

CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA ADAPTACIÓN DEL CONO PRINCIPAL EN DIENTES PREPARADOS CON SISTEMAS ROTATORIOS Y RECIPROCANTES WAVEONE® GOLD Y PROTAPER GOLD®

MICROSCOPIC CHARACTERISTICS OF THE ADAPTATION OF SINGLE-CONE GUTTA-PERCHA IN TEETH PREPARED AND OBTURATED WITH WAVEONE® GOLD AND PROTAPER GOLD® SYSTEMS

José Elías Flórez Ariza. Odontólogo – Universidad de Cartagena. Especialista en Endodoncia – Universidad de Cartagena. Docente Posgrado de Endodoncia, Universidad de Cartagena. Mail: jfloreza3@unicartagena.edu.co. Cartagena, Colombia.

Luis Alberto Padilla De La Espriella. Odontólogo, Residente de posgrado de Endodoncia Universidad de Cartagena. Mail: lualpades@gmail.com. Cartagena, Colombia

Andrés Eduardo Paternina Cuello. Odontólogo, Residente de posgrado de Endodoncia Universidad de Cartagena. Mail: andrespaternina2014@gmail.com. Cartagena, Colombia

Autor para correspondencia: José Flórez Ariza, docente, Facultad de odontología, Universidad de Cartagena. Campus de Salud. Barrio Zaragocilla, teléfono: 3005498600, jfloreza3@unicartagena.edu.co

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran la no existencia de conflictos derivados del presente estudio.

Financiación: Propia de los autores.

RESUMEN

La intencionalidad de la instrumentación endodóntica es proveer la eliminación del contenido tisular infectado o no del sistema de conductos radiculares y garantizar una tridimensionalidad morfológica que facilite su obturación posterior. Para tal fin, en la actualidad se emplean tanto mecanismos manuales como automatizados. Estos últimos incluye el uso de sistemas rotatorios y reciprocantes de NiTi que precisan el desarrollo de conos de gutapercha diferentes a los convencionales para su ajuste a nivel de la preparación final del conducto radicular, haciendo así una técnica de obturación más fácil y rápida. No obstante, la falta de estandarización de estos nuevos conos de gutapercha puede dar como resultado una capa más gruesa del cemento sellador entre el cono de gutapercha y las paredes del conducto radicular. Además, se crean espacios que pueden propiciar la reinfección y el desplazamiento de microorganismos y toxinas al tejido periapical. Por lo tanto, son requeridas investigaciones en las que se establezcan las probabilidades de fracaso en técnicas de instrumentación rotatorias y reciprocantes. **Objetivo:** Comparar las características microscópicas de la adaptación del cono principal en dientes preparados con sistemas rotatorios y reciprocantes Waveone Gold y Protaper Gold. **Metodología:** estudio cuasiexperimental *ex vivo* en 40 premolares humanos a los que se instrumentaron con los sistemas WOG y PTG para luego ser obturados y analizados por medio de cortes por tercios la calidad del sellado en términos de porcentaje espacios remanentes entre el complejo material-dentina. Para ello se emplearon fotografías analizadas con el programa Imag J. Los resultados fueron expresados en mm² y porcentajes. El análisis estadístico se ejecutó con las pruebas T- student, U-Mann-Whitney y Chi cuadrado; asumiendo una significancia $p < 0,05$. **Resultados:** la instrumentación con WOG obtuvo mayor área obturada en los tres tercios que con PTG, sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas entre estos. WOG fue superior en tercio medio comparado con PTG con una media de 0,76 mm² (DE=1,05) y 1,9 mm² (DE= 1,27). La presencia de espacios entre el material obturador y las paredes del conducto no evidenció diferencias estadísticas a nivel de los tercios cervical y apical ($p > 0,05$) con los dos sistemas. **Conclusión:** el uso de los sistemas automatizados WOG y PTG, pueden ser utilizados indistintamente en dientes premolares de un solo conducto debido a que las características de obturación del sistema de conductos no difieren significativamente.

PALABRAS CLAVE: dentina, endodoncia, obturación; espacio; gutapercha; sellado

ABSTRACT

The intent of endodontic instrumentation is to provide for the elimination of the tissue content infected or not from the root canal system and to guarantee a morphological three-dimensionality that facilitates its subsequent obturation. To this end, both manual and automated mechanisms are currently used. The latter includes the use of rotating and reciprocating NiTi systems that require the development of gutta-percha cones other than conventional ones for adjustment at the level of the final preparation of the root canal, thus making a faster and easier sealing technique. However, the lack of standardization of these new gutta-percha cones can result in a thicker layer of the sealing cement between the gutta-percha cone and the walls of the root canal. In addition, spaces are created that can lead to reinfection and the movement of microorganisms and toxins to the periapical tissue. Therefore, investigations are required in which the probabilities of failure in rotational and reciprocating instrumentation techniques are established. **Objective:** To compare the microscopic characteristics of the adaptation of the main cone in teeth prepared with rotating and reciprocating systems Waveone Gold and Protaper Gold. **Methodology:** quasi-experimental study ex vivo in 40 human premolars that were instrumented with the WOG and PTG systems and then sealed and analyzed by means of cuts by thirds the quality of the seal in terms of percentage remaining spaces between the material-dentin complex. For this, photographs analyzed with the Imag J program were used. The results were expressed in mm² and percentages. The statistical analysis was performed with the T-student, U-Mann-Whitney and Chi square tests; assuming a significance $p < 0.05$. **Results:** the instrumentation with WOG obtained a greater sealed area in three thirds than with PTG, however, there were no significant differences between them. WOG was higher in the middle third compared to PTG with a mean of 0.76 mm² (SD = 1.05) and 1.9 mm² (SD = 1.27). The presence of spaces between the obturator material and the duct walls did not show statistical differences at the level of the cervical and apical thirds ($p > 0.05$) with the two systems. **Conclusion:** the use of WOG and PTG automated systems can be used interchangeably in single-channel premolar teeth because the filling characteristics of the duct system do not differ significantly.

KEY WORDS: dentin, endodontics, filling; space; gutta-percha; sealed

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de conducto radicular (TCR) es un procedimiento en el que se extrae la pulpa inflamada, infectada o necrótica de un órgano dentario, procurando un proceso de limpieza y desinfección exhaustivo para posteriormente ser obturado y sellado con materiales especiales que permitan la restauración final del elemento dentario (1). Por lo tanto, un TCR tiene como finalidad detener un proceso de degeneración biológica progresiva mediante la preparación mecánica, irrigación química y la obturación hermética del sistema de conducto radicular. Es por ello que en 2006, la Sociedad Europea de Endodoncia emitió directrices de calidad sobre la duración del trabajo, la preparación, la irrigación y la evaluación de resultados (2). Estos elementos aseguran el éxito del tratamiento en conjunto con las restauraciones coronales pertinentes bien adaptadas (3). La preparación mecánica del sistema del conducto radicular incluye tanto la ampliación como la configuración del espacio endodóntico complejo, junto con su desinfección. Sin embargo, la disimetría geométrica entre el conducto radicular y el instrumento de preparación puede evitar que el instrumento de preparación actúe eficientemente en todas las paredes del canal (4). Debido a esto, la instrumentación se ejecuta, en su mayoría utilizando instrumentos convencionales de acero inoxidable manual. Aunque se han propuesto diferentes diseños y procedimientos mecánicos, todos ellos han sufrido problemas mecánicos, atribuidos principalmente a la rigidez intrínseca de los instrumentos convencionales de acero inoxidable, como compresión, arrastre, perforación, transporte del canal e instrumentos rotos, especialmente en canales severamente curvados (5).

En los últimos años ha llegado una nueva generación de sistemas hechos de aleaciones de níquel-titanio, con cambios en el diseño para mejorar la flexibilidad, la resistencia a la fatiga cíclica y la eficiencia de corte, con resultados más predecibles. La introducción de sistemas recíprocantes de un solo uso ha generado nuevas perspectivas para la preparación de conductos radiculares. La curva de aprendizaje de estos sistemas y el ahorro de costos en comparación con los sistemas rotativos con múltiples instrumentos están despertando interés debido a la

simplificación de la técnica, debido al uso de un solo instrumento para preparar los conductos radiculares (6). Uno de los sistemas automatizados más utilizados es el ProTaper Gold (PTG; Dentsply Maillefer, Baillagues, Suiza) para el cual han desarrollado una metalurgia avanzada patentada mediante tecnología de tratamiento térmico. Las limas de PTG tienen un comportamiento de transformación específico de 2 etapas y un tratamiento de altas temperaturas austeníticas final (7). Debido a ello, el PTG exhibe una gran flexibilidad y resistencia a la fatiga cíclica (8). El otro sistema, WaveOne (Dentsply Sirona,) es un sistema de instrumento único que utiliza movimiento alternativo y está hecho de aleación de NiTi "M-wire" para aumentar la flexibilidad y mejorar la fatiga cíclica del instrumento. En su nueva versión, WaveOne Gold (WOG, Dentsply Sirona, York, PA), está hecho de "alambre de oro", que tiene un tratamiento térmico especializado destinado a mejorar las propiedades mecánicas. Tiene un diseño y una geometría diferentes en comparación con el sistema WO original. Estudios anteriores mostraron una resistencia a la fatiga mejorada de WOG en comparación con su predecesor (9).

Por otro lado, el sellado completo del sistema de conductos radiculares es un desafío que se debe lograr durante la terapia endodóntica. Este sellado se ha logrado históricamente con gutapercha y un cemento sellador, evitando con ello la entrada de bacterias, toxinas y su flujo hacia el conducto y tejidos periapicales. Por lo que es importante que este sistema sea soluble y estable dimensionalmente a largo plazo (10). Los cementos selladores hermetizan la cavidad endodóntica mejorando así la adaptación del material obturador en la interfaz dentina-material (11). El uso de la gutapercha de cono único que coincide con los instrumentos rotatorios de NiTi puede cumplir con la obturación tridimensional en menos tiempo que los métodos convencionales. Si el diámetro del cono de gutapercha coincide con la forma de los canales preparados, la calidad del relleno será superior a los métodos convencionales (12). Varios estudios han enfatizado los problemas de estandarización tanto en los instrumentos como en los conos de gutapercha, mientras que otros han señalado la variabilidad anatómica de la gutapercha en dos dimensiones. Rodríguez et al. concluyeron que la técnica de un solo cono proporcionó un mayor porcentaje de área de gutapercha que el de compactación

lateral en el tercio apical de los conductos radiculares mesiales de los molares mandibulares (13). Gordon et al. comparó el porcentaje de gutapercha, sellador y espacios entre las dos técnicas de condensación lateral y de un solo cono. Descubrieron que el porcentaje del área ocupada en el ápice radicular era significativamente mayor en la técnica de cono único que en la de condensación lateral, mientras que no se observan diferencias en otros niveles (14). Schäfer et al. informaron que la compactación lateral y las técnicas de un solo cono que usaron gutapercha cónica constante produjeron un mayor porcentaje de área de gutapercha en los niveles apicales que la gutapercha de cono único cónica variable (15).

Dada la falta de estudios que comparen las características de adaptación de cono único establecidos por los sistemas rotatorios WOG y PTG, es necesario realizar investigaciones que ayuden a determinar cuál de estos podría representar la mejor elección considerando la finalidad de un tratamiento endodóntico exitoso. En consecuencia esta investigación tiene como objetivo comparar las características microscópicas de la adaptación del cono principal en dientes preparados con sistemas rotatorios y reciprocantes Waveone Gold y Protaper Gold.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio experimental *ex vivo* en una muestra conformada por premolares obtenidos de pacientes sometidos a tratamiento ortodóntico. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la media obtenida en las investigaciones previas (16), (17), (18) (19) para un total de 40 dientes, distribuidos en dos grupos iguales. Se tomaron premolares unirradiculares con corona y formación radicular completa. Se excluyeron aquellos con morfología radicular atípica, reabsorción radicular, calcificaciones, curvaturas apicales y caries.

Instrumentación y obturación

En cada diente en ambos sistemas se realizó el acceso con fresa redonda #2 y se localizó el conducto con explorador endodóntico DG16 (Hu-Friedy, Chicago). Posteriormente se tomó conductometría con Lima 10 y microscopio, hasta el foramen apical. Luego, la instrumentación fue dada con base en las características de cada sistema.

Waveone Gold: se instrumentó como sigue: realización Glide path con Lima rotatoria proglider, permeabilización del conducto con Lima #10, preparación con limas primary hasta la longitud de trabajo y secado del conducto con puntas de papel estandarizadas. Siempre se empleó 1mm de hipoclorito de sodio al 5,25% entre un instrumento y otro. Para la obturación del conducto se verificó la adaptabilidad del cono único primary a la longitud de trabajo y con cemento *Ah plus* (DentsplyDeTrey, Konstanz, Alemania) se lleva dentro del conducto para ser cortado y condensado. Inmediatamente la obturación era verificada a través de una radiografía. Los especímenes eran dejados en reposo por 8 horas a temperatura ambiente para proceder a cortarlos por tercios.

Protaper Gold: se realizó la preparación con la secuencia de Limas s1, s2, f1 y f2. Para asegurar la permeabilidad del conducto, con base en el protocolo del fabricante, se utilizaba una lima 10 entre cada lima de preparación tras la irrigación con hipoclorito de sodio al 5,25%. Posteriormente, el conducto radicular instrumentado era secado con puntas de papel estandarizadas. Para la obturación se tomaba el cono único f2 y se introducía en el conducto, para verificar su adaptabilidad a la longitud de trabajo. Luego, se procedía a obturar con cemento *Ah plus*, el cono se cortaba y condensaba. Tras 8 horas de reposo a temperatura ambiente, el espécimen era cortado por tercios.

Análisis morfométrico

1-2) Se insertó la imagen del dentímetro (en pixeles) en el programa ImageJ®. Esta imagen se encontraba en pixeles (1920x1080 pixeles). Se utilizó la herramienta lineal straight y se trazó una línea de 1 mm. Este proceso se repitió 20 veces para obtener un promedio de 1mm=pixeles. Para obtener cada medida se fue a la opción

Analyze-Measure. Posteriormente, se obtuvo un promedio de las 20 medidas, dando como resultado 110.705 pixeles = 1 mm.

3) Se calibró la imagen, considerando que 110.705 pixeles es igual a 1 mm. Esto se realizó en la opción analyze-set scale. Se dio click en opción global para calibrar todas las fotos de aquí en adelante.

4-5-6) Se utilizó la herramienta polygon sections y se delimitó de forma cuidadosa, el contorno del conducto (para determinar el area del conducto). Para cada medida, se fue a la opción (analyze-measure). Este procedimiento se realizó 3 veces y se sacó un promedio del area del conducto (en mm²). Posteriormente se realizó el mismo procedimiento (3 veces) pero para el area del material de obturación -- Cemento+cono-- (en algunos casos el conducto estaba obturado al 100%, por esa razón, los valores del area del conducto son iguales al area de cemento+cono. En otros casos, había espacios entre los límites del conducto y material de obturación, por lo tanto, el área de cemento+cono es menor al área del conducto.

7) Se utilizó la misma herramienta polygon sections de forma muy cuidadosa, ahora solo para los límites del cono, siguiendo el mismo protocolo de los pasos 4-5-6. (3 veces para obtener un promedio).

Los datos fueron trasportados al programa estadístico SPSS (Statistical Package of Social Science, Chicago, Ill) versión 26 para Windows. Se describieron las variables con proporción, promedios, desviación estándar. La comparación entre los sistemas WOG y PTG para variables cuantitativas se realizó mediante la prueba T-student y U-Mann-Whitney con base en la normalidad de los datos obtenida mediante la prueba de Shapiro Wilk. Para evaluar la relación entre las variables cualitativas se usó la prueba Chi cuadrado. Para todos los casos fue asumido un límite de confianza inferior a 0,05.

RESULTADOS

El análisis morfométrico del área obturada con gutapercha mostró que con la instrumentación con WOG se obtuvo mayor área en los tres tercios que con PTG, sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas entre estos (Tabla 1). De acuerdo con los vacíos en los conductos obturados, se observó que con WOG el área de espacios fue significativamente menor ($p=0,004$) a nivel del tercio medio comparado con PTG con una media de $0,76 \text{ mm}^2$ ($DE=1,05$) y $1,9 \text{ mm}^2$ ($DE= 1,27$), respectivamente. No se mostraron diferencias significantes a nivel tercio apical con ninguno de los dos sistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Evaluación de las características de obturación de los sistemas Waveone Gold y Protaper Gold

Tercio Radicular	Sistema Obturación	Media (mm ²)	I.C 95%		Desv. Est	Varianza	p
			Inf	Sup			
Área obturada por el cono de gutapercha							
TERCIO APICAL	WaveOne Gold	4,67	3,98	5,36	1,42	2,02	0,36 ^a
	Protaper Gold	4,22	3,35	5,09	1,8	3,27	
TERCIO MEDIO	WaveOne Gold	12,12	9,11	15,12	6,23	38,84	0,62 ^a
	Protaper Gold	9,08	6,95	11,21	19,5	19,15	
TERCIO CERVICAL	WaveOne Gold	15,99	11,12	20,86	10,1	102,05	0,51 ^b
	Protaper Gold	14,69	9,76	19,62	10,23	104,67	
Área de espacios en el sistema de conductos obturados							
TERCIO APICAL	WaveOne Gold	0,24	0,05	0,43	0,39	0,15	0,98 ^b
	Portaper Gold	0,26	0,05	0,47	0,43	0,18	
TERCIO MEDIO	WaveOne Gold	0,76	0,26	1,27	1,05	1,1	0,004*
	Portaper Gold	1,9	1,29	2,51	1,27	1,62	
TERCIO CERVICAL	WaveOne Gold	2,37	1,01	3,73	2,82	7,96	0,84 ^b
	Portaper Gold	3,41	0,53	6,29	5,97	35,65	
Porcentaje de obturación total							
TERCIO APICAL	WaveOne Gold	96,31	93,58	99,05	5,67	32,22	0,93 ^b
	Protaper Gold	96,23	93,27	99,19	6,14	37,76	
TERCIO MEDIO	WaveOne Gold	95,6	92,96	98,23	5,46	29,86	0,03*
	Protaper Gold	91,87	89,82	93,93	4,25	18,13	
TERCIO CERVICAL	WaveOne Gold	93,11	88,92	97,31	8,71	75,87	0,98 ^b
	Protaper Gold	90,76	84,04	97,45	13,95	194,73	

a. T-student

b. U de Mann Withney

* Significancia estadística U de Mann Whitney

Consecuentemente, el porcentaje de obturación total del sistema de conductos radiculares con los dos sistemas también mostró diferencias estadísticas a nivel del tercio medio ($p= 0,03$), favoreciendo al sistema automatizado WOG con una media porcentual del 95,6% (IC = 93,58-99,05), comparado con el porcentaje logrado con PTG a nivel de este tercio 91,8% (IC= 89,82-93,93). No se presentaron diferencias significantes en el tercio apical con ninguno de los dos sistemas ($p= 0,93$) (Tabla 1).

Finalmente, al hacer la comparación entre la presencia de espacios entre el material obturador y las paredes del conducto, no se evidenciaron diferencias estadísticas a nivel de los tercios cervical y apical ($p>0,05$). Sin embargo, se hubo diferencias significativas a nivel del tercio medio, discrepancia que favoreció al sistema WOG ($p= 0,03$) (Tabla 2).

Tabla 2. Presencia de espacio entre la obturación y las paredes del conducto

Tercio Radicular Evaluado	Tec. De Obturación	SI	NO	p
TERCIO APICAL	WaveOne Gold	57,90%	42,10%	0,74
	Protaper Gold	63,12%	36,80%	
TERCIO MEDIO	WaveOne Gold	15,80%	84,20%	0,03*
	Protaper Gold	47,40%	52,60%	
TERCIO CERVICAL	WaveOne Gold	47,40%	52,60%	0,74
	Protaper Gold	52,60%	47,40%	

* Significancia estadística. Chi- Cuadrado

DISCUSIÓN

La presente investigación tiene una serie de limitaciones, entre las cuales se puede citar la falta de evaluación de más variables que ayuden a comprender mejor el proceso de sellado del conducto radicular dependiendo de los diferentes técnicas de instrumentación; sin embargo, la utilización de procesos de estandarización e instrumentos calibrados permiten obtener resultados confiables.

Desde una perspectiva clínica, la terapia del conducto radicular abarca la secuencia de procedimientos con el objetivo de tratar el canal infectado de un diente, lo que resulta en la resolución del proceso infeccioso y en la prevención de la invasión

microbiana en el diente intervenido. Un protocolo de instrumentación bien establecido en conjunto con el uso de selladores endodónticos son un pilar establecido en la endodoncia y juega un papel clave en el éxito del tratamiento. Por lo tanto, los instrumentos para la instrumentación del sistema de conductos radiculares y los materiales obturantes deben exhibir un conjunto de características que permitan el llenado exitoso del conducto radicular con la resolución de los procesos periapicales inflamatorios y/o infecciosos y evitar una mayor contaminación microbiana (20). Es por esto que la presente investigación se enfocó en las características de obturación con cono único tras la instrumentación con sistemas automatizados.

Como ya se mencionó, uno de los elementos a destacar en la secuencia de los tratamientos endodónticos es el proceso de instrumentación del sistema de conductos radiculares. En la presente investigación se utilizaron dos de los sistemas automatizados más usados para este fin (21). El sistema rotatorio PTG y reciprocante WOG están diseñados para optimizar la instrumentación radicular mediante el uso de instrumentos automatizados a base de Niquel-Titanio fusionados con gran variabilidad de elementos como el oro que mejoran las características de maleabilidad y resistencia a la fractura. Se ha propuesto que estos dispositivos pudieran ser mejores con relación a los resultados clínicos obtenidos con la instrumentación manual convencional, asumiendo un mayor control y predictibilidad en el éxito del tratamiento endodóntico (22).

No obstante, De Figueiredo et al (23) hallaron similitudes entre las técnicas de instrumentación manual y reciprocante con respecto a la calidad de la obturación radicular o la extrusión del sellador y aún después de seis meses, ambas técnicas presentaron resultados equivalentes con respecto a la curación de la periodontitis apical.

La presente investigación comparó el resultado de los conductos obturados tras la instrumentación con WOG y PTG, mostrando que no existen diferencias significativas entre estos. Estos hallazgos evidencian que en cuanto la conformación mecánica de los conductos radiculares, ambos dispositivos funcionan de manera

similar. Hecho que fue encontrado también por Van Der Vyver et al(24) tras analizar las características en la conformación final de los conductos con estos instrumentos, no encontraron diferencias estadísticas.

De acuerdo con el porcentaje de obturación, se encontró que no existen diferencias entre ellos, mostrando un aumento en la proporción en sentido cérvico-apical. Sin embargo, en el estudio realizado por Huang et al (25) se evidenció que en el tercio apical el porcentaje de porosidad era mayor que en los demás tercios. Estos resultados se corresponden con los revelados por Alim et al (26), después de evaluar la proporción de obturación radicular endodóntica usando AH plus. Estas discrepancias podrían deberse a las diferencias en los métodos de evaluación empleadas en cada investigación y en el posible protocolo de instrumentación utilizado.

Finalmente, considerando los resultados obtenidos en la presente investigación y con base en las limitaciones presentes, se concluye que el uso de los sistemas automatizados WOG y PTG, pueden ser utilizados indistintamente en dientes premolares de un solo conducto debido a que las características de obturación del sistema de conductos no difieren significativamente.

REFERENCIAS

1. Ho C, Argaez C. Endodontic Therapy Interventions for Root Canal Failure in Permanent Dentition: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness, and Guidelines. CADTH Rapid Response Reports. Ottawa (ON)2017.
2. Hamid HR, Gluskin AH, Peters OA, Peters CI. Rotary Versus Reciprocation Root Canal Preparation: Initial Clinical Quality Assessment in a Novice Clinician Cohort. J Endod. 2018;44(8):1257-62.
3. Senan EM, Alhadainy HA, Genaid TM, Madfa AA. Root form and canal morphology of maxillary first premolars of a Yemeni population. BMC Oral Health. 2018;18(1):94.
4. Stavileci M, Hoxha V, Gorduysus O, Tatar I, Laperre K, Hostens J, et al. Evaluation of Root Canal Preparation Using Rotary System and Hand

- Instruments Assessed by Micro-Computed Tomography. *Med Sci Monit Basic Res.* 2015;21:123-30.
5. Del Fabbro M, Afrashtehfar KI, Corbella S, El-Kabbaney A, Perondi I, Taschieri S. In Vivo and In Vitro Effectiveness of Rotary Nickel-Titanium vs Manual Stainless Steel Instruments for Root Canal Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2018;18(1):59-69.
 6. Rubio J, Zarzosa JI, Pallares A. Comparison of Shaping Ability of 10 Rotary and Reciprocating Systems: an In Vitro Study with AutoCad. *Acta Stomatol Croat.* 2017;51(3):207-16.
 7. Plotino G, Grande NM, Mercade Bellido M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. *J Endod.* 2017;43(2):200-2.
 8. Duque JA, Vivian RR, Cavenago BC, Amoroso-Silva PA, Bernardes RA, Vasconcelos BC, et al. Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. *J Appl Oral Sci.* 2017;25(1):27-33.
 9. Jamleh A, Alfadley A, Alfouzan K. Vertical Force Induced with WaveOne and WaveOne Gold Systems during Canal Shaping. *J Endod.* 2018.
 10. Ortiz FG, Jimeno EB. Analysis of the porosity of endodontic sealers through micro-computed tomography: A systematic review. *J Conserv Dent.* 2018;21(3):238-42.
 11. Silva RV, Silveira FF, Horta MC, Duarte MA, Cavenago BC, Morais IG, et al. Filling Effectiveness and Dentinal Penetration of Endodontic Sealers: A Stereo and Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Braz Dent J.* 2015;26(5):541-6.
 12. Darcey J, Roudsari RV, Jawad S, Taylor C, Hunter M. Modern Endodontic Principles. Part 5: Obturation. *Dent Update.* 2016;43(2):114-6, 9-20, 23-6 passim.
 13. Rodrigues A, Bonetti-Filho I, Faria G, Andolfatto C, Camargo Vilella Berbert FL, Kuga MC. Percentage of gutta-percha in mesial canals of mandibular molars

- obturated by lateral compaction or single cone techniques. *Microsc Res Tech.* 2012;75(9):1229-32.
14. Gordon MP, Love RM, Chandler NP. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J.* 2005;38(2):87-96.
 15. Schafer E, Koster M, Burklein S. Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod.* 2013;39(7):924-8.
 16. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz CJCoI. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). 2018;22(4):1631-9.
 17. Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman AJAds. Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. 2016;7(3):46.
 18. Keleş A, Torabinejad M, Keskin C, Sah D, Uzun İ, Alçın HJCoI. Micro-CT evaluation of voids using two root filling techniques in the placement of MTA in mesial root canals of Vertucci type II configuration. 2018;22(5):1907-13.
 19. Kim J-A, Hwang Y-C, Rosa V, Yu M-K, Lee K-W, Min K-SJJoe. Root canal filling quality of a premixed calcium silicate endodontic sealer applied using gutta-percha cone-mediated ultrasonic activation. 2018;44(1):133-8.
 20. Fonseca DA, Paula AB, Marto CM, Coelho A, Paulo S, Martinho JP, et al. Biocompatibility of Root Canal Sealers: A Systematic Review of In Vitro and In Vivo Studies. *Materials (Basel).* 2019;12(24).
 21. Pedulla E, Genovesi F, Rapisarda S, La Rosa GR, Grande NM, Plotino G, et al. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. *J Endod.* 2017;43(3):456-61.
 22. Tutino F, Alovise M, Bernardi M, Carpegna G, Comba A, Pasqualini D, et al. Micro-CT evaluation of ProTaper Next and WaveOne Gold shaping in maxillary first molars curved canals: an in vitro study. 2019;33(1).
 23. de Figueiredo FED, Lima LF, Oliveira LS, Ribeiro MA, Correa MB, Brito-Junior M, et al. Effectiveness of a reciprocating single file, single cone endodontic

treatment approach: a randomized controlled pragmatic clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2019.

24. van der Vyver PJBMP, Paleker FBM, Vorster MBM, de Wet FABMD. Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *Journal of Endodontics* 2019;45(1):62-7.
25. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20160584.
26. Alim BA, Garip Berker Y. Evaluation of different root canal filling techniques in severely curved canals by micro-computed tomography. *The Saudi Dental Journal.* 2019.