparación del conducto radicular, Níquel Titanio, Instrumentación.

Abstract

INTRODUCTION: With the advent of mechanized instrumentation, different shaping systems have appeared in the market, manufactured with different alloys and designs, with greater flexibility and various cinematics. These produce a more centered preparation, reduce the risks of transportation, perforations and allow preserving a greater amount of dentin than manual instrumentation.

OBJETIVE: To compare the shaping of simulated curved canals (CCS) instrumented with the VDW.Rotate™ and ProTaper Gold™ systems. **SPECIFIC OBJECTIVES:** 1-To evaluate the angle of curvature of the CCS after instrumentation with the VDW.Rotate™ and ProTaper Gold™ systems in the cervical, middle and apical third. 2-To determine the transportation and centering capacity in the three thirds of the CCS between these systems.

MATERIAL AND METHODS: 20 blocks of acrylic resin with CCS were used, divided into two groups of 10 blocks each one. In the VDW.Rotate™ group, the canals were conformed with the VDW.Rotate™ system, and in ProTaper Gold™ group, the blocks were instrumented with the mentioned files. Both systems were used with continuous rotation movement and were powered by the X-Smart Plus motor, following a strict protocol. The blocks were scanned before and after instrumentation, with the graphic scanner HP-G3110. The same position and orientation of the blocks was respected before and after instrumentation, using the Image Pro-Plus v.6 morphometry software. For evaluation, the canals were divided into three thirds: cervical, middle, and apical. The data were analyzed using the General Mixed Linear Model. The statistical software InfoStat was used and in all cases the level of significance was 5%.

RESULTS: Considering the variation of curvature of the entire canal, VDW.Rotate™ increased the greatest differences in contrast to ProTaper Gold™, which had greater transport in the coronary and middle third on both sides of the canal. In the middle third, on the external wall, the behavior was similar in both. In the apical third, the greater transportation of the external wall of the curvature was observed with VDW.Rotate™. Significant differences were found between instrumentation systems when considering the coronary and middle sections of the canal ($p=0.01$ and $p=0.002$, respectively). In the apical third, the differences were not statistically significant.

CONCLUSIONS: Both similar systems are transported in the CCS and behaviors appeared considering the total curvature of the canal. In the apical third, there was a trend towards greater rectification with the VDW.Rotate™ system, especially on the external wall of the canal

Keywords: Root canal preparation, Nickel Titanium, Instrumentation.

Introducción

Con el advenimiento de la instrumentación mecanizada, aparecieron en el mercado diferentes sistemas de conformación, fabricados con diversas aleaciones, diseños, con mayor flexibilidad y varias cinemáticas^{1,2}.

Estos facilitan y aceleran la preparación quirúrgica, la cual constituye la etapa más importante y difícil del tratamiento endodóntico^{2,3}, que no solo está dirigida a extirpar tejido pulpar, microorganismos y detritus, sino también a crear las condiciones previas para una irrigación y una obturación efectivas⁴. Sin embargo, mantener la forma original del conducto es una condición básica para el éxito del tratamiento endodóntico⁵.

En todos los sistemas mecanizados, la técnica requiere un accionar delicado, sin forzar el instrumento para evitar fracturas. Estos deben entrar y salir en movimiento, sin recibir presiones exageradas en sentido lateral; y sin alterar el diámetro y posición del foramen apical o

debilitar excesivamente la raíz en cualquier parte de la misma^{2,4}.

Los instrumentos rotatorios producen una preparación más centrada, con menos transporte que la instrumentación manual^{6,7}; se basan en los conceptos de la técnica Crown Down, permitiendo una reducción de la fricción intraconducto⁸. Estos instrumentos reducen los riesgos de transportación, perforaciones en conductos curvos y permiten preservar mayor cantidad de dentina^{2,7,9,10}.

La introducción del níquel-titanio (Ni-Ti) a finales de la década de 1980 causó una revolución en la endodoncia; estas limas tienen ventajas considerables sobre las de acero inoxidable como superar problemas de rigidez y baja resistencia a la fatiga cíclica^{11,12}.

Se han utilizado tradicionalmente bloques de resina con conductos simulados, se reconocen como modelos de estudio válidos para evitar la variación entre dientes naturales, ya que pueden

ser fabricados por estandarización de la longitud de trabajo, conicidad, curvatura y dureza en tres dimensiones^{13,14}.

Por lo tanto, comparar el nuevo Ni-Ti rotatorio en CCS puede proporcionar información valiosa sobre su eficacia durante la conformación mecánica y limpieza, como así también su comportamiento.

Hoy contamos con sistemas como ProTaper Gold™ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) el cual se compone de instrumentos de Ni-Ti con un tratamiento térmico complejo de calentamiento-enfriamiento, patentado por el fabricante, lo que resulta en una capa visible de óxido de titanio de color dorado en la superficie. Este tratamiento mejora las propiedades mecánicas del instrumento como resistencia a la fatiga, flexibilidad, eficiencia de corte y capacidad de centrado en los conductos¹⁵, utiliza un movimiento de rotación continuo, tiene una sección transversal triángulo convexa con punta activa no agresiva y forma cónica continua.

El sistema incluye instrumentos para conformación o shaping files: Sx, S1 y S2 y terminación finishing files: F1, F2, F3, F4 y F5¹⁶.

Otro sistema rotatorio de Ni-Ti, nuevo en el mercado, muy innovador, es VDW.Rotate™ (VDW, Munich, Germany) consta de un amplio rango de instrumentos para diferentes casos clínicos: 15/.04, 20/.05, 25/.04, 25/.06, 30/.04, 35/.04, 40/.04, 50/.04, 60/.04, 30/.06, 35/.06, 40/.06^{17,18}.

Incluye una variedad de tamaños y conicidades para la preparación de conductos radiculares estrechos y un taper coronal diseñado para proteger la dentina radicular, facilitan la preparación en cavidades endodónticas con acceso restringido.

Presenta una sección transversal en S adaptada, con tratamiento térmico para darles mayor flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica; también asegura una eliminación eficiente de desechos. Por su tratamiento térmico permite mantener la forma natural de los conductos^{17,18}.

Investigaciones del efecto modelador de estos nuevos sistemas de Ni-ti son cada vez más importantes de comprender, cómo el diseño y la aleación afectan su desempeño.

El fin de este trabajo fue establecer la capacidad y efectividad de mantener la anatomía de los CCS con los sistemas VDW.Rotate™ y ProTaper Gold™.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue comparar la conformación de conductos curvos simulados

(CCS) instrumentados con el sistema VDW.Rotate™ y el sistema ProTaper Gold™.

Objetivos específicos

- Evaluar el ángulo de curvatura de los CCS posterior a la instrumentación con los sistemas VDW.Rotate™ y ProTaper Gold™ en tercio cervical, medio y apical.

- Determinar la capacidad de transportación y centrado del sistema VDW.Rotate™ y ProTaper Gold™ en los tercios cervical, medio y apical.

Materiales y métodos

Se utilizaron 20 bloques de resina acrílica Endo Training Blocks® (Dentsply Sirona) con conductos curvos de sección circular; de 16mm de longitud, calibre ISO 0.15 a nivel apical y conicidad continua del 2% con 40 grados de curvatura. Los bloques fueron divididos en dos grupos de diez bloques cada uno, de acuerdo al sistema de instrumentación.

Grupo VDW.Rotate™:

Los conductos fueron conformados con lima VDW.Rotate™ 15/.04 accionada a 350 rpm y torque de 1.3 ncm, seguida de la lima VDW.Rotate™ 20/.05 a 350 rpm y torque 2.1 ncm y por último lima VDW.Rotate™ 25/.06 a 350 rpm y torque de 2.3 ncm.

Grupo ProTaper Gold™:

Se instrumentaron con lima S1 18/.02 accionada a 300 rpm y torque de 5 ncm, lima S2 20/.04 y F1 20/.07 ambos a 300 rpm y un torque de 1.5 ncm y F2 25/.08 a 300 rpm y un torque de 3.1 ncm. Ambos sistemas trabajaron con movimiento de rotación continua y fueron impulsados con motor X- Smart Plus

El protocolo de instrumentación se realizó siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

Protocolo Grupo VDW.Rotate™:

- Cateterismo: exploración de todo el CCS con lima manual tipo K 0.10 y K 0.15.

- Longitud de trabajo: 16 mm con tope ajustado correctamente y respetando el punto de referencia.

- Irrigación y permeabilidad: 2 ml de agua destilada a cada cambio de instrumento, utilizando aguja 27 G y jeringa de 5ml; volumen total utilizado 20 ml por taco de resina acrílica. Se limpiaron las espiras cortantes de los instrumentos con gasa embebida en alcohol a los fines de eliminar los restos acumulados.

- La secuencia se inició con lima VDW.Rotate™ 15/.04 a 350 rpm y torque 1.3 ncm, con movimientos de picoteo con un avance suave de

dos a tres veces de entre 1 a 3 mm dentro y fuera de CCS y movimientos de cepillado.

- Se verificó permeabilidad con lima K 0.10 entre cada instrumento utilizado.
- Se continuó con VDW.Rotate™ 20/.05 a 350 rpm y torque 2.1 ncm hasta longitud de trabajo
- Por último, VDW.Rotate™ 25/.06 hasta alcanzar longitud de trabajo a 350 rpm y torque 2.3 ncm.
- Se secaron los CCS con conos de papel.

Protocolo Grupo ProTaper Gold™:

- Cateterismo: exploración de todo el CCS con lima manual K 0.10 y K 0.15.
- Longitud de trabajo: 16 mm con tope ajustado correctamente y respetando el punto de referencia.
- Irrigación: 2 ml de agua destilada a cada cambio de instrumento, utilizando aguja 27 G y jeringa de 5ml; volumen total de irrigante 20ml. Se limpiaron las espiras cortantes con una gasa embebida en alcohol.
- Se verificó la permeabilidad con lima K 0.10 entre instrumentos.
- Conformación de tercio coronario y medio con lima S1 18/.02 a 300 rpm y torque de 5 ncm y S2 20/.04 a 300 rpm y 1.5 ncm con movimiento de cepillado a longitud de trabajo.
- Conformación del tercio apical con lima F1 20/.07 a 300 rpm y 1.5 ncm.
- Se finalizó con lima F2 25/.08 a 300 rpm y 3.1 ncm con un avance del instrumento en dos o tres movimientos suaves.
- Se secaron los CCS con conos de papel.

Los bloques se escanearon antes y después de ser instrumentados con el escáner gráfico HP-G3110, y se respetó la misma posición y orientación de los bloques pre y post instrumentación, de tal forma que al superponer ambas imágenes coincidían los parámetros de posición e inclinación. Se utilizó una resolución de 1200 dpi y 8 bits de profundidad de tonos grises (Figura 1). Las imágenes se invirtieron en contraste para facilitar las mediciones. Con el software de morfometría Image Pro-Plus v.6, se delimitó el contorno del conducto y algunas referencias de la imagen previa, para luego reubicar estos contornos sobre la imagen post instrumentación (Figura.2).

Las mediciones se realizaron sólo sobre las imágenes de perfil, puesto que sólo en ellas se aprecia la curvatura (Figura.3). Los conductos fueron divididos en 3 tramos: cervical o coronario, medio y apical. Las imágenes frontales se utilizaron para verificar si se presentaban alteraciones inusuales por efecto de

la instrumentación en sentido perpendicular al plano de la curvatura.

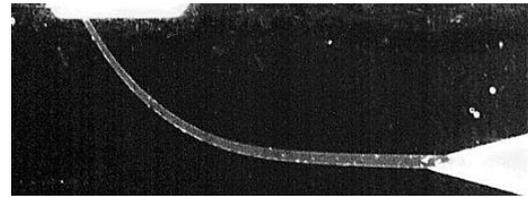


Figura 1. Escaneado del bloque con el CCS previa de la instrumentación.

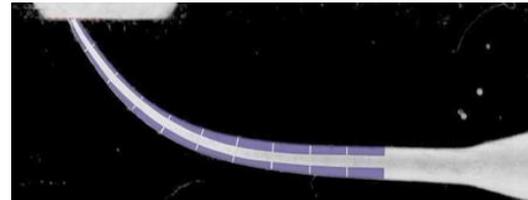


Figura 2. Delimitación de áreas removidas en cada tramo en ambos lados del CCS.

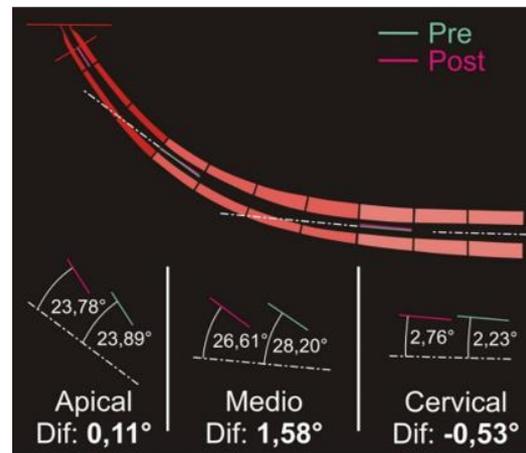


Figura 3. Medición de ángulos centrales en los 3 tramos, cervical medio y apical; y en ambas etapas, pre y post instrumentación

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se empleó el Modelo Lineal General Mixto. Se utilizó el soft estadístico InfoStat y en todos los casos el nivel de significación fue del 5%.

Aspectos éticos

Considerando las regulaciones éticas que conlleva un estudio de investigación, el presente estudio se realizó en bloques de resina acrílica con conductos curvos simulados.

Resultados

Al comparar la conformación de CCS instrumentados con el sistema VDW.Rotate™ y el sistema ProTaper Gold™, los resultados

indicaron, al considerar la curvatura de todo el conducto, que el sistema que registró mayores diferencias fue VDW.Rotate™ (2,26° de media) en contraste con ProTaper Gold™ (1,16° de media). Ambas diferencias positivas implican una transportación del conducto simulado, o sea que los ángulos de curvatura finales resultaron menores que los iniciales (Tabla 1).

Al evaluar los tramos, en el coronario, el sistema ProTaper Gold™ incrementó la curvatura de los CCS en 0,53° de media y con VDW.Rotate™ se rectificó la curvatura en 0,49° en este tramo, el cual mantuvo esta tendencia hasta el tercio apical. Los conductos instrumentados con ProTaper Gold™ fueron rectificadas marcadamente en el tercio medio (Figura 4).

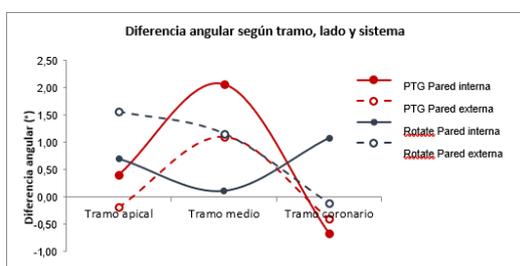


Figura 4. Valores promedio de diferencia angular según pared interna y externa de la curvatura, tramo y sistema de instrumentación.

Tabla 1. Media ± desviación estándar de diferencia angular de CCS según lado, tramo y sistema. Valores expresados en grados sexagesimales. Porcentajes de variación de curvatura post instrumentación con respecto a la curvatura de los CCS pre-instrumentación.

SISTEMA	Pared	Tramo apical	Tramo medio	Tramo coronario	Todo el conducto
PROTAPER GOLD	Interna	0,41 ± 2,42 0,8%	2,07 ± 0,83 3,8%	-0,67 ± 0,69 -1,2%	1,81 ± 2,10 3,4%
	Externa	-0,19 ± 3,26 -0,4%	1,10 ± 0,63 2,1%	-0,39 ± 1,31 -0,7%	0,52 ± 3,03 1,0%
VDW. ROTATE	Interna	0,70 ± 1,51 1,3%	0,11 ± 0,84 0,2%	1,08 ± 0,84 2,0%	1,90 ± 1,24 3,5%
	Externa	1,56 ± 1,14 2,8%	1,16 ± 1,17 2,1%	-0,11 ± 1,70 -0,2%	2,62 ± 1,75 4,8%

Se verificaron diferencias significativas entre los sistemas de instrumentación al considerar los tramos coronario y medio del conducto ($p=0,01$ y $p=0,002$ respectivamente). En el tramo coronario los conductos instrumentados con ProTaper Gold™ registraron un ligero incremento del ángulo de curvatura en ambas paredes, interna y externa. Por el contrario, los conductos de los bloques trabajados con VDW Rotate™, fueron rectificadas en la pared interna de la curvatura. En el tercio medio, al considerar la pared interna de los CCS las diferencias entre los sistemas mecanizados fueron muy marcadas; en tanto que, en la pared externa, la conformación con ambos sistemas fue similar,

con rectificaciones de 1°. Finalmente, en el tramo apical, no resultaron significativas las diferencias, pero se apreció una mayor rectificación con VDW.Rotate™, en la pared externa.

Se utilizó un modelo de análisis de varianza (ANOVA factorial univariante) de tres factores (sistema, tramo y lado) para estudiar los efectos de los factores sobre la variación de la curvatura del conducto instrumentado (efectos principales), así como los efectos de las interacciones entre factores. Dado que el número de factores fue 3, los efectos a evaluar fueron 7: tres principales, tres interacciones dobles y una interacción triple (tabla 2).

Tabla 2. Prueba de los efectos Inter sujetos. VD: Espesor removido. R2: 68,3%

Origen	F	Sig. (p)
Sistema	1,64	0,20
Lado	0,11	0,74
Tramo	5,31	0,01
Sistema * Lado	1,39	0,24
Sistema * Tramo	5,31	0,01
Lado * Tramo	0,42	0,66
Sistema * Lado * Tramo	3,61	0,03

Las diferencias entre tramos resultaron estadísticamente significativas ($p=0,01$), por lo que se procedió a realizar un contraste múltiple, resultando significativas sólo las diferencias entre los tramos coronario y medio (Test post hoc de Scheffé: $p<0,05$). Los otros factores (sistema y pared) no resultaron significativos en este análisis general.

En cuanto a las interacciones entre factores, resultaron significativos los efectos de las interacciones entre sistema y tramo, y la interacción triple sistema/pared/tramo. Estos resultados indican que los comportamientos de los dos sistemas considerados fueron distintos de acuerdo al tramo y a la pared instrumentada.

Se complementó el análisis evaluando las diferencias entre las categorías de los factores pared y sistema discriminando por tramos, para ello se utilizó el mismo procedimiento anterior (ANOVA factorial univariante), sólo que en estos casos se introdujeron en el modelo dos factores: sistema y pared (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de los efectos Inter -sujetos. VD: Diferencia angular

Origen	Tramo		Coronario		Tramo Medio		Tramo Apical	
	F	Sig. (p)	F	Sig. (p)	F	Sig. (p)	F	Sig. (p)
Sistema	7,12	0,01	11,32	<0,01	2,08	0,16		
Pared	1,45	0,24	0,02	0,89	0,04	0,85		
Sistema * Pared	3,68	0,07	12,93	<0,01	1,05	0,31		

Discusión

Numerosos estudios utilizaron Endo Training Blocks a fin de evaluar la conformación producida por diferentes sistemas de instrumentación. Su empleo permitió la estandarización de las condiciones experimentales, dado que todos los bloques presentaron igual morfología, sección, conicidad y longitud antes de ser instrumentados. Como la resina de los bloques era transparente permitió que el interior de los conductos pudiera ser fotografiados y medidos antes y después de la instrumentación. La estandarización de los conductos permite controlar todas las variables referidas a la anatomía del conducto radicular. Sin embargo, las diferencias de las propiedades físicas de la dentina, la pared dentinaria y la resina acrílica, su textura superficial, dureza y sección transversal, impiden extrapolar los datos de un estudio *in vitro*, con bloques con CCS, a la clínica con pacientes^{19, 20, 21}.

En un estudio donde se comparó el sistema VDW.Rotate™ con Trunatomy (TRN) demostraron que se obtenían preparaciones más conservadoras con VDW.Rotate™ que con TRN, siendo más protector en la dentina del conducto radicular²².

Silva y col.²³ compararon el centrado y transporte de ProTaper Gold™ y Reciproc blue (RB) en conductos curvos y mostraron desviaciones en el tercio cervical y medio con ambos sistemas. Los instrumentados con ProTaper Gold™ presentaron valores de transportación apical superiores a 0,3 mm y esto no fue observado en el grupo RB, que también mostró mejor acción de corte que ProTaper Gold™.

Yalniz y col.²⁴ estudiaron el volumen de dentina removida y transportación de ProTaper Gold™, ProTaper Universal (PU) y One Curve (OC), y observaron los valores más altos de transporte por conducto en el grupo de PTU, en todos los niveles. PTU y PTG mostraron mayor volumen y área de superficie removida que el sistema OC en la sección coronal²⁵. Estos datos coinciden con nuestro estudio, donde las mayores diferencias de rectificación del conducto, entre ambos sistemas ProTaper Gold™ y VDW. Rotate™ se observaron en el tercio coronario.

Los estudios han demostrado que instrumentos más flexibles mejoran la centralización y reducen el transporte durante la preparación del conducto radicular.

Singh y col.²⁶ demostraron que ProTaper Gold™ produjo mayor transportación en todos los niveles y una preparación menos centrada que Wave One Gold (WOG) y 2Shape. Este estudio demostró que ProTaper Gold™ tuvo un corte

más agresivo y eliminación excesiva de dentina; lo cual podría ser atribuido a la secuencia del sistema, utilizando movimientos de cepillado y con una sección transversal triángulo-convexa.

Conclusión

Dentro de las limitaciones de este estudio, en términos de centrado y transporte, se concluyó al considerar la variación de curvatura de todo el conducto que ambos sistemas se desempeñaron de manera similar, rectificando las paredes del CCS. Con el sistema VDW.Rotate™ no se observó una preparación del conducto más centrada que con ProTaper Gold™. Al considerar los factores tramos y pared del conducto, el sistema ProTaper Gold™ registró mayor transportación en el tercio coronario y medio, en ambas paredes del conducto.

En cuanto al tercio apical, se observó una tendencia a mayor transportación sobre la pared externa del conducto con el sistema VDW Rotate™.

Bibliografía

1. Olcay K, Eyüboğlu TF, Erkan E. Cyclic Fatigue Resistance WaveOne Gold, Protaper Next and 2Shape Nickel Titanium Rotary Instruments Using a Reliable Method for Measuring Temperature. *Niger J Clin Pract.* 2019; 22:1335-40.
2. Soares IJ, Goldberg F (Eds.), *Endodoncia Técnica y fundamentos*, 1ª reimpresión, Editorial Médica Panamericana, 2003.
3. Gül C, Feyza ÖK, Emir FY, Arife M et al. A comparative study of root canal shaping using protaper universal and protaper next rotary files in preclinical dental education. *Peer J.* 2019; 19:7: e7419.
4. Venino PM, Citterio CL, Pellegatta A, Ciccarelli M et al. Micro-Computed Tomography Evaluation of the Shaping Ability of Two Nickel-Titanium Instruments, HyFlex EDM and ProTaper Next. *J Endod.* 2016; 43:1-5
5. Ozyurek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping Ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM Single-file Systems in Simulated S-shaped Canals. *J Endod.* 2017; 43:1-5.
6. Griffiths IT, Chassot AL, Nascimento MF, Bryant ST et al. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J.* 2001; 34:107-12.

7. Gagliardi J, Versiani MA, De Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A et al. Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals. *J Endod.* 2015; 41:1-7.
8. Troiano G, Dioguardi M, Cocco A, Giuliani M et al. Centering Ability of ProTaper Next and WaveOne Classic in J-Shape Simulated Root Canals. *Scientific World Journal* 2016:1606013
9. Silva EJ, Muniz BL, Pires F, Belladonna FG et al. Comparison of canal transportation in simulated curved canals prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold systems. *Restor Dent Endod.* 2016; 41:1-5.
10. Huang Z, Quan J, Liu J, Zhang W et al. A microcomputed tomography evaluation of the shaping ability of three thermally-treated nickel-titanium rotary file systems in curved canals. *J Int Med Res.* 2019; 47:325-34.
11. Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's News? *Eur Endod J.* 2019; 3:111-7.
12. Saberi N, Patel S, Mannocci F. Comparison of centering ability and transportation between four nickel titanium instrumentation techniques by micro-computed tomography. *Int Endod J* 2016; 50:1-9.
13. Wu H, Peng C, Bai Y, Hu X et al. Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health* 2015:1-7.
14. Alcalde MP, Duarte MA, Silva PA, Souza PH et al. Mechanical Properties of ProTaper Gold, EdgeTaper Platinum, Flex Gold and Pro-T Rotary Systems. *Eur Endod J.* 2020; 3: 205-211.
15. Yılmaz Çırakoglu N, Özba Y. Apically extruded debris associated with ProTaper Next, ProTaper Gold and TruNatomy systems: An in vitro study. *J Dent Res Dent Clin.* 2021; 15:30-34.
16. Uygun AD. Cyclic fatigue resistance of VDW.ROTATE and Reciproc Blue nickel-titanium files at root canal temperature. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2020;14:177-180.
17. Gündoğar M, Uslu G, Özyürek T, Plotin G. Comparison of the cyclic fatigue resistance of VDW.ROTATE, TruNatomy, 2Shape, and HyFlex CM nickel-titanium rotary files at body temperature. *Restor Dent Endod.* 2020;45: e37.
18. Artaza L, Alberdi J, Goldberg F. Evaluación con tomografía axial computada de haz cónico de la conformación de conductos mesiales de molares inferiores instrumentados con los sistemas WaveOne y ProTaper Universal. *Estudio ex vivo. Rev Asoc Odontol Argent* 2015; 103:64-72.
19. Conceicao I, Ferreira I, Braga AC, Pina-Vaz I. Simulated root canals preparation time, comparing ProTaper Next and WaveOne Gold systems, performed by an undergraduate student. *J Clin Exp Dent.* 2020;12: e730-5.
20. Altunbas D, Kutuk B, Kustarci A. Shaping ability of reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems in simulated curved canals. *Eur J Dent.* 2015; 9:346-51.
21. Jakupovic S, Konjhodzic A, Brankovic LH, Korac S et al. Canal Aberration Assessment in Simulated Root Canals: a Comparative Study. *Med Arch.* 2017;71:204-207.
22. Pit AB, Borcean IA, Vărgatu IA, Mai A et al. Evaluation of the time and efficiency of Trunatomy, Vdw.rotate, Protaper gold and Reciproc blue in shaping root canals - an in vitro study. *Rom J of Oral Rehab.* 2020; 12:3.
23. Silva RV, alcalde MP, Ribeiro Horta MC, Rodrigues CT. Root canal shaping of curved canals by Reciproc Blue system and ProTaper Gold: A micro-computed tomographic study. *J Clin Exp Dent.* 2021;13: e112-8.
24. Yalniz H, Koohnavard M, Oncu A, Celikten B et al. Comparative evaluation of dentin volume removal and centralization of the root canal after shaping with the ProTaper Universal, ProTaper Gold, and One-Curve instruments using micro-CT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2021;15:47-52.
25. Elnaghy AM, Elsaka SE. Mechanical properties of ProTaper Gold nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J.* 2016; 49:1073-8.
26. Singh S, Abdul MS, Sharma U, Sainudeen S et al. An in vitro Comparative Evaluation of Volume of Removed Dentin, Canal Transportation, and Centering Ratio of 2Shape, WaveOne Gold, and ProTaper Gold Files Using Cone Beam Computed Tomography. *J Int Soc Prevent Communit Dent.* 2019; 9:481-5.

