

**Artigo Original de Pesquisa**  
**Original Research Article**

# **Análise *ex vivo* do desvio apical em canais radiculares curvos por meio de tomografia computadorizada cone *beam* 3D**

## **Ex vivo analysis of apical deviation in curved root canals through cone beam computed tomography 3D**

Antônio Miranda da CRUZ FILHO\*  
Charles Stefani Moreira de ALENCAR\*\*  
Jacy Ribeiro CARVALHO JÚNIOR\*\*\*  
Álvaro Henrique BORGES\*\*\*\*  
Flares BARATTO FILHO\*\*\*\*\*

**Endereço para correspondência:**  
**Address for correspondence:**

Antônio Miranda da Cruz Filho  
Praça Pompílio Conceição, casa 10 – res. Vila Aliança – Jardim Botânico  
CEP 14021-594 – Ribeirão Preto – São Paulo  
E-mail: cruz@forp.usp.br

\* Professor do departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP (SP). Doutor em Endodontia.

\*\* Mestrando do curso de Pós-graduação em Endodontia da Unaerp.

\*\*\* Professor Titular da Universidade Católica de Brasília (DF). Doutor em Endodontia.

\*\*\*\* Professor da Universidade de Cuiabá (MT). Doutor em Endodontia.

\*\*\*\*\* Professor coordenador dos cursos de Pós-graduação da Universidade Positivo, Curitiba (PR). Doutor em Endodontia.

**Recebido em 14/6/09. Aceito em 21/7/09.**  
**Received on June 14, 2009. Accepted on July 21, 2009.**

**Palavras-chave:**

Endodontia; canal  
radicular; tomografia  
computadorizada  
volumétrica.

### **Resumo**

**Introdução e objetivo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar *ex vivo* o desvio apical em canais radiculares curvos por meio de tomografia computadorizada i-CAT cone *beam* 3D. **Material e métodos:** Foram utilizadas 40 raízes mesiovestibulares de molares superiores humanos com curvatura entre 20° e 40°, distribuídas aleatoriamente em quatro grupos, de acordo com a técnica de preparo biomecânico: manual, rotatória contínua, rotatória oscilatória e rotatória contínua associada à oscilatória. Para comparação do desvio apical, realizou-se exame tomográfico antes e após o preparo biomecânico dos quatro primeiros

milímetros aquém do forame apical, totalizando, portanto, quatro cortes por raiz de forma perpendicular (corte axial) e interpolação (cortes de 1 em 1 mm aquém do ápice). As imagens iniciais foram armazenadas no disco rígido (HD) de um computador para posterior comparação com as imagens pós-instrumentação. O preparo biomecânico para todas as raízes foi efetuado por um único operador, e a cada troca de instrumento irrigou-se o canal radicular com 3 mL de solução de hipoclorito de sódio 1%. Por intermédio do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis comparou-se o desvio apical entre as técnicas preconizadas ( $\alpha = 0,05$ ). **Resultados:** O teste complementar de Dunn ( $p < 0,001$ ) evidenciou maior grau de desvio para a técnica manual ( $0,62 \pm 0,018$ ), quando comparada às demais. Estatisticamente, as técnicas rotatória contínua ( $0,0975 \pm 0,005$ ), rotatória oscilatória ( $0,165 \pm 0,017$ ) e a associação ( $0,137 \pm 0,023$ ) foram semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). **Conclusão:** Nenhuma das técnicas conseguiu evitar o desvio apical durante o preparo biomecânico.

#### **Keywords:**

Endodontics; root canal; cone beam computed tomography.

#### **Abstract**

**Introduction and objective:** The purpose of this study was to perform an *ex vivo* analysis of apical deviation in curved root canals through i-CAT cone beam computed tomography 3D. **Material and methods:** Forty mesiovestibular roots of human maxillary molars with curvature ranging between 20 to 40 degrees were selected and randomly divided into four groups, according to manual, rotary, oscillatory and rotary associated with oscillatory instrumentation techniques. Tomography was performed before and after instrumentation technique of the first 4 mm from the apical foramen in order to compare the apical deviation, which resulted in four perpendicular (axial) and interpolation (1 to 1 mm from the top) sections per root. Initial images were stored on a computer hard disc (HD) to later comparison with post-instrumentation images. Instrumentation technique was performed by a single operator for all roots, and canals were irrigated with 3 mL of 1% sodium hypochlorite between every instrument change. Non-parametric Kruskal-Wallis statistical test was used to compare apical deviation between the recommended techniques ( $\alpha = 0.05$ ). **Results:** Additional Dunn test ( $p < 0.001$ ) showed greater deviation degree for manual technique ( $0.62 \pm 0.018$ ) in comparison to the others. Rotary ( $0.0975 \pm 0.005$ ), oscillatory ( $0.165 \pm 0.017$ ) and rotary associated with oscillatory ( $0.137 \pm 0.023$ ) instrumentation techniques were statistically similar to each other ( $p > 0.05$ ). **Conclusion:** None of the techniques was able to avoid the apical deviation during instrumentation technique.

#### **Introdução**

O desvio apical é uma iatrogenia de comum ocorrência em canais radiculares com curvatura acentuada, em virtude principalmente da complexidade anatômica da raiz, da flexibilidade do instrumento e do emprego de técnicas de instrumentação inadequadas [17, 29]. Esse tipo de acidente dificulta a limpeza apropriada do canal radicular, deixando áreas sem atuação dos instrumentos e favorecendo

a presença de remanescentes de tecido necrosado ou em decomposição, enquanto outras áreas são excessivamente desgastadas, removendo-se dentina desnecessariamente, o que fragiliza a raiz [21].

Visando suprir a falta de flexibilidade dos instrumentos de aço inoxidável, os instrumentos de níquel-titânio (Ni-Ti) foram incorporados à Endodontia, a fim de diminuir ou evitar o desvio do canal radicular durante o preparo biomecânico [11]. Os instrumentos de Ni-Ti podem ser acionados

por motores elétricos ou pneumáticos com rotação reduzida e contínua, por causa das características inerentes à liga e ao *design*. O avanço tecnológico na área dos instrumentos rotatórios reintroduziu no mercado o sistema rotatório oscilatório acionado por motores elétricos ou pneumáticos, com a vantagem de ser usado com instrumentos manuais de aço inoxidável ou de Ni-Ti [9].

O desvio apical pode ser avaliado por meio de sobreposição de radiografias [7, 12, 30], pelo sistema de muflas [2, 8, 21] e pela tomografia computadorizada [9, 20, 29, 31], tanto em canais simulados em blocos de resina como em dentes naturais. O método radiográfico, apesar da vantagem de não ser necessário seccionar o elemento avaliado, não permite a avaliação tridimensional do canal radicular [29]. O sistema de muflas, por sua vez, apresenta muitas desvantagens, pois produz alterações irreversíveis na amostra [29], cria dificuldades para a verificação do relacionamento entre a macromorfologia interna e externa [1], permite avaliação em apenas duas dimensões [3], consome muito tempo no preparo e é impreciso quanto ao ângulo de secção do espécime em relação ao longo eixo da raiz [20]. A tomografia computadorizada possibilita a análise do desvio apical em 3D, sem destruição do espécime, com metodologia quantificável e reproduzível que oferece imagens detalhadas do canal radicular em diferentes planos sem perda de dados [4, 5, 19, 23, 26, 29, 31].

Dessa forma, a presente pesquisa comparou o desvio apical de canais radiculares por intermédio de tomografia computadorizada i-CAT cone *beam* 3D, em raízes com curvatura acentuada após o preparo biomecânico com movimentos rotatórios, oscilatórios, empregados isoladamente e/ou associados entre si, em comparação com a instrumentação manual.

## Material e métodos

Este estudo foi realizado após aprovação do respectivo projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Ribeirão Preto, com número de protocolo 006/2007. Os dentes selecionados permaneceram armazenados em solução aquosa de timol 0,1% até o momento de seu uso, quando foram lavados abundantemente em água corrente. Foram utilizadas 40 raízes mesiovestibulares de molares superiores humanos, as quais apresentavam formação completa da raiz, canal único, ápice fechado e curvatura entre 20° e 40°, classificada por Schneider (1971) [27] como severa.

Distribuíram-se as raízes aleatoriamente em quatro grupos (n = 10), sendo os terços apical e

médio incluídos em base de silicone de condensação (Optosil Xantopren, Heraeus Kulzer, Alemanha), de forma que as raízes ficassem igualmente distribuídas em duas fileiras, de cinco raízes cada.

Para comparação do desvio apical, realizou-se exame tomográfico antes e após o preparo biomecânico dos quatro primeiros milímetros aquém do forame apical, totalizando, portanto, quatro cortes por raiz de modo perpendicular (corte axial) e interpolação (cortes de 1 em 1 mm aquém do ápice).

Para isso, adaptou-se o conjunto base de silicone/raízes à mesa do tomógrafo computadorizado i-CAT cone *beam* 3D (Dental Imaging System, Salt Lake City, EUA), com as seguintes especificações: fonte do raio X em alta frequência, potencial constante, kVp fixo do ânodo 120, 3-8 miliampere (modalidade do pulso), feixe de raios X (cone ponto focal de 0,5 mm), detector da imagem (painel liso do silicone amorfo 20 cm x 25 cm), escala cinzenta (14 bit), tamanho de voxel (0,4 mm – típico; 0,2 mm – mínimo), aquisição da imagem (360° de rotação), tempo de varredura (20 s), dimensões da varredura (17 cm de diâmetro x 13 cm de altura), campo de vista prolongado opcional (16 cm de diâmetro x 22 cm de altura), reconstrução preliminar (1,5 min para varredura do padrão a 20 s) e reconstrução secundária (tempo real). As imagens iniciais foram armazenadas no disco rígido (HD) de um computador para posterior comparação com as imagens pós-instrumentação.

Na sequência, procedeu-se a exploração em toda a extensão do canal radicular com instrumento pré-curvado tipo K #10 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça), até que este fosse visualizado no forame apical. A partir dessa medida, recuou-se 1 mm, estabelecendo assim o comprimento de trabalho. O terço cervical das raízes foi preparado com brocas Gates-Glidden 2 e 3 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça), acopladas a um micromotor (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil). *Stoppers* de silicone (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) foram utilizados para controlar a profundidade das brocas, baseada no comprimento de trabalho preestabelecido.

Durante a manipulação dos espécimes, as raízes eram removidas da base de silicone e, após o preparo, reinseridas na posição original. Para facilitar o processo, a face mesial das raízes foi pintada com esmalte de unha de coloração vermelha, a fim de servir como referência para a reinserção das raízes na base após o preparo biomecânico.

Para cada conjunto base de silicone/raízes empregou-se uma técnica de preparo biomecânico:

- Instrumentação manual (GI) – as raízes foram preparadas pela técnica *crown-down* com

limas Flexofile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça). Inicialmente as limas foram pré-curvadas manualmente, adequando-as à curvatura do canal. Um instrumento #40 foi colocado no interior do canal radicular com cinemática de imagem, diminuindo sucessivamente o diâmetro dos instrumentos até atingir o comprimento de trabalho com o diâmetro #15. A cada troca de instrumento, uma lima #10 percorria todo o comprimento de trabalho. Durante a biomecânica, irrigou-se constantemente o canal radicular com hipoclorito de sódio 1% (Biodinâmica Quím. e Farm., Paraná, Brasil). A partir do instrumento #15 no comprimento de trabalho, dilatou-se o ápice até o diâmetro #35;

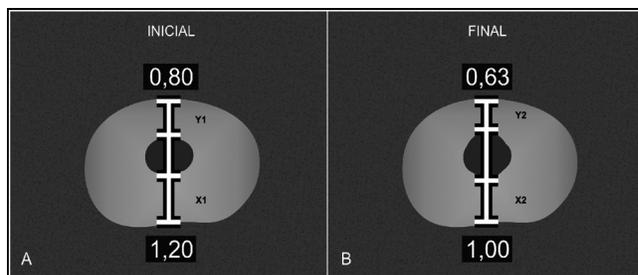
- Técnica rotatória contínua (GII) – a técnica de instrumentação eleita para esse grupo foi a *free tip preparation* [22]. Foram utilizados instrumentos do sistema ProFile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça), acionados por meio de contra-ângulo (Injecta Prod. Odontológicos, São Paulo, Brasil) com torque de 5 N.cm. Inicialmente preparou-se a porção reta do canal com instrumentos Ni-Ti 25.06 e 25.10. Com um instrumento Flexofile #15 (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) chegou-se até o comprimento de trabalho, no qual se preparou o batente apical até o instrumento 35.02. A cada troca de lima, o instrumento 25.06 era introduzido no canal radicular até oferecer resistência e acionado;
- Técnica rotatória oscilatória (GIII) – as raízes foram preparadas empregando-se limas de aço Flexofile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) acopladas ao contra-ângulo Endo-Gripper (Moyco-Union Broach). A redução de velocidade usada pelo sistema foi de 10:1, acionado por meio de motor pneumático (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil). O instrumento final do preparo químico-mecânico foi referente ao diâmetro #35;
- Técnica rotatória contínua associada à oscilatória (GIV) – a porção reta do canal radicular foi preparada com instrumentos de Ni-Ti 25.06 e 25.10. Após chegar com o instrumento Profile 20.02 ao comprimento de trabalho, empregou-se a lima Flexofile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Suíça) acoplada ao contra-ângulo Endo-Gripper (Moyco-Union Broach), com o mesmo diâmetro e comprimento do instrumento anterior, executando-se movimentos oscilatórios. Seguiu-se esse protocolo até o instrumento final #35.

O preparo biomecânico para todas as raízes foi realizado por um único operador, e a cada troca de

instrumento o canal radicular foi irrigado com 3 mL de solução de hipoclorito de sódio 1% (Biodinâmica Quím. e Farm., Paraná, Brasil).

Após a conclusão do preparo biomecânico, os corpos-de-prova foram submetidos a novo exame tomográfico, seguindo o mesmo protocolo descrito no exame tomográfico inicial.

Para a avaliação do desvio apical lateral, recorreu-se aos topogramas resultantes do exame tomográfico inicial e final obtidos em cada um dos 4 mm apicais. Um único examinador mensurou a extensão do diâmetro anatômico e do cirúrgico, em que X1 foi a medida da parede externa mesial da raiz à porção mesial da luz do canal não instrumentado; X2, a medida da parede externa mesial da raiz à porção mesial da luz do canal instrumentado; Y1, a medida da parede externa distal da raiz à porção distal da luz do canal não instrumentado; e Y2, a medida da parede externa distal da raiz à porção distal da luz do canal instrumentado (figura 1).



**Figura 1** - A) Esquema da imagem tomográfica inicial de um dos espécimes com as medidas realizadas; B) Esquema da imagem tomográfica final do mesmo espécime, também com as medidas efetuadas

Pela fórmula  $D = (X1 - X2) - (Y1 - Y2)$  calculou-se o desvio apical (D). Se D for igual a zero, há ausência de desvio; se tiver valor negativo, representa desvio no sentido distal; e, caso contrário, se D apresentar valor positivo, há desvio no sentido mesial.

## Resultados

Por meio do teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis comparou-se o desvio apical entre as técnicas preconizadas. O resultado mostrou haver diferença estatística significativa entre as amostras ( $p < 0,0001$ ). Apesar de nenhuma técnica de instrumentação estudada impedir o desvio apical, o teste complementar de Dunn evidenciou maior grau de desvio para a técnica manual ( $p < 0,001$ ), quando comparada às demais (tabela I).

Estatisticamente, as técnicas rotatória contínua, rotatória oscilatória e a associação entre ambas foram semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ).

**Tabela I** - Comparação entre as técnicas de instrumentação

Comparação entre as amostras	Diferença entre médias	Valor de p
Rotatória x Associação	-8,725	p > 0,05
Rotatória x Oscilatória	-20,900	p > 0,05
Rotatória x Manual	-88,425	p < 0,001
Associação x Oscilatória	-12,175	p > 0,05
Associação x Manual	-79,700	p < 0,001
Oscilatória x Manual	-67,525	p < 0,001

## Discussão

O desvio do trajeto original do canal radicular durante o preparo biomecânico pode ser identificado por formação de degraus, *zip* ou ombro, perfuração lateral e apical [21, 25] e ampliação da porção externa à curvatura, sem alteração da posição original do forame apical [6].

Entre os fatores que contribuem para a ocorrência do desvio apical, podem-se citar anatomia endodôntica, tipo de instrumento, técnica de preparo e experiência do operador [24]; a complexidade da anatomia interna é um dos mais expressivos [25].

Foram empregadas neste experimento raízes mesiovestibulares de molares superiores em função da dificuldade que elas apresentam durante o preparo biomecânico. Isso ocorre por causa do estreitamento anatômico do canal radicular, do grau de curvatura acentuado e da incidência de iatrogenia [9, 18].

Os resultados (tabela I) do estudo mostraram que a técnica de instrumentação manual apresentou diferença estatisticamente significativa (p < 0,001) em relação à técnica rotatória e à associação entre rotatória e oscilatória. De acordo com a literatura, os instrumentos de aço inoxidável usados na técnica manual são menos flexíveis que os de Ni-Ti [10, 14, 17, 28, 29], o que explica o maior índice de desvio apical. Os instrumentos de Ni-Ti possuem um limite elástico duas a três vezes maior que o do aço inoxidável, quando submetidos a flexão e torção. Além disso, por terem menor módulo de elasticidade, proporcionam menos pressão às paredes dentinárias durante a biomecânica, diminuindo a tendência de retificação do canal radicular [11].

No entanto observou-se também diferença expressiva (p < 0,001) entre as técnicas manual e oscilatória, nas quais foi utilizado o mesmo tipo de instrumento, ou seja, lima Flexofile. A explicação para tal resultado pode estar associada, provavelmente, à introdução da lima durante a troca de instrumentos na fase da biomecânica. Leonardo (2008) [16] preconizou que, no alargamento e na limpeza manual de canais radiculares atrésicos

e/ou curvos, se deve inicialmente “abrir espaço” no canal radicular com limas tipo K, empregando-se movimentos oscilatórios e pressão em direção ao ápice. Posteriormente, realiza-se alargamento ou ampliação com limas Flexofile com movimentos oscilatórios e pressão em direção ao ápice. Assim, sugere-se que a própria cinemática do contra-ângulo utilizado na técnica de instrumentação oscilatória favoreceu a penetração do instrumento e o alargamento do canal radicular, evitando pressão exagerada na lima e diminuindo o desvio apical.

Os achados de Hartmann *et al.* (2007) [9] contradizem os do presente estudo, uma vez que os autores notaram menor desvio apical para a técnica de instrumentação manual quando comparada às técnicas rotatória e oscilatória. Kosa *et al.* (1999) [15], por sua vez, verificaram menor desvio apical com a técnica oscilatória utilizada com instrumentos manuais em comparação à técnica rotatória.

A divergência de resultados encontrados na literatura pode ser explicada pela diferença na metodologia, tipo de dente, instrumentos e técnicas empregados, como salientado por Peters (2004) [24] e Hartmann *et al.* (2007) [9].

López *et al.* (2008) [18] relataram que o desvio apical do canal radicular se inicia principalmente a partir do instrumento #35. Raízes mesiovestibulares de molares superiores preparadas até o instrumento #30 apresentaram pequeno desvio quando instrumentadas pela técnica oscilatória e nenhum desvio pelas técnicas manual e rotatória. Todavia, após o uso dos instrumentos #35 e #40, observou-se desvio apical em todas as técnicas estudadas. Javaheri e Javaheri (2007) [13] constataram que em raízes mesiovestibulares de molares superiores instrumentadas até a lima #30 não houve desvio apical quando preparadas com os sistemas Hero ou Race. Leonardo (2008) [16] recomendou que a instrumentação manual de um canal radicular curvo não deve ultrapassar o diâmetro 25/30, havendo o risco de desvio do trajeto original, formação de degrau, *zip* e outros tipos de acidentes.

Na presente pesquisa o instrumento final adotado foi o de diâmetro #35, conforme o método geralmente usado para desinfecção de canais radiculares infectados [9]. Assim, justifica-se o desvio apical observado em todas as técnicas de instrumentação aqui avaliadas, independentemente de serem preconizadas com instrumentos de aço inoxidável, de Ni-Ti ou associação de ambos, como ocorreu na técnica oscilatória associada à rotatória.

## Conclusão

Apesar da versatilidade dos sistemas de instrumentação e dos diferentes tipos de instrumentos disponíveis, evitar o desvio apical durante a biomecânica do canal radicular curvo continua sendo um desafio para o cirurgião-dentista.

## Referências

1. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J.* 1999 Jan;32(1):3-9.
2. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987 Aug;13(5):243-5.
3. Dowker SEP, Davis GR, Elliot JC. X-ray microtomography: non-destructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997 Apr;83(4):510-6.
4. Garip Y, Gunday M. The use of computed tomography when comparing nickel-titanium and stainless steel files during preparation of simulated curved canals. *Int Endod J.* 2001 Sep;4(6):452-7.
5. Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS. A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT file versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. *Int Endod J.* 2001 Sep;34(6):476-84.
6. Griffiths IT, Chassot AL, Nascimento MF, Bryant ST, Dummer PM. Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *Int Endod J.* 2001 Mar;34(2):107-12.
7. Gu YX, Zhu YQ, Du R. A comparative study of three different rotary nickel-titanium systems in the preparation of curved molar canals. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2009 Apr;18(2):147-51.
8. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* 2005 Oct;38(10):743-52.
9. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007 Aug;33(8):962-5.
10. Hata G, Uemura M, Kato AS, Imura N, Novo NF, Toda T. A comparison of shaping ability using ProFile, GT file and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *J Endod.* 2002 Apr;28(4):316-21.
11. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *E Topics.* 2005 Aug;10(1):30-76.
12. Iqbal MK, Firic S, Tulcan J, Karabucak B, Kim S. Comparison of apical transportation between Profile and ProTaper Ni-Ti rotary instruments. *Int Endod J.* 2004 Jun;37(6):359-64.
13. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 2007 Mar;33(3):284-6.
14. Kfir A, Rosenberg E, Zuckerman O, Tamse A, Fuss Z. Comparison of procedural errors resulting during root canal preparations completed by senior dental students in patients using an 8-step method versus serial step-back technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004 Jun;97(6):745-8.
15. Kosa DA, Marshall G, Baumgartner JC. An analysis of canal centering using mechanical instrumentation techniques. *J Endod.* 1999 Jun;25(6):441-5.
16. Leonardo MR. Endodontia – tratamento de canais radiculares. Princípios técnicos e biológicos. 2. ed. São Paulo: Artes Médicas; 2008.
17. Loizides A, Eliopoulos D, Kontakiotis E. Root canal transportation with a Ni-Ti rotary file system and stainless steel hand files in simulated root canals. *Quintessence Int.* 2006 May;5(37):369-74.
18. López FU, Fachin EV, Camargo Fontanella VR, Barletta FB, Só MV, Grecca FS. Apical transportation: a comparative evaluation of three root canal instrumentation techniques with three different apical diameters. *J Endod.* 2008 Dec;34(12):1545-8.

19. Ozgur UM, Cehreli ZC, Ozgen MB, Tasman DF. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *J Endod.* 2006 Jul;7(32):668-71.
20. Paqué F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2005a Jul;38(7):456-64.
21. Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2005b Jan;38(1):8-16.
22. Pécora JD, Capelli A, Seixas FH, Marchesan MA, Guerisoli DMZ. Biomecânica rotatória: realidade ou futuro. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 2002;56:4-6.
23. Peltonen LI, Aarnisalo AA, Käser Y, Kortensniemi MK, Robinson S, Suomalainen A et al. Cone-beam computed tomography: a new method for imaging of the temporal bone. *Acta Radiol.* 2009 Jun;50(5):543-8.
24. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004 Aug;30(8):559-67.
25. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod.* 2001 Jan;27(1):1-6.
26. Rhodes JS, Pitt Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two Ni-Ti instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2000 May;33(3):279-85.
27. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1971 Aug;32(2):271-5.
28. Steffen H, Löw A, Rosin M, Welk A. Comparison of K hand files and ProFiles 0.06/0.04 in simulated curved root canals prepared by students. *Quintessence Int.* 2006 Nov-Dec;10(37):811-7.
29. Taşdemir T, Aydemir H, Inan U, Unal O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand k-file assessed using computed tomography. *Int Endod J.* 2005 Jun;38(6):402-8.
30. Veltri M, Mollo A, Mantovani L, Pini P, Balleri P, Grandini S. A comparative study of Endoflare Hero Shaper and Mtwo Ni-Ti instruments in the preparation of curved canals. *Int Endod J.* 2005 Sep;38(9):610-6.
31. Versiani MA, Pascon EA, Sousa CJ, Borges MA, Sousa-Neto MD. Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jun;105(6):807-13.

---

**Como citar este artigo:**

Cruz Filho AM, Alencar CSM, Carvalho Júnior JR, Borges AH, Baratto Filho F. Análise ex vivo do desvio apical em canais radiculares curvos por meio de tomografia computadorizada cone beam 3D. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2009 Dec;6(4):353-9.

---