

## EFFECTIVIDAD DE LAS TÉCNICAS ROTATORIA Y OSCILATORIA EN LA PREPARACIÓN DE CONDUCTOS RADICULARES DE CONFORMACIÓN OVALADA.

Effectiveness of root canal rotary and oscillatory preparation techniques in flattened root canals.

Efetividade das técnicas rotatória e oscilatória no preparo biomecânico de canais radiculares de conformação ovalada.

*Recibido para arbitraje: 09/10/2006*

*Aceptado para publicación: 12/01/2007*

- **Guillermo Mauricio Aguirre**, Doctorando de la Facultad de Odontología de Araraquara - SP
- **Fernanda Geraldés Pappen**, Doctoranda y MS por la Facultad de Odontología de Araraquara - SP
- **José Carlos Rivas Gutierrez**, Doctoranda y MS por la Facultad de Odontología de Araraquara - SP
- **Indri Nogueira**, Becaria de Iniciación Científica- Facultad de Odontología de Araraquara - SP
- **Idomeo Bonetti-Filho**, Coordinador del Curso de Posgrado en Endodoncia de la Facultad de Odontología de Araraquara - SP
- **Carlos García Puente**, Director de la carrera de Especialidad en Endodoncia de la Universidad Maimonides. Buenos Aires
- **Renato Leonardo**, Profesor de la Facultad de Odontología de Araraquara - SP

### Resumen

Este trabajo evaluó la preparación biomecánica de conductos radiculares de conformación ovalada, en cuanto al área de utilización de los instrumentos, se aplicaron cuatro técnicas: instrumentación oscilatoria con instrumentos de acero inoxidable Endo-Eze; instrumentación rotatoria con instrumentos de níquel-titanio del sistema Profile, instrumentación oscilatoria utilizando el sistema Profile, e instrumentación rotatoria con sistema Profile asociada a la instrumentación oscilatoria con sistema Endo-Eze. Fueron utilizadas 40 raíces distales de molares inferiores extraídos. Los especímenes fueron incluidos en resina poliéster cristal incolora, obteniendo un bloque con marcas en la porción externa. La raíz incluida en el bloque de resina fue seccionada de forma que pudiéramos visualizar la porción media del conducto radicular. Los dos cortes del bloque de resina fueron reposicionados, posibilitando la instrumentación de los conductos radiculares. Las imágenes de la superficie inferior de la sección media de cada raíz fueron obtenidas a través de una cámara digital y las imágenes archivadas. Después de la instrumentación, fueron realizadas nuevas fotografías. Las imágenes fueron transferidas para el programa AutoCAD, para que los conductos radiculares fueran trazados y la medición de las áreas de actuación de los instrumentos fuera realizada. Los resultados demostraron que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, aún haya sido observado un desgaste más uniforme en las paredes dentinarias por la instrumentación con los sistemas Profile y Endo-Eze asociados.

**Palabras clave:** instrumentación oscilatoria, instrumentación rotatoria, conductos radiculares ovalados, preparación de los conductos radiculares.

### Abstract

This study evaluated the biomechanical preparation of flattened root canals, considering the effective area of instrumentation, using four different techniques: oscillatory instrumentation using Endo-Eze instruments; rotary instrumentation using Profile system; oscillatory instrumentation using Profile system; and rotary instrumentation with Profile system associated to oscillatory instrumentation with Endo-Eze system. A total of 40 distal roots of lower molars were used. These teeth were included in transparent resin blocks and grooves were made in the external portion of the block. The resin block containing the teeth was cut showing the median third of the root. Using a digital camera, the lower portion from the median third of the root were photographed, and the images recorded. After instrumentation, new images were obtained. The images were transferred to AutoCAD, the root canal was demarcated and the root

canal area was measured. The results showed no statistically significant difference between the groups. However, a more uniform enlargement was observed in the group where oscillatory and rotary instrumentation were associated.

**Key words:** oscillatory instrumentation, rotary instrumentation, flattened root canals, root canal preparation

#### Resumo

Este trabalho avaliou o preparo biomecânico de canais radiculares de conformação ovalada, quanto à área de atuação dos instrumentos, utilizando quatro técnicas: instrumentação oscilatória com instrumentos de aço inoxidável Endo-Eze; instrumentação rotatória com instrumentos de níquel-titânio do sistema Profile, instrumentação oscilatória utilizando o sistema Profile, e instrumentação rotatória com sistema Profile associada à instrumentação oscilatória com sistema Endo-Eze. Foram utilizadas 40 raízes distais de molares inferiores extraídos. Os espécimes foram incluídos em resina poliéster cristal incolor, obtendo-se um bloco com marcas na porção externa. A raiz incluída no bloco de resina foi seccionada de forma a visualizarmos a porção média do canal radicular. Os dois cortes do bloco de resina foram reposicionados, possibilitando a instrumentação dos canais radiculares. As imagens da superfície inferior da secção média de cada raiz foram obtidas através de uma câmera digital e as imagens arquivadas. Após a instrumentação, foram realizadas novas fotografias. As imagens foram transferidas para o programa AutoCAD, para que os canais radiculares fossem traçados e a mensuração das áreas de atuação dos instrumentos fosse realizada. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos, embora tenha sido observado um desgaste mais uniforme nas paredes dentinárias pela instrumentação com os sistemas Profile e Endo-Eze associados.

**Palavras chave:** instrumentação oscilatória, instrumentação rotatória, canais radiculares ovalados, preparo biomecânico dos canais radiculares.

#### Introducción

El objetivo de la preparación biomecánica de los conductos radiculares es limpiar y dar forma al conducto radicular, favoreciendo una irrigación efectiva y la obturación lo más hermética posible del conducto radicular. La instrumentación manual tradicional, no consigue alcanzar estos objetivos, especialmente en casos de dientes con curvaturas acentuadas, o de conformación oval(1,2,3).

Las variaciones anatómicas en el corte transversal de los conductos radiculares y la presencia de irregularidades anatómicas en conjunto con las curvaturas de los conductos llevan a errores operatorios como escalones, desvíos, transporte del foramen y perforaciones(4,5,6).

La aparición de aleaciones de níquel titanio para la confección de instrumentos manuales y rotatorios contribuyó para el aumento de la flexibilidad permitiendo mejorar la preparación de los conductos radiculares, y la disminución de los accidentes durante la instrumentación(7).

A pesar de la constante evolución de las distintas técnicas de instrumentación, aún existe la problemática de lograr trabajar todas las paredes de los conductos radiculares con instrumentos manuales o rotatorios especialmente en conductos radiculares curvos y de anatomía achatada, la técnica ideal debería utilizar instrumentos flexibles y con ángulo de corte eficiente que permitan un acceso a toda la extensión de los conductos radiculares curvos y achatados, siendo resistente a fracturas y con eficiencia de corte(8).

Actualmente, la técnica oscilatoria surge como una alternativa más para la preparación biomecánica eficiente. Los sistemas que utilizan esta cinemática producen una diferente conicidad del padrón y son compuestos por aleaciones de acero inoxidable, presentando ventajas principalmente relacionadas a la economía de tiempo, ya que utilizan un número reducido de limas y una preparación adecuada de los conductos radiculares, principalmente los de anatomía curva y/o achatada, donde debido a la cinemática de empleo de estos instrumentos presentan una mejor actuación.

Recientemente, el sistema oscilatorio Endo-Eze (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) fue introducido en el mercado con la promesa de una preparación biomecánica menos invasiva. De acuerdo con el fabricante, el sistema oscilatorio (ángulo de 30°) permite la preparación también de las irregularidades de los conductos radiculares de conformación oval.

Bramante et al.(9), en 1987, desarrolló una metodología en donde por medio del corte transversal de las raíces es posible observar las alteraciones ocurridas en la geometría del conducto radicular. Este método viene siendo ampliamente utilizado(10,11,12,13).

Una vez que, hasta la actualidad las diferentes investigaciones desarrolladas con este tipo de mecanismos son realizadas en conductos curvos o simuladores de conductos curvos, y que muy pocas de estas se han desarrollado en conductos de forma

ovalada, esta investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad de desgaste en conductos con este tipo de conformación con técnicas de instrumentación rotatoria y oscilatoria, además de la asociación de las dos técnicas.

### Material y Método

La preparación biomecánica de los conductos radiculares con conformación ovalada, fue evaluada en relación al área de actuación de los instrumentos utilizando cuatro diferentes técnicas: Instrumentación oscilatoria con instrumentos de acero inoxidable Endo-Eze (Ultradent-South Jordan, UTA-USA); instrumentación rotatoria con instrumentos de níquel-titanio del sistema Profile (Maillefer-Dentsply-USA); instrumentación oscilatoria con instrumentos de níquel-titanio del sistema Profile (Maillefer-Dentsply-USA); Instrumentación rotatoria con instrumentos de níquel-titanio del sistema Profile (Maillefer-Dentsply-USA) somada a instrumentación oscilatoria con instrumentos de acero inoxidable Endo-Eze (Ultradent-South Jordan, UTA-USA)

Se utilizaron 40 raíces distales de molares inferiores recién extraídos, seleccionados de forma que el diámetro inicial del forámen apical y el grado de curvatura sean estandarizados inicialmente. Fueron analizados radiográficamente, y seleccionados dientes sin interrupciones internas, con conducto único, sin morfología atípica.

Fue realizada la apertura cameral con una fresa redonda accionada con una turbina con refrigeración de agua, ese retiro el techo de cada una de las cámaras pulpares con una fresa endo-Z, Fue verificado también, con una lima K #15, que el conducto no se había sido preparado anteriormente. En este momento, fue obtenida la conductometría de manera externa.

Para la visualización directa de los conductos y para que se pueda maniobrar la instrumentación de una manera adecuada, fue realizado el corte de la porción coronaria de los dientes.

Los especímenes fueron preparados conforme a lo descrito por Bramante(9), donde las raíces fueron introducidas en resina poliéster cristal incolora (Resina Polilvte T-208) a partir de una matriz preconfeccionada en silicón, con una forma cónica, siendo el lado expulsivo direccionado para cervical. Después de la polimerización total el bloque de resina presentará la forma interna de la matriz de silicón, con surcos guías horizontales en la porción externa previamente marcados antes de sumergir en la resina.

Enseguida la raíz incluida en el bloque de resina, fue seccionada en su tercio medio sobre una línea circunferencial diseñada anteriormente, obteniéndose en cada bloque de resina dos porciones, de forma que se visualice la porción media del conducto radicular.

La superficie inferior de la sección media de la raíz fue marcada con números de trabajo padrón, transferibles a seco (Decalc Letra, Letratec Ltda.), con 0.4 mm de altura, este procedimiento permite la calibración de las imágenes en el programa de medición a ser utilizado.

Fue confeccionada una matriz de yeso para adaptar con exactitud los dos cortes del bloque de resina, reposicionando las secciones de manera que posibilite la instrumentación de los conductos radiculares. La matriz de yeso consiste en una copia exacta de la matriz de silicón.

La superficie inferior de la sección media de cada raíz fue fotografiada por una cámara digital (Cybershot 717-Sony, USA) y las imágenes adquiridas fueron salvadas en formato Tiff.

Para la uniformidad de las fotografías las imágenes fueron obtenidas con la cámara siempre en la misma posición, fijada en una base, y con los bloques de resina en el interior de la matriz de yeso.

Las imágenes obtenidas fueron transferidas para el programa AutoCad R14, para la medición de las áreas de acción de los instrumentos en los conductos radiculares.

De acuerdo con la técnica de instrumentación utilizada, los especímenes fueron divididos en cuatro grupos experimentales (Tabla 1).

**Tabla 1**  
**Distribución de los especímenes en función de los instrumentos y técnicas de instrumentación utilizadas.**

	INSTRUMENTO	TÉCNICA DE INSTRUMENTACIÓN	VELOCIDAD DEL MOTOR	NÚMERO DE RAÍCES
I	ENDO-EZE	OSCILATORIA	6000 RPM	10
II	PROFILE	ROTATORIA	350 RPM	10
III	PROFILE	OSCILATORIA	6000 RPM	10
IV	PROFILE + ENDO-EZE	ROTATORIA + OSCILATORIA	350 RPM y 6000 RPM	10

### Secuencia de instrumentación de los conductos radiculares

#### Grupo I

Para la instrumentación del grupo I, utilizando el sistema Endo-Eze, de instrumentos de acero inoxidable y cinemática oscilatoria, fueron utilizados un contraángulo reductor (Ultradent-South Jordan, UTA-USA) 4:1 acoplado a un micro motor a velocidad máxima. El tiempo de trabajo de de cada instrumento fue de 30 segundos (Tabla 2).

**Tabla 2:**  
Secuencia de instrumentación con el sistema ENDO-EZE

Instrumentos	Conicidades	Diámetro de punta
AMARILLO	0,25	0,10
ROJO	0,35	0,13
AZUL	0,45	0,13
VERDE	0,60	0,13

#### Grupo II

En el grupo II, el sistema Profile, de instrumentos de níquel-titanio fue utilizado en un motor eléctrico Nouvag model TC motor 3000 (Nouvag. Manufactures of Dental & Medical Equipaments, Switzerland), ajustado a una velocidad de 350 rotaciones por minuto en un torque de modo AS (automatic stop) en 6NXcm, en el motor Nouvag se uso un contrángulo reductor 20:1. Los instrumentos de níquel-titanio permanecieron un máximo de diez segundos en el interior de los conductos radiculares (Tabla 3).

#### Grupo III

La instrumentación del grupo III, utilizó la misma secuencia del sistema Profile, pero los instrumentos fueron acoplados a un contra ángulo 4:1 en un micro motor en velocidad máxima y la cinemática utilizada fue oscilatoria, donde la lima fue llevada al encuentro de las paredes de los conductos radiculares (Tabla 3).

**Tabla 3**  
Secuencia de instrumentación con el sistema Profile

Instrumentos	Conicidades	Diámetro de punta
AMARILLO	0,06	0,20
ROJO	0,06	0,25
AZUL	0,06	0,30
VERDE	0,06	0,35

#### Grupo IV

Para la instrumentación del grupo IV, fueron utilizados el sistema Endo-Eze más el sistema Profile. La utilización del sistema

Endo-Eze fue de acuerdo con el grupo I y del sistema Profile fue utilizado en la misma forma que en el grupo II.

Todos los conductos fueron instrumentados con irrigación constante de agua destilada.

Cada instrumento fue utilizado 5 veces, siendo descartado en seguida. Después de la instrumentación fueron realizadas nuevamente fotografías, siguiendo los mismos criterios de padronización adquiridos en las tomas antes de la instrumentación.

Las imágenes obtenidas fueron analizadas en el programa AutoCad R14, posibilitando la medición de las áreas de actuación de las técnicas de instrumentación.

Para evaluar la acción de las técnicas de los diferentes grupos experimentales, fue medida el área del conducto radicular después de la instrumentación, comparativamente al área inicial.

### Resultados

En la tabla 4 son dados los porcentajes de desgaste obtenidos en los conductos radiculares de acuerdo con el grupo de instrumentación. Son dadas también las medidas y desvíos patrón de esos porcentajes.

**Tabla 4**  
Porcentaje de desgaste, medias y desvíos patrón de acuerdo con los grupos experimentales.

Muestra	Grupo			
	I	II	III	IV
1	12,68	4,52	35,52	39,20
2	36,22	44,88	59,90	53,57
3	22,39	6,80	15,25	64,71
4	23,23	10,45	17,79	1,45
5	6,02	35,71	12,80	36,77
6	46,02	25,00	32,23	48,98
7	50,00	27,00	10,69	30,14
8	17,69	36,74	31,14	27,34
9	8,00	5,48	54,14	39,52
10	43,33	50,00	16,27	7,33
Media	26,56	24,66	28,57	34,90
Desvio patrón	16,22	17,06	17,37	19,54

El sumario del análisis de variación para la evaluación del efecto de los diferentes grupos de instrumentación sobre el desgaste de los conductos radiculares es dado en la tabla 5. Se nota que no hay evidencia de que, en media, un grupo de instrumentación sea diferente a los demás.

**Tabla 5**  
Sumario del análisis de variación para la evaluación de los grupos de instrumentación tomando en cuenta el porcentaje medio de desgaste de los conductos radiculares

Efecto	Grados de libertad	Media Cuadrática	F	p
Grupo	3	197,99	0,64	0,5945
Residuo	36	309,52		
Homogeneidad de varianzas: $p=0,9976$ (Levene)				
Normalidad de los residuos: $p=0,3679$ (Shapiro-Wilk)				

El análisis adoptado es el adecuado, pues los datos experimentales son independientes, bien como se comprobó homogeneidad de variancia entre los grupos y normalidad del residuo. En esos casos los valores p de los testes de Levene y de Shapiro Wilk son mayores de que 0,05.

#### Discusión

El método investigativo para evaluar desvíos, cambio de áreas y ensanchamiento de conductos pre y post operatorio fue basado en la técnica de Bramante(9). El referido método permite a partir de la sobre posición de imágenes una correcta evaluación de la eficacia de diferentes preparaciones biomecánicas. En nuestro trabajo utilizamos la tecnología que los programas de AutoCAD proporcionan en este tipo de medición.

En relación al tipo de diente que podríamos utilizar la principal duda estaba entre la utilización de dientes extraídos (naturales) o dientes simulados en acrílico. Los dientes de acrílico permiten una mejor estandarización, pero todos los modelos existentes en el mercado son constituidos de conductos circunferenciales y cónicos lo que no representa la realidad anatómica. Los dientes de acrílico poseen una resiliencia diferente a la de la dentina y, cuando se utiliza instrumentación mecanizada, el aumento de la temperatura permite que la resiliencia de la resina disminuya favoreciendo el tratamiento. Elegimos la utilización de dientes extraídos, de esta manera creemos que tales interferencias fueron disminuidas y los resultados obtenidos más confiables.

De las técnicas que evaluamos una es rotatoria pura, otra es oscilatoria pura y las otras dos son mezclas de cinemática osciloro-rotatoria utilizando tanto instrumentos de acero inoxidable como instrumentos de níquel-titanio. La preparación de conductos ovals con instrumentos rotatorios de NiTi resulta en áreas no instrumentadas(14). Este hecho se torna de gran valor una vez que la prevalencia de conductos ovals en el tercio medio y apical fue identificado por Wu et al.(15) en 25% de los dientes evaluados. Después del uso de la instrumentación por la técnica de fuerza balanceada y obturación con condensación lateral, 40% de los conductos radiculares ovals permanecieron con áreas no instrumentadas y consecuentemente no obturadas(16). La preparación oscilatoria puede permitir la actuación de los instrumentos en todas las paredes del conducto radicular, limpiando el espacio anatómico sin desgastar en demasía la raíz.

Los instrumentos de acero inoxidable trabajan de manera oscilatoria en el conducto. La instrumentación convencional utiliza instrumentos con conicidad 0,02mm por mm. Con la llegada del sistema Endo -Eze, la utilización de limas de acero inoxidable permaneció, lo que le da al sistema una gran resistencia a la fractura, además utilizando solamente cuatro limas con conicidades diferentes pero mayores que las estandarizadas es posible ganar tiempo durante la preparación. Nuestra metodología busco una innovación al utilizar instrumentos contruidos típicamente para sistemas rotatorios pero en este caso con movimiento oscilatorio. Siendo el sistema Endo-Eze un sistema oscilatorio, que permite que los instrumentos trabajen en las superficies de todas las paredes del conducto, el ensanchamiento obtenido en el grupo I (Endo-Eze oscilatorio) no fue mayor que en los otros grupos, una vez que el instrumento mas ancho del sistema es equivalente a una lima número 13, y mismo con una conicidad de 0,06mm por mm, en este tercio no permitiría un ensanchamiento tan efectivo en cuanto a lo obtenido en la porción apical como comprobó Camargo(17), una vez que la región del tercio apical en la mayoría de los casos es recta. A pesar de diferentes resultados, el método estadístico utilizado no evidenció diferencias significativas. De las cuatro técnicas evaluadas, aquella que utiliza solamente el sistema rotatorio Profile (GrupoII), fue la que menos desgaste presentó. Es importante resaltar que de acuerdo con nuestra consideración, desgaste es equivalente a mejor preparación biomecánica de los conductos. Según Barnizam et al.(18), los sistemas rotatorios son bastante efectivos en el ensanchamiento de conductos circulares pero no en conductos ovals, siempre un área de las paredes no recibe la acción de la instrumentación. En cuanto a la área de actuación de los instrumentos, el resultado del presente estudio está de acuerdo con evaluaciones con instrumentación rotatoria realizadas anteriormente(19, 20,21). Paqué et al.(22) relató haber observado una mayor remoción de dentina por el sistema Endo-Eze cuando fue comparado a los sistemas rotatorios.

Uno de los grandes problemas de la instrumentación rotatoria reside en el acto de que sin dominio de la técnica es muy fácil que el instrumento se fracture en el interior del conducto radicular en especial los instrumentos Profile que tienen ángulo de corte neutro lo que permite poseer una gran capacidad de corte debido a esta característica en el ángulo de corte del instrumento es común que el mismo al ajustar en las paredes del conducto sufra una fractura por torsión una vez que el torque utilizado para que estos instrumentos roten en el conducto es mayor que 6 NXmm.

Una de las maneras que se busca para evitar esta fractura es la utilización de estos instrumentos de níquel-titanio concebidos para girar, con una cinemática oscilatoria. Una vez que estos instrumentos solamente oscilan en el conducto, el riesgo de una fractura por torsión disminuye drásticamente. Por el hecho de que estos instrumentos poseen ángulo de corte neutro, posibilita que la oscilación recíproca sea efectiva. Esto se confirmó con el grupo III, donde los instrumentos Profile utilizados en cinemática de oscilación recíproca permitieron un desgaste efectivo, pero es importante resaltar que este es el primer trabajo de la literatura que investiga este tipo de cinemática para un instrumento de níquel-titanio, así no hay literatura pertinente que nos permita hacer alguna comparación.

Cuando unimos instrumentación oscilatoria con limas de acero inoxidable e instrumentación rotatoria con limas de níquel-titanio estamos subjetivamente hibridizando las técnicas de instrumentación lo que creemos sea una manera de optimizar la preparación de los conductos, o sea con la utilización a priori del sistema Endo-Eze con sus tres limas bastante delgadas y de manera oscilatoria, actuamos en áreas inaccesibles para los instrumentos rotatorios, promoviendo una limpieza efectiva por ende un desgaste poco efectivo. Además estamos creando un camino y un ensanchamiento parcial que va a permitir que el instrumento rotatorio actúe en las paredes de manera menos estresante por ende ensanchando el conducto de manera bastante efectiva y disminuyendo el riesgo de fractura. El grupo IV confirma estas constataciones teóricas y nos permite concluir a partir de todas estas constataciones que la técnica híbrida de instrumentación de conductos es una técnica segura en la preparación biomecánica de los conductos radiculares.

### Conclusión

Al análisis óptico fotográfico podemos concluir que es evidente la actuación de la técnica rotatoria ya que la marca que deja al interior del conducto es circular, esto dio un aumento del área no uniforme. La remoción de dentina hecha por el sistema oscilatorio y por los sistemas rotatorio y oscilatorio asociadas pareció más regular. A pesar de esto, no se puede observar diferencia estadística entre las técnicas.

### Referencias

1. Briseño BM, Sonnabend E. The influence of different root canal instruments on root canal preparation: an in vitro study. *Int. Endod. J.* (1991); 24: 15-23.
2. Al-Omari MAO, Dummer PMH, Newcombe RG, Doller R. Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 1. *Int. Endod. J.* (1992); 21: 57-66.
3. Schäfer E, Tepel J, Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2. Instrumentation of curved canals. *J. Endod.* (1995); 21: 493-7.
4. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J. Endod.* (1975); 1: 255-62.
5. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on the root canals of human molars. *J. Endod.* (1977); 3: 114-8.
6. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J. Am. Dent. Assoc.* (1980); 101: 792-4.
7. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J. Endod.* (1988); 14: 346-57.
8. Camps JJ, Pertot WJ. Machining efficiency of nickel-titanium K-type files in linear motion. *Int. Endod. J.* (1995); 28: 279-84.
9. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation.

- J. Endod. (1987);13:243-5.
10. Portenier I, Lutz F, Barbakow F. Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *Int. Endod. J.* (1998);31:103-11.
  11. Hulsmann M, Gambal A, Bahr R. An improved technique for the evaluation of root canal preparation. *J. Endod.* (1999);25:599-602.
  12. Deplazes 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);27:196-202
  13. Gonzalez-Rodriguez MP, Ferrer-Luque CM. A comparison of Profile, Hero 642, and K3 instrumentation systems in teeth using digital imaging analysis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* (2004);97:112-5.
  14. Rodig T, Hulsmann M, Muhge M, Schafers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int. Endod. J.*( 2002);35:919-28.
  15. Wu MK, Roris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* (2000);89:739-43.
  16. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int. Endod. J.* (2001);34:137-41.
  17. Camargo JMP. Estudio comparativo do preparo do canal radicular de dentes artificiais utilizando diferentes técnicas automatizadas de instrumentação [Tese]; Araraquara: Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, 2004.
  18. Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J. Endod.* (2002);28:365-6.
  19. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int. Endod. J.* (2001);34:221-30.
  20. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int. Endod. J.* (2003);36:86-92.
  21. Hubscher W, Barbakow F, Peters OA. Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography. *Int. Endod. J.* (2003);36:740-7.
  22. Paqué F, Musch U, Hülsmann, M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int. Endod. J.* (2005);38:8-16.