

COMPARACIÓN IN VITRO DE LA FORMA TRANSVERSAL APICAL PRODUCIDA POR LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN PROTAPER, K3 Y MANUAL EN CONDUCTOS RADICULARES CURVOS

IN VITRO COMPARISON OF THE APICAL TRANSVERSE SHAPE PRODUCED BY THE INSTRUMENTATION SYSTEMS, PROTAPER, K3 AND MANUAL IN CURVED ROOT CANALS

Francisco Javier Llamas del Olmo*, Carlos Alberto Luna Lara**, Héctor Téllez Jiménez**, Mario Todd Jiménez**, Dora Alicia Muñiz Ramos**, Hilda Isassi Hernández**

*Docente. Autor responsable, **Docente

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS

RESUMEN

Introducción. El éxito de la terapia endodóntica depende de varios factores, siendo uno de los más importantes la preparación del conducto. La creación de una geometría óptima del conducto permite una correcta obturación del mismo. **Objetivo.** Comparar in vitro la forma transversal apical y la remoción de dentina producida por los sistemas de instrumentación ProTaper, K3 y manual en conductos radiculares curvos. **Materiales y métodos.** Se utilizaron raíces mesiales de molares inferiores, las cuales fueron colocadas en un cubo se resina y realizando cortes a 3 y 6 mm de apical. A cada corte se le midió el área y la forma del conducto y se volvieron a ensamblar para ser divididos en tres grupos de estudio de 40 conductos cada uno: grupo A: instrumentados con la técnica manual con limas K-flexofile, grupo B: instrumentados con la técnica ProTaper y el grupo C: instrumentados con la técnica K3. Una vez instrumentados se volvió a medir el área y la forma del conducto. **Resultados.** Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la forma transversal dejada por los diferentes grupos de estudio ($p < .0001$) en donde los instrumentos ProTaper dejaron la mayor cantidad de conductos en forma circular en la zona apical mientras con K-Flexofile prevalecieron los conductos ovalados. En el tercio medio no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la forma pre operatoria ($p = .21$) y post operatoria ($p = .35$). En cuanto al área (mm^2) se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el tercio apical dejada entre la instrumentación con ProTaper y K3 ($p < .0001$); ProTaper y K Flexofile ($p < .0001$) y K3 con K Flexofile ($p < .0001$), siendo ProTaper el que removió mayor cantidad de dentina. En el tercio medio la mayor área de dentina removida se encontró con el sistema ProTaper. **Conclusiones.** El sistema ProTaper consigue en cortes transversales del tercio apical y medio dejar conductos circulares. El área en cortes transversales del tercio apical y medio de conductos radiculares instrumentados con ProTaper es significativamente mayor al área dejada por K3 o K Flexofile.

ABSTRACT

Introduction. The success of the endodontic therapy depends on several factors, one of the most important is canal preparation. Which brings us to a good mechanical debridement and creating optimum root canal geometry to allow proper sealing. **Objective.** The objective of this study is to compare in vitro the apical transversely dentin removal produced by the instrumentation ProTaper, K3 and manual in curved root canals. **Materials and methods.** Mesial roots of lower molars were used, which were placed in a resin cube. Two cuts were performed at 3 and 6 mm apical. Each section was measured the area and shape of the canal and reassembled to be divided into three study groups of 40 canals each. Group A: Root canals instrumented with manual technique with K-files flexofile. Group B: instrumented with the ProTaper technique. Group C: instrumented with the K3 technique. Once the root Canals were instrumented, the area and shape of the canals were measured. **Results.** Statistically significant differences were found in transverse shape left by the different study groups ($p < .0001$) where ProTaper instruments left as many circular canals in the apical area while with K-Flexofile prevailed oval canals. In the middle third, no statistically significant differences were found between the preoperative ($p = .21$) and postoperative shapes ($p = .35$). In the area (mm^2) statistically significant differences were identified in the apical area left between instrumentation with ProTaper and K3 ($p < .0001$); ProTaper and K Flexofile ($p < .0001$) and K3 with K Flexofile ($p < .0001$) being ProTaper which removed the greater amount of dentin. In the middle third, the largest area of dentin removed was with the ProTaper system. **Conclusions.** The ProTaper system achieves leaving circular canals in transverse section cuts of the apical and middle thirds. The area of the cross transverse apical and middle thirds cuts of root canals instrumented with ProTaper is significantly higher than the area left by K3 or K Flexofile.

Descriptor: Instrumentación, forma del conducto, remoción dentinaria
Keyword: Instrumentation, root canal shape, dentin removal

Llamas del O.F.J., Luna, L.C.A., Téllez, J.H., Todd, J.M., Muñiz, R.D.A., Isassi, H.H. Comparación in vitro de la forma transversal apical producida por los sistemas de instrumentación ProTaper, K3 y manual en conductos radiculares curvos.. Oral Año 17. Núm. 53, 2016. 1328-1332. Recibido: Febrero, 2015. Aceptado: Noviembre, 2015.

INTRODUCCIÓN

El éxito de la terapia endodóntica depende de varios factores, siendo uno de los más importantes la preparación del conducto. Lo que nos lleva a un buen desbridamiento mecánico y la creación de una geometría óptima del conducto que permita una correcta obturación del mismo.¹ Desafortunadamente la preparación del conducto está adversamente influenciada por la variabilidad de la anatomía del conducto.² Ingle y Cols,³ mencionan que el éxito de la terapia endodóntica depende en primer término de la limpieza y conformación del sistema de conductos radiculares, mientras que Schilder⁴ destaca la necesidad del desbridamiento, que consiste en retirar del sistema de conductos los irritantes existentes. Se han realizado diversos estudios para determinar la forma y dimensiones de los conductos. Green⁵ observó 50 raíces mesiales de molares inferiores en secciones sagitales bajo microscopio estereoscópico determinando la forma de los conductos a nivel apical, clasificándola como circular en el 58%, ovalada en el 38% y asimétrica en el 4%. El promedio del diámetro del conducto a nivel apical es de 0.30mm. Según Walton y Vertucci⁶ al hacer cortes transversales de los conductos se pueden encontrar seis configuraciones generales: redonda, oval, oval profunda, perno en forma de tazón, en forma de riñón y reloj de arena. Estas formas se pueden presentar a cualquier nivel de la raíz. Macias y Cols,⁷ observaron que a nivel cervical la forma de los conductos distales de molares inferiores es principalmente acintada y ovalada, pero tiende a predominar la forma ovalada y circular a nivel apical.

Se han buscado técnicas que limpian correctamente los conductos, sin embargo los hallazgos hasta el momento sugieren que es imposible que la instrumentación por si misma alcance una eliminación completa de bacterias y material orgánico, ya que los instrumentos trabajan de manera circular y la forma de los conductos en la mayoría de los casos no lo son.⁸ Se han desarrollado diferentes tipos de instrumentos de níquel titanio en las técnicas de instrumentación rotatorias⁹. Estos instrumentos abrieron una nueva perspectiva en la endodoncia debido a su súper elasticidad, la cual permite que los instrumentos se mantengan centrados dentro del conducto y axial obteniendo preparaciones satisfactorias, aún en conductos curvos^{10,11}.

Guelzow y Cols,¹² estudiaron seis técnicas de instrumentación rotatoria (Flex Master, GT, Hero 642, K3, Pro Taper y RaCe) así como la instrumentación manual en 147 molares inferiores, evaluando los diámetros de los conductos post-instrumentación en cortes transversales y los definieron como ovales, redondos o irregulares y notaron que todos los sistemas rotatorios, así como el manual produjeron conductos redondos u ovales, sin embargo el sistema ProTaper fue el que obtuvo los mejores resultados produciendo menos conductos irregulares. Schafer y Vlassis¹³ estudiaron 48 molares humanos instrumentados con la técnica ProTaper y RaCe y pudieron observar que el sistema

RaCe produjo conductos más limpios y se mantuvo mejor centrado en el conducto, respetando la curvatura original, en promedio el tercio apical fue el menos limpio comparado con el tercio coronal y medio, independientemente de la técnica de instrumentación utilizada, por lo que recomendaron utilizar instrumentos de mayor calibre en el tercio apical, de manera que al ampliar el diámetro del conducto se pueda lograr una mejor limpieza.

Jodway y Hulsmann¹⁴ encontraron que al utilizar el sistema K3 se producían conductos de diámetro oval y redondos en la mayoría de los casos (65.3%) y no mostraban diferencias en las preparaciones de los segmentos apical, coronal y medio, mientras que el sistema NiTi-TEE obtuvo resultados de 50.6% de conductos redondos y ovales. La superposición de imágenes de pre y post instrumentación reveló que dejaron áreas del conducto sin instrumentar en ambos grupos a nivel de los tres segmentos estudiados. Se ha demostrado en numerosos estudios la deficiencia de la instrumentación manual tanto con respecto a la limpieza como a la forma original del conducto, debido a la modesta capacidad de los instrumentos manuales (K-Flexofile) en mantener la curvatura del conducto¹⁵. Wu y Cols,¹⁶ evaluaron la instrumentación manual en 30 conductos ovalados de incisivos mandibulares, instrumentando un grupo con limas FlexoFile utilizando la técnica de fuerzas balanceadas y otro grupo con limas FlexoFile y movimientos de limado circunferencial; observaron que independientemente de la técnica utilizada ninguno tuvo éxito en el contacto con el 40% o más de la circunferencia del conducto, por lo que llegaron a la conclusión de que ninguna de las dos técnicas es capaz de remover la capa interna de dentina completamente en conductos ovales. Hashem y Cols,¹⁷ hicieron un análisis geométrico de los conductos mesiovestibulares de molares inferiores a 1.3, 2.6, 5.2, y 7.8mm del ápice. Encontraron que el sistema ProTaper fué el que removió mayor cantidad de dentina a 1.3mm. El objetivo de este estudio es comparar in vitro la forma transversal apical y la remoción de dentina producida por los sistemas de instrumentación ProTaper, K3 y manual en conductos radiculares curvos.

CONCLUSIÓN

En un estudio experimental in vitro y comparativo, se evaluaron 60 raíces mesiales de molares inferiores (120 conductos) extraídos, a los cuales se les realizó acceso y se tomó una radiografía con radiovisiografía (RVG) (Trophy Mame la Vallée, France) para así tomar el ángulo de curvatura de la raíz mesial según el método de Schneider¹⁸ y la modificación propuesta por Sydney¹⁹ y la conductometría. Se confeccionó un cubo endodóntico con una resina acrílica ayudada con una mufa metálica diseñada por Bramante con modificación de Kuttler y Cols,²⁰ colocando las

raíces mesiales dentro del cubo de resina hasta que polimerizara. Una vez obtenido el cubo de resina El cubo se llevó a la recortadora (Isomet 5000 Buehler®), se realizaron dos cortes horizontales a 3 y 6mm del ápice con un disco de diamante de 4"x0.012" pulgadas (Buehler®, DiamondWaferingBlade). Utilizando un microscopio estereoscópico a 35X (Leica EZ4D) se les tomaron fotos a cada segmento del cubo.

Para delimitar el área total del conducto se utilizó el programa ImageTool® (v.3.0, UTSCHSA) en primera instancia la función "Calibración de mediciones especiales" mostrada en la barra de herramientas del programa, posteriormente se determinó el área total del conducto con la función Área, con el cursor se delimitó el contorno del conducto en la imagen del corte apical y medio, el resultado de esta medición fue registrada en el formato recolector de datos. Una vez hecho esto se volvieron a ensamblar las porciones del cubo en la mufla para ser instrumentados dividiéndose en tres grupos:

-Grupo A: 40 conductos se trabajaron con la técnica de instrumentación manual, utilizando limas K-FlexofileMaillefer, iniciando con una lima del número 10 o 15 y terminando con una lima número 30, realizando una apertura cervical con fresas Gates Glidden en secuencia 3, 2, 1.

-Grupo B: 40 conductos se instrumentaron con el sistema rotatorio ProTaper. Con una lima K-Flexofile #10 se patentizó el conducto verificando su llegada a la conductometría registrada anteriormente, una vez corroborado esto se insertó el instrumento SX en el contra-ángulo del motor (Endo Mate NSK) y se le aplicó quelante en la parte activa, llevándolo al conducto con movimientos de pincelado y a resistencia, luego se introdujo la lima S1 a longitud de trabajo con el mismo tipo de movimiento y descendiendo progresivamente, se irrigó y se introduce la lima S2, la cual también debió llegar a la conductometría, de esta manera se dio paso a F1, F2 y F3 a conductometría y con abundante irrigación.

-Grupo C: 40 conductos instrumentados con el sistema rotatorio K3. Se patentizó el conducto con una lima K-Flexofile #10 corroborando la llegada a la longitud de trabajo, enseguida se irrigó el conducto con hipoclorito de sodio al 2% y el motor (Endo Mate NSK®) se programó a 300rpm. Se colocó el abridor #25 .10 hasta sentir resistencia, enseguida se introdujo la lima #25 .08 de igual forma hasta que la lima encontrara resistencia dentro del conducto, posteriormente la lima #25 .06 a longitud de trabajo, se insertó la lima #20 .04 y finalmente la #30 .04, entre cada una de ellas se irrigó copiosamente con hipoclorito de sodio al 2%.

Posterior a la instrumentación de cada grupo se desarmó la mufla y los cortes se colocaron nuevamente en el microscopio estereoscópico (35X), se tomaron fotografías para ser llevadas al programa ImageTool® y así repetir el procedimiento de obtención de área.

Para medir la forma del conducto basal así como ya instrumentado a 3 y 6mm. Se tomó como base la relación entre el diámetro mayor y el diámetro menor del conducto basándose en la siguiente clasificación:

-Circular. (Conductos en que el cociente entre el diámetro menor respecto al mayor tuvo un valor entre 1.0 y 0.667).

-Oval. (Cuando el cociente tuvo un valor entre 0.334 y 0.666).

-Acintado.(Cuando el cociente fue menor a 0.333).

RESULTADOS

Los resultados de la forma transversal del conducto en el tercio apical se muestran en la tabla 1.

Frecuencias y porcentajes (%) de la forma transversal del conducto basal y post instrumentación encontrada en el tercio apical. (n=40)

GRUPO	CIRCULAR		ACINTADO		OVALADA	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
PROTAPER	0 (0,0%)	37 (92,5%)	40 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (7,5%)
	0 (0,0%)	7 (17,5%)	39 (97,5%)	0 (0,0%)	1 (2,5%)	33 (82,5%)
K-FLEXOFIL	0 (0,0%)	0 (0,0%)	40 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	40 (100%)

Tabla 1.

No se identificaron diferencias estadísticamente significativas en la medición pre operatoria de la forma transversal apical de los conductos asignados a las tres técnicas de instrumentación, siendo en la mayoría conductos acintados ($p=.36$).

Sin embargo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la forma transversal dejada por los diferentes grupos de estudio ($p<.0001$) en donde los instrumentos ProTaper dejaron la mayor cantidad de conductos en forma circular en la zona apical mientras con K-Flexofile prevalecieron los conductos ovalados.

En cuanto al tercio medio no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la forma pre operatoria ($p=.21$) y post operatoria ($p=.35$) dejada por los diferentes grupos de instrumentación, tal como se muestra en la tabla 2.

Frecuencias y porcentajes (%) de la forma transversal del conducto pre y post instrumentación en el tercio medio. (n=40)

GRUPO	CIRCULAR		ACINTADO		OVALADA	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
PROTAPER	39 (97,5%)	40 (100%)	1 (2,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	37 (92,5%)	39 (97,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (7,5%)	1 (2,5%)
K-FLEXOFIL	36 (90,0%)	38 (95,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (10,0%)	2 (5,0%)

Tabla 2.

En cuanto al área (mm^2) Se identificaron diferencias estadísticamente significativas en el área apical dejada entre la instrumentación con ProTaper y K3 ($p<.0001$); ProTaper y K Flexofile ($p<.0001$) y K3 con K Flexofile ($p<.0001$), siendo el grupo de ProTaper el que removió mayor cantidad de dentina, tal como se muestra en la tabla 3.

Área (mm^2) del conducto en cortes transversales dejada por diferentes técnicas de instrumentación rotatoria con Ni-Ti y acero inoxidable				
GRUPO	MEDIANA	MEDIA (D.E.)	I.C. DE 95%	
TERCIO APICAL	BASAL POST-INSTRUM	BASAL POST INSTRUM	BASAL POST INSTRUM	
ProTaper	.250	.680	.246 ± .030	.676 ± .025
K3	.260	.465	.256 ± .030	.490 ± .097
K Flexofile	.280	.405	.277 ± .029	.421 ± .048
			.237 - .256	.668 - .684
			.247 - .266	.458 - .521
			.268 - .287	.405 - .436

Tabla 3.

En el tercio medio la mayor área de dentina removida se encontró con el sistema ProTaper, identificando diferencias estadísticamente significativas en la comparación post instrumentación entre todos los grupos ($p<.0001$) tal como se muestra en la tabla 4.

Área (mm^2) del conducto encontrado con diferentes técnicas de instrumentación rotatoria con Ni-Ti y acero inoxidable				
GRUPO	MEDIANA	MEDIA (D.E.)	I.C. DE 95%	
TERCIO MEDIO	BASAL POST-INSTRUM	BASAL POST INSTRUM	BASAL POST INSTRUM	
ProTaper	.700	.960	.706 ± .045	.994 ± .141
K3	.680	.880	.670 ± .051	.862 ± .103
K Flexofile	.680	.730	.681 ± .031	.731 ± .035
			.692 - .720	.948 - 1.04
			.654 - .687	.829 - .894
			.671 - .691	.720 - .742

Tabla 4.

DISCUSIÓN

La forma transversal dejada por la instrumentación de conductos consideramos que es crucial ya que de esta depende una íntima adaptación del cono de gutapercha y del confinamiento de las bacterias residuales que pudieran existir minimizando el efecto de la microfiltración. El método empleado en la evaluación de la forma anatómica transversal del conducto involucró el método de inserción de molares en el cubo endodóntico²⁰ que ha demostrado con el paso de los años ser una estrategia de medición útil en la medición cualitativa y cuantitativa de este tipo de estudios. En este estudio observamos que el 92.5% de los conductos instrumentados con la técnica ProTaper tuvieron una forma circular en el tercio apical y un 100% en el tercio medio, dichos resultados coinciden con los resultados encontrados por Grande

y Cols,²¹ donde al analizar la geometría producida en conductos mesiales de molares inferiores después de ser instrumentados con el sistema ProTaper se obtuvieron principalmente conductos redondos. Jodway y Cols,¹⁴ realizaron un estudio similar utilizando imágenes pre y post instrumentación con las técnicas NiTi- TEE y K3, ellos observaron que el 65.3% de los conductos instrumentados con K3 tuvieron una forma oval en el tercio apical, mientras que en este estudio pudimos ver que la misma forma fue producida en el 82%. Es posible que las diferencias encontradas entre ambos estudio se deban a que ellos utilizaron super-imposición de imágenes mientras en nuestro estudio evaluamos la forma mediante la obtención de cocientes que orientaban sobre la forma del conducto presente. La instrumentación manual con limas K es una técnica utilizada desde hace mucho tiempo, sin embargo con los adelantos tecnológicos en los sistemas de instrumentación, se ha logrado superar, uno de los grandes problemas de esta técnica es su deficiencia al respetar la anatomía del conducto, lo cual quedó demostrado en este estudio al ser comparada con las técnicas rotatorias ProTaper y K3.

En este estudio se pudo observar que al utilizar la instrumentación manual con limas K Flexofile, no se obtuvieron conductos redondos en el tercio apical, la instrumentación provocó conductos de forma ovalada en el 100% de la muestra, esto puede ser explicado con los resultados obtenidos por Wu y Cols,¹⁶ donde en su estudio demuestran que el 40% de la superficie de la circunferencia del conducto no tuvo contacto con la instrumentación realizada con limas K Flexofile, independientemente de haber sido instrumentados de forma circunferencial o con la técnica de fuerzas balanceadas. Corroboramos que la aleación de acero inoxidable es un factor que participa en la aparición de conductos ovalados dado el efecto de enderezamiento principalmente en calibres mayores al #10, en nuestro estudio este efecto pudo producirse por el empleo de limas #30 utilizadas como instrumento maestro.

La forma transversal circular encontrada con ProTaper y K3 no solo es benéfica para la etapa de la obturación de la misma manera encontramos una remoción dentinaria significativa que complementa la etapa de la preparación biomecánica. Esta considerable remoción dentinaria se explica dado la conicidad progresiva y constante de los instrumentos ProTaper y K3 utilizados y es determinante en la eliminación de contenido pulpar y bacterias.

La mayor cantidad de dentina removida del conducto fue producida por las técnicas rotatorias, principalmente cuando se utilizó el sistema de instrumentación ProTaper, estos resultados coinciden con lo observado por Hartmann y Cols,²² quienes obtuvieron resultados similares al comparar la técnica manual con limas K Flexofile, la técnica oscilatoria con limas K Flexofile y el sistema rotatorio ProTaper, concluyendo que es este último el que remueve mayor cantidad de dentina de las paredes del conducto.

CONCLUSIONES

1. El sistema ProTaper consigue en cortes transversales del tercio apical y medio dejar conductos circulares.
2. La instrumentación manual con K-Flexofile deja en el tercio apical y tercio medio conductos ovalados.
3. El área en cortes transversales del tercio apical y medio de conductos radiculares instrumentados con ProTaper es significativamente mayor al área dejada por K3 o K Flexofile, por lo que se deduce que la cantidad de remoción dentinaria es superior con ProTaper.
4. El área de dentina removida con K3 en los tercios apical y medio es superior a la de K Flexofile.
5. La mayor conicidad de los instrumentos de NiTi permite conseguir una mayor remoción de dentina.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Ove, P. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30 : 559-67.
- 2.-Ponti, T.M., Mc Donald, N.J., Kuttler, S., Strassler, H.E., Dumsha, T.C. Canal centering ability of two rotary file system. *J Endod* 2002; 28: 283-6.
- 3.-Ingle, J.I., Mullaney, T.A., Grandich, R.A., Taintor, J.F., Fahid, A. Preparación de la cavidad endodóntica. En: Ingle JI, Taintor F : Endodoncia. 3^a edición. México DF; Editorial Interamericana, 1988: 106-229.
- 4.-Schilder, H. Clearing and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-73.
- 5.-Green, D.A. Stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1956; 9: 1224-32.
- 6.-Walton, R.E., Vertucci, F.J. Anatomía interna. En: Walton RE, Torabinejad M. Endodoncia principios y práctica. 2^a edición. México DF; Editorial McGraw-Hill Interamericana, 1997: 177-91.
- 7.-Macías, S.O., García, A.R.L., Díaz, M.M.A. Forma y diámetro de los conductos en molares inferiores. *Rev Odontol Mex* 2004; 8: 24-31.
- 8.-Tan, B.T., Messer, H. The quality of apical canal preparation using hand and rotary instruments with specific criteria for enlargement based on initial apical file size. *J Endod* 2002; 28: 658-64.
- 9.-Tasdemir, T., Aydemir, H., Inan, U., Unal, O. Canal preparation with Hero 642 rotary NiTi instruments compared with stainless steel hand K file assessed using computed tomography. *Int Endod J* 2005;38: 402-8.
- 10.-Trojan, C.H., So, M.V.R., Figueiredo, J.A.P., Oliveira, E.P.M. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *Int Endod J* 2006; 39: 616-25.
- 11.-Deploze, P., Peters, O., Barbakow, F. Comparing apical preparations of root canals shaped by nickel titanium rotary instruments and nickel-titanium hand instruments. *J Endod* 2001;7:196-202.
- 12.-Guelzow, A., Stamm, O., Martus, P., Kielbassa, A.M. Comparative study of six rotary nickel titanium system and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J* 2005; 38:743-52.
- 13.-Schafer, E., Vassis, M. Comparative investigation of two rotator nickel titanium instruments: ProTaper versus RaCe. Part: 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2004; 37:239-48.
- 14.-Jodway, B., Hulsman, M. A comparative study of root canal preparation with NiTi-Tee and K3 rotary NiTi instruments. *Int Endod J* 2006;39:71-80.
- 15.-Martin, G., Blaskovic-Subat, V. Preparation on simulated root canals using the Macfile, Canal Master and K-Flexofile. *Int Endod J* 1997;30:160-6.
- 16.-Wu, M.K., Van Der Sluis, L.W.M., Wesselink, P.R. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentin in oval canals. *Int Endod J* 2003;36 :218-24.
- 17.-Hashem, A.A., Ghoneim, A.G., Lufy, R.A., Foda, M.Y., Omar, G.A. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod* 2012; 38: 996-1000.
- 18.-Schneider, S.W. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971; 32: 271-5.
- 19.-Sydney, G., Barista, A., Laureira de Melo, L. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *J Endod* 1991; 11:570-2.
- 20.-Kuttler, S., Garala, M., Perez, R., Dorn, S. The endodontic cube: A system designed for evaluation of root canal anatomy and canal preparation. *J Endod* 2001;27:533-6.
- 21.- Grande, N.M., Platino, G., Butti, A., Messina, F., Pameijer, Ch., Somma, F. Cross-sectional analysis of root canals prepared with NiTi rotary instruments and stainless steel reciprocating files. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology Endod* 2007;103: 120-6.
- 22.-Hartmann, M.S., Fontanella, V.R., Vanni, J.R., Fornari, V.J., Barletta, F.B. CT evaluation of apical canal transportation associated with stainless steel hand files, oscillatory technique and ProTaper rotary system. *BrazDent J* 2011; 22: 288-93.