

# Benefícios de Exames Tomográficos na Endodontia: Revisão de Literatura

LIMA, Stella Maris de Freitas; REZENDE, Taia Maria Berto. **Benefícios de Exames Tomográficos na Endodontia: Revisão de Literatura**. Oral Sci., Jan/Dez. 2011, vol. 3, nº 1, p. 26-31.

**RESUMO:** Na endodontia, recursos radiográficos são essenciais em diversas etapas do tratamento, demonstrando a integridade das estruturas circundantes e internas do elemento dentário, altamente relevantes durante a intervenção. Esta revisão de literatura reforça os conceitos básicos da tomografia computadorizada e os benefícios do seu uso por meio da seleção de 17 artigos publicados nos últimos 5 anos a partir da base de dados do PubMed com os termos “computed tomography” e “endodontics”. A tomografia computadorizada surge como uma tecnologia que fornece profundidade em terceira dimensão a partir do tomógrafo *cone beam*, superando as limitações de exames radiográficos convencionais (captação de lesões envolvendo osso esponjoso e sobreposição de imagens, por exemplo) e elevando a terapêutica endodôntica a um patamar mais próximo da exatidão de diagnóstico e consequentemente, do sucesso. A captura de imagens via tomografia computadorizada *cone beam* (TCCB) proporciona menor nível de exposição de radiação, comparado à tomografia convencional, além de melhor qualidade de imagem em relação à radiografias periapicais, distinguindo estruturas dentárias e periféricas. Desta forma, a TCCB é capaz de auxiliar no diagnóstico e determinação, com maior exatidão, do plano de tratamento a ser realizado, além de auxiliar nas etapas transoperatória e de acompanhamento de casos na endodontia.

**PALAVRAS-CHAVE** – tomografia, endodontia, *cone beam*.

Stella Maris de Freitas LIMA<sup>1</sup>  
Taia Maria Berto REZENDE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso de Odontologia e Pós-graduação em Ciências Genômicas e Biotecnologia da Universidade Católica de Brasília., Distrito Federal-DF, Brasil.

<sup>2</sup> Doutora, Curso de Odontologia e Pós-graduação em Ciências Genômicas e Biotecnologia da Universidade Católica de Brasília, Distrito Federal-DF, Brasil.

Recebido. Fevereiro 07, 2013  
Aceito. Junho 12, 2013

## Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico é fundamentado, primordialmente, por um correto diagnóstico (1-3). Esta primeira etapa certifica a necessidade do procedimento e se baseia, além da habilidade e conhecimento do profissional, em técnicas, produtos e tecnologias que surgem na intenção de suprir necessidades ainda não alcançadas, corrigir erros, elucidar hipóteses, buscando otimizar o atendimento odontológico para acessar boas condições de saúde bucal para a população (4).

Na endodontia, recursos radiográficos são essenciais nos processos de diagnóstico, planejamento e tratamento, demonstrando a integridade das estruturas circundantes e internas do elemento dentário, altamente relevantes durante o procedimento (2, 3). O exame radiográfico permite a visualização da presença de lesão periapical, fratura radicular e reabsorção óssea, por exemplo. No entanto, esse recurso possui limitações como pouca captação de lesões

envolvendo osso esponjoso devido diferença de densidade óssea (5, 6), além da sobreposição de imagens. A sobreposição de imagens pode impedir a visualização de canais acessórios, lesões e variações anatômicas relevantes e interferir na longevidade e sucesso do tratamento (7-9).

Dessa forma, a tomografia computadorizada surge como uma tecnologia que vem se aproximando do cirurgião-dentista, objetivando suprir as limitações radiográficas durante os passos operatórios de diagnóstico e planejamento (2). Essa tecnologia fornece profundidade em terceira dimensão e sua principal ferramenta para visualização das estruturas é o tomógrafo (*cone beam*), que promove o seccionamento da imagem 3D. A aplicação do exame tomográfico permite desvendar toda a composição do elemento dentário, necessário para o planejamento do tratamento endodôntico (10-12).

## Objetivo

Esta revisão de literatura reforça os conceitos básicos da tomografia computadorizada e os benefícios do seu uso, elevando a terapêutica endodôntica a um patamar mais próximo da exatidão de diagnóstico e, conseqüentemente, do sucesso.

## Material e Método

Foram selecionados artigos mediante busca avançada no site da *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), dentro da base de dados do PubMed. Os termos utilizados na busca avançada foram “computed tomography” e “endodontics”, ambos devendo ser encontrados no título ou no resumo dos artigos. A busca foi filtrada com publicações dos últimos 5 anos (2008-2013). Foram localizados 22 artigos com os requisitos pré-determinados, dos quais 5 artigos abordavam assuntos não pertinentes ao foco do trabalho e foram excluídos. Dessa forma, os 17 artigos selecionados se dividiam entre as categorias: revisão de literatura (14), incluindo carta ao editor, declarações e normativos; relato de caso (1) e pesquisa científica (2). Além dos artigos selecionados, outros artigos tradicionais foram incluídos para complementar o objetivo do trabalho.

## Revisão de Literatura

### Raio X e Endodontia

No ano de 1865, o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) despertou interesse em raios catódicos e deu continuidade à pesquisa de Philipp Lenard (1862-1947), que desenvolveu estudos com estes fora de um recito de vidro, direcionando os raios através de alumínio e demonstrando a substância fluorescente (keton) causada pelos raios no alumínio. Roentgen analisou a capacidade dos raios fora do tubo de vidro com um tubo de vácuo recoberto com material a prova de luz juntamente com bário platinocianeto (substância fluorescente) próximo ao tubo. Dessa forma, Roentgen descobriu uma nova forma

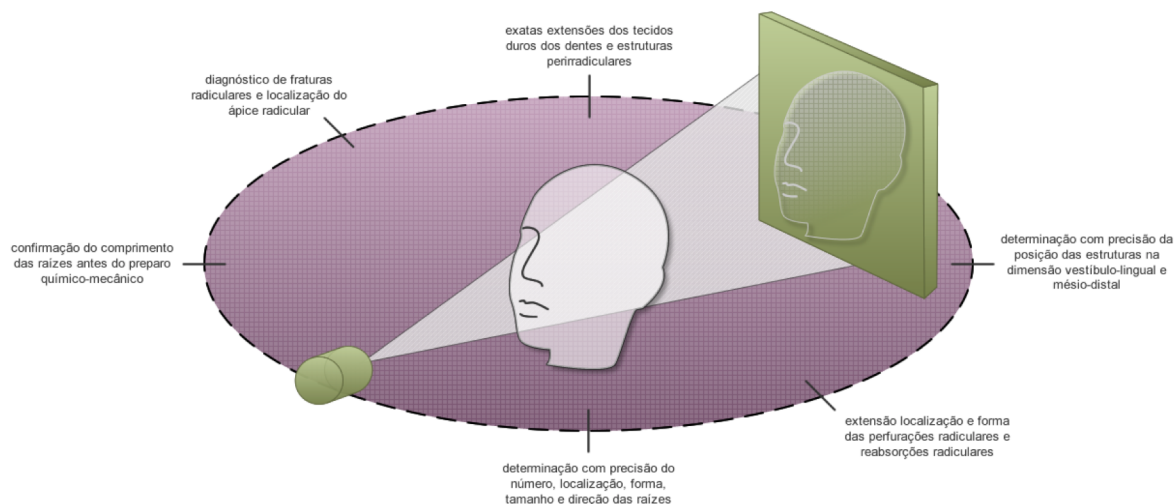
de energia radiante e nomeou estes como raios X (13). Em 1896, Otto Walkhoff (1860-1934) adquiriu a primeira radiografia dental (14).

Tal descoberta possibilitou o surgimento de exames radiográficos convencionais (radiografias intraoral e panorâmica), exames de grande importância dentro das diversas especialidades odontológicas (2, 15-17). Na endodontia, o exame radiográfico pode ser decisivo para o sucesso do tratamento (4), desde seu diagnóstico (8), fase de tratamento e preservação (18, 19). Este exame constitui um grande auxiliar nos tratamentos endodônticos, evidenciando, por exemplo, a regressão de lesões periapicais, o completo preenchimento de canais e os possíveis erros cometidos (7, 16, 18, 20, 21).

O advento do raio x permitiu, para áreas da saúde, a expansão do conhecimento sobre diversas estruturas do corpo humano (8). No entanto, as radiografias não contemplam em sua película todas as estruturas desejadas para uma análise completa da área a ser submetida a tratamento (16). Em adição, por fornecer uma imagem bidimensional de estrutura tridimensional (1, 7, 16), a sobreposição de imagens, como fraturas, a presença de segundo canal ou uma patologia oculta por uma estrutura sadia podem favorecer diagnósticos equivocados (1, 9). Outro fator limitante é inerente à avaliação de regressão de lesão periapical, uma vez que nem sempre a diferença de densidade óssea é bem captada nas radiografias (22-24).

A ocorrência de sobreposição em imagens radiográficas de raízes e canais radiculares é de grande relevância durante a terapia endodôntica. Dessa forma, com o objetivo de auxiliar na interpretação da imagem radiográfica, variações de técnicas radiográficas podem favorecer a obtenção de imagens com ausência de estruturas sobrepostas. Uma alternativa para promover a dissociação de imagens sobrepostas é a variação no ângulo horizontal de incidência dos raios X, denominada de técnica de Clark (25).

Tendo conhecimento das limitações relacionadas à sobreposição em radiografias convencionais na endodontia, recursos alternativos podem ser utilizados como, por exemplo, na fase da odontometria, o estabelecimento de um



**Figura 1.** Aplicabilidade da tomografia computadorizada *cone beam* na endodontia, indicações principais.

comprimento seguro de instrumentação, o comprimento de trabalho de exploração (26), anteriormente ao estabelecimento do comprimento real de trabalho (CRT), obtendo uma margem de segurança ainda que com a magnitude incerta proporcionada pelo exame radiográfico (27). As angulações mesializadas e distalizadas, propostas por Clark, também constituem variações que podem ser adotadas. Ainda assim, deve-se considerar que uma determinada angulação na incidência dos feixes de raios X pode contribuir para a geração de imagens que favoreçam determinado dente para adquirir imagens que determinem o CRT (25, 28).

Em suma, além de alcançar a qualidade desejável das imagens, é função do profissional endodontista, portar vasto conhecimento da morfologia das estruturas anatômicas que o capacitará a modificar técnicas radiográficas para obter imagens acuradas e possibilitará a interpretação correta dos exames (1).

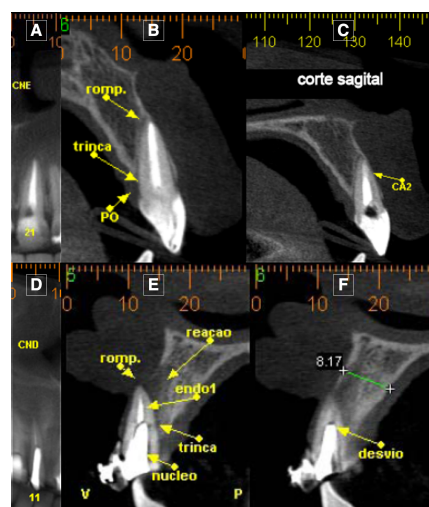
### Tomografia Computadorizada e Endodontia

O desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC) se deu por volta de 1960. Em 1974, Godfrey Hounsfield (1919-2004) patenteou a tecnologia que impactou diretamente em diagnósticos médicos e o fez merecedor do Prêmio Nobel em Medicina no ano de 1979 (1). O mecanismo do equipamento revolucionário foi baseado na transmissão de raios X em múltiplos ângulos. Seus valores de absorção são calculados em computador e dispostos em figuras de cortes do objeto com acurácia 100 vezes mais sensível, comparada à radiografia convencional (29). Outros scanners, em diferentes planos, foram desenvolvidos ao longo dos anos com arranjo linear de detectores múltiplos, otimizando o tempo e diminuindo a quantidade de radiação necessária para a geração de imagens tridimensionais (15, 30, 31).

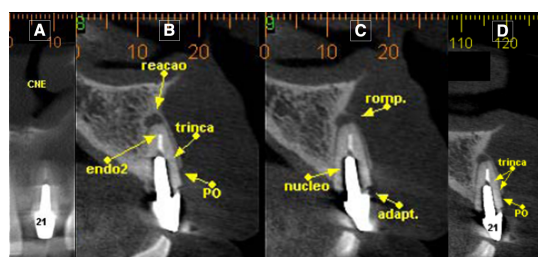
O avanço da tecnologia da tomografia computadorizada gerou, na década de 90, a criação de um novo scanner desenvolvido por grupos de japoneses e italianos. Este scanner de tomografia computadorizada *cone beam* (TCCB) foi desenvolvido para uso dental e maxilofacial e fornece a imagem tridimensional a partir da relação direta entre sensor e fonte (32-34). Dessa forma, a otimização dos exames tomográficos e o desenvolvimento de aparelhos específicos possibilitou o seu uso para fins odontológicos, uma vez que a tomografia convencional não era tão eficiente na odontologia quanto na área médica (1). Com maiores benefícios, o surgimento da tecnologia de TCCB, na última década, apresentou diversas vantagens no âmbito de visualização de pequenas áreas, principalmente. A inserção dessa tecnologia na odontologia promoveu inovações que possibilitaram a obtenção de melhor qualidade de imagens e diminuição de exposição da radiação pelo paciente, qualidades cruciais em determinadas especialidades, em especial para a endodontia (12) (Figura 1).

As propriedades do exame tomográfico incluem o seccionamento de imagem 3D em partes mínimas que possibilitam na endodontia: (A) obtenção de diagnóstico das alterações com exatas extensões dos tecidos duros dos

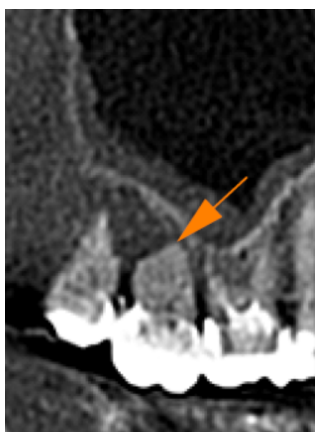
dentes e das estruturas perirradiculares (figura 2); (B) determinação com precisão do número, localização, forma, tamanho e direção das raízes (12); (C) confirmação do comprimento das raízes antes do preparo químico-mecânico; (D) determinação com precisão da posição das estruturas na dimensão vestibulo-lingual e mésio-distal (perfurações radiculares, instrumentos fraturados, obturações retrógradas, reabsorções radiculares, lesões endo-periodontais); (E) diagnóstico de fraturas e trincas radiculares, principalmente as fraturas verticais (Figura 3); (F) localização do ápice radicular, antes da cirurgia perirradicular (Figura 4) e (G) extensão, localização e forma das perfurações radiculares e reabsorções radiculares (14, 34-36).



**Figura 2.** Exames tomográficos evidenciando trinca nos elementos 21 (A, B e C) e 11 (D, E e F) a partir de vista panorâmica (A e D), corte transversal oblíquo (B e E) e sagital (C e F). CNE, cavidade nasal esquerda; CND, cavidade nasal direita; Romp., imagem compatível com rompimento da cortical óssea; trinca, imagem hipodensante compatível com imagem de trinca; PO, perda óssea alveolar; CA2, imagem compatível com canal acessório ou trinca; reação, imagem hipodensa compatível com rompimento; endo1, tratamento endodôntico no nível apical; núcleo, núcleo protético; desvio, imagem compatível com desvio do núcleo metálico com relação ao trajeto do conduto radicular.



**Figura 3.** Exames tomográficos do elemento 21, evidenciando a presença de lesão periapical e trinca. Endo2, imagem compatível com endodontia aquém do limite apical; reação, imagem hipodensa compatível com lesão apical; PO, imagem compatível com perda óssea alveolar; núcleo, núcleo metálico protético; romp., imagem compatível com rompimento da cortical óssea; adapt., avaliação da adaptação marginal da prótese; trinca, imagem sugestiva de trinca.



**Figura 4.** Exame tomográfico do elemento 17, evidenciando a localização do ápice radicular com área hipodensa de aspecto difuso, anteriormente à um procedimento de cirurgia perirradicular.

Os benefícios dessa tecnologia tornaram o exame tomográfico uma das maiores evoluções tecnológicas alcançadas pela radiologia odontológica no último século. A captura de imagens via TCCB proporciona menor nível de exposição de radiação e melhor qualidade de imagem, distinguindo estruturas dentárias e periféricas. Deve-se considerar que, apesar de possuir custo elevado comparado aos demais exames radiográficos, os benefícios são insuperáveis devido a alta resolução das imagens obtidas, evitando um falso diagnóstico que poderia resultar em erro no plano de tratamento (7, 11, 37).

### Microtomografia e Endodontia

Uma extensão dessa tecnologia, o surgimento da microtomografia computadorizada (micro-CT) nas pesquisas odontológicas permitiu a realização de exames rápidos e acurados com alta resolução tridimensional (38). O sistema de raio X microfoco para fluoroscópio e tomografia computadorizada surgiu em 1990 como uma ferramenta de alta amplificação e capacidade de inspeção não destrutiva (39). A micro-CT utiliza de feixe de geometria empilhado que reproduz uma reconstrução tridimensional do objeto com voxels cúbicos e resolução isotrópica (40). Torna-se, portanto, possível a visualização e quantificação da estrutura óssea e trabecular, bem como níveis de reabsorção de até 10  $\mu$ m de resolução (38). As imagens de micro-CT consistem de método rápido e não invasivo com alta resolução comparado à resultados de histologia (40).

Resultados de estudos com aplicação de micro-CT na área de endodontia é demonstrado mediante a avaliação de volumes de lesões periapicais induzidas em camundongos, revelando que tal método é válido para diagnóstico. Esta análise em 3 dimensões resultou em 10 cortes da imagem que permitiu um exame detalhado e acurado da condição estudada (41). A micro-CT no estudo das reabsorções ósseas periapicais também foi aplicada por von Stechow *et*

*al.* (2003) que revelou aumento da destruição óssea associada ao aumento da espessura da lesão. Em adição, foi observado que a variação da espessura de dentes com lesão foi maior, comparado ao controle, indicando a não uniformidade das lesões. Foi demonstrado maiores níveis de reabsorção localizada abaixo do forame apical e no plano sagital mediano, local de saída das bactérias e seus produtos do canal radicular infectado (40).

Outro estudo reportou significativa correlação estatística entre resultados de micro-CT e histologia, demonstrando que este recurso possui acurácia para quantificação de mudanças na arquitetura óssea de pequenos espécimes biológicos (42). Observa-se, ainda, mediante micro-CT, acurácia na identificação da morfologia interna e externa de dentes com ou sem destruição, análise de mudanças em superfícies, volumes e tecidos, além da habilidade de analisar mudanças pós-instrumentação e obturação (43). Depreende-se, a partir de tais resultados, que a tecnologia micro-CT apresenta bom desempenho de análise de desenvolvimento da lesão sub-regional e é considerável importância para mecanismos de lesões inflamatórias de reabsorção óssea induzida (40).

### Discussão

Os exames tomográficos produzem imagens a partir de secção da estrutura de interesse e possuem três vantagens básicas em relação às radiografias convencionais: apresenta exame tridimensional em uma sequência de cortes finos, com ausência de sobreposição (1) possui sensibilidade acurada na identificação de tecidos (7) e facilita a manipulação de imagem após tomada, permitindo aumento de brilho, nitidez, realce de bordos e contraste. O volume de imagens captadas pelo aparelho e transportadas para o *software* permite uma completa visualização da anatomia cada elemento dentário e área circundante, capacitando a quantificação do tamanho real (2, 7, 15, 31, 44).

Esta tecnologia permite melhor distinção entre tecidos, comparados a outros métodos de obtenção da imagem. Desta forma, a TCCB possui acurada sensibilidade comparado a exames convencionais, além de possuir a vantagem de dissipar uma quantidade reduzida de radiação, comparado às tomografias médicas (15).

Os benefícios proporcionados por essa tecnologia tendem a superar o elevado custo, comparado à tomografia convencional (45, 46). Esta conclusão é fundamentada pela alta resolução das imagens que possibilitam uma visão exata da topografia anatômica com preservação da integridade das estruturas dentais (31, 47), evitando um falso diagnóstico e, consequentemente, erros no plano de tratamento. Desta forma, a tomografia computadorizada é capaz de auxiliar no diagnóstico e determinação, com maior lucidez, do plano de tratamento a ser realizado, além de auxiliar nas etapas transoperatória e de acompanhamento de casos na endodontia (7, 15, 46, 48) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Vantagens e desvantagens da utilização de exames tomográficos na odontologia.

| Vantagens                                                          | Desvantagem               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Imagem em alta resolução (7, 11, 37)                               |                           |
| Imagem com profundidade em terceira dimensão (10-12)               |                           |
| Sensibilidade acurada na identificação de estruturas e tecidos (7) |                           |
| Manipulação de imagens após tomada radiográfica (2, 7)             | Custo elevado (7, 11, 37) |
| Seccionamento de imagens (1)                                       |                           |
| Ausência de sobreposição (1)                                       |                           |

## Conclusão

A utilização de radiografias periapicais adotada na endodontia apresenta diversas limitações, uma vez que esta se baseia em uma imagem bidimensional de um objeto em três dimensões. A aplicação da tomografia computadorizada *cone beam* na odontologia tem demonstrado alta precisão para diversas áreas, apresentando como opção benéfica a ser adotada na endodontia, a partir da geração de imagens de alta qualidade, otimizando as etapas de diagnóstico, plano de tratamento, transoperatório e preservação.

## Abstract

LIMA, Stella Maris de Freitas; REZENDE, Taia Maria Berto. **Benefits of Tomography in Endodontics: A Review.** Oral Sci., Jan/Dez. 2011, vol. 3, nº 1, p. 26-31.

In endodontics, radiographic features are essential in various stages of treatment, demonstrating the integrity of the surrounding and internal tooth structures, highly relevant during the intervention. This review focuses on the fundamentals of computed tomography and its benefits by the selection of 17 articles published in the last 5 years from the PubMed database using the terms "computed tomography" and "endodontics". Computed tomography emerges as a technology that provides depth in the third dimension by the *cone beam* tomography, overcoming the limitations of conventional radiographs (uptake of lesions involving cancellous bone and overlapping images, for example) and raising the endodontic therapy to a higher potential of diagnostic accuracy and success. Images obtained via *cone beam* computed tomography provides a lower level of radiation exposure compared to conventional tomography, and improves image quality compared to periapical radiographs, distinguishing dental and peripheral structures. Thus, CBCT is able to support diagnosis and the determination of treatment plan to be realized with greater precision, as well as support the stages of intraoperative monitoring and follow-up of endodontic treatment.

**KEYWORDS:** tomography, endodontics, *cone beam*.

## References

1. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of *cone beam* computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-30.
2. Durack C, Patel S. *Cone beam* computed tomography in endodontics. *Braz Dent J* 2012;23:179-91.
3. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007;33:1121-32.
4. McCaul LK, McHugh S, Saunders WP. The influence of specialty training and experience on decision making in endodontic diagnosis and treatment planning. *Int Endod J* 2001;34:594-606.
5. Patel S, Mannocci F, Shemesh H, Wu MK, Wesselink P, Lambrechts P. Radiographs and CBCT--time for a reassessment? *Int Endod J* 2011;44:887-8.
6. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1997;23:5-14.
7. Cheng L, Zhang R, Yu X, Tian Y, Wang H, Zheng G, Hu T. A comparative analysis of periapical radiography and cone-beam computerized tomography for the evaluation of endodontic obturation length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:383-9.
8. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1982;8:161-70.
9. Grondahl HG, Huuonen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic Topics* 2004;8:55-67.
10. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod* 2011;37:151-7.
11. Cheng L, Zhang R, Yu X, Tian Y, Wang H, Zheng G, Hu T. A comparative analysis of periapical radiography and cone-beam computerized tomography for the evaluation of endodontic obturation length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;112:383-9.
12. Wenzel A, Grondahl HG. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J* 1995;45:27-34.
13. Goodman PC. The new light: discovery and introduction of the X-ray. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:1041-5.
14. Mortman RE. Technologic advances in endodontics. *Dent Clin North Am* 2011;55:461-80, vii-viii.
15. Cotti E. Advanced techniques for detecting lesions in bone. *Dent Clin North Am* 2010;54:215-35.
16. Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:234-7.

17. Alamri HM, Sadrameli M, Alshalhoob MA, Alshehri MA. Applications of CBCT in dental practice: a review of the literature. *Gen Dent* 2012;60:390-400; quiz 1-2.
18. Deepak BS, Subash TS, Narmatha VJ, Anamika T, Snehl TK, Nandini DB. Imaging techniques in endodontics: an overview. *J Clin Imaging Sci* 2012;2:13.
19. Benington PC, Khambay BS, Ayoub AF. An overview of three-dimensional imaging in dentistry. *Dent Update* 2010;37:494-6, 9-500, 3-4 passim.
20. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009;2009:634567.
21. Moura MS, Guedes OA, De Alencar AH, Azevedo BC, Estrela C. Influence of length of root canal obturation on apical periodontitis detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *J Endod* 2009;35:805-9.
22. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. 1961. *J Endod* 2003;29:702-6; discussion 1.
23. Petersson A, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, Norlund A, Mejare I, Portenier I, Sandberg H, Tranaeus S, Bergenholtz G. Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *Int Endod J* 2012;45:783-801.
24. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pecora JD. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod* 2008;34:1325-31.
25. Clark CA. A Method of ascertaining the Relative Position of Unerupted Teeth by means of Film Radiographs. *Proc R Soc Med* 1910;3:87-90.
26. Wildey WL, Senia ES. A new root canal instrument and instrumentation technique: a preliminary report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;67:198-207.
27. Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koobusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990;16:446-9.
28. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod* 1982;8:550-4.
29. Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I. Description of system. 1973. *Br J Radiol* 1995;68:H166-72.
30. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 Suppl 1:31-6; discussion 179-82.
31. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:16-20.
32. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
33. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:245-8.
34. Nesari R, Rossman LE, Kratchman SI. Cone-beam computed tomography in endodontics: are we there yet? *Compend Contin Educ Dent* 2009;30:312-4, 6, 8 passim; quiz 24, 34.
35. Kaya S, Yavuz I, Uysal I, Akkus Z. Measuring bone density in healing periapical lesions by using cone beam computed tomography: a clinical investigation. *J Endod* 2012;38:28-31.
36. Garcia de Paula-Silva FW, Hassan B, Bezerra da Silva LA, Leonardo MR, Wu MK. Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2009;35:723-6.
37. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009;42:447-62.
38. Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci* 2008;116:467-72.
39. Hirakimotou A OS, Maedaa H, Kishia T, Shiota T, Tamurab T, Ukitab M, Fujitac S, Kamegawaa M. Progress of microfocus X-ray systems for fluoroscopic and computed tomography. *Spectrochimica Acta Part B* 2004;59:1101-6.
40. von Stechow D, Balto K, Stashenko P, Muller R. Three-dimensional quantitation of periradicular bone destruction by micro-computed tomography. *J Endod* 2003;29:252-6.
41. Oseko F, Yamamoto T, Akamatsu Y, Kanamura N, Iwakura Y, Imanishi J, Kita M. IL-17 is involved in bone resorption in mouse periapical lesions. *Microbiol Immunol* 2009;53:287-94.
42. Balto K, Muller R, Carrington DC, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res* 2000;79:35-40.
43. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod* 1995;21:561-8.
44. Siotia J, Gupta SK, Acharya SR, Saraswathi V. Diagnostic ability of computed tomography using DentaScan software in endodontics: case reports. *Int J Comput Dent* 2011;14:321-34.
45. Okano T, Harata Y, Sugihara Y, Sakaino R, Tsuchida R, Iwai K, Seki K, Araki K. Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:79-85.
46. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod* 2011;37:151-7.
47. Aggarwal V, Logani A, Shah N. The evaluation of computed tomography scans and ultrasounds in the differential diagnosis of periapical lesions. *J Endod* 2008;34:1312-5.
48. Patel S, Kanagasingam S, Mannocci F. Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. *Dent Update* 2010;37:373-9.