



APLICAÇÕES DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NO DIAGNÓSTICO EM ENDODONTIA

APPLICATIONS OF CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN ENDODONTIC DIAGNOSIS

APLICACIONES DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN EL DIAGNÓSTICO ENDODÓNTICO



10.56238/edimpacto2025.091-036

Luana Raphael da Silva

Doutora em Odontologia com área de concentração em Endodontia

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP

E-mail: lrsodonto@gmail.com

Orcid: 0000-0001-5560-3587

Lattes: 2025359825444081

Olga Beatriz Lopes Martins

Mestre em Odontologia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

E-mail: olga.lopes@ufvjm.edu.br

Orcid: 0000-0003-3001-1539

Lattes: 1776786000645399

Mariana Botelho Leite

Especialista em Implantodontia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

E-mail: mariana.botelho@ufvjm.edu.br

Orcid: 0009-0004-8515-4208

Lattes: 8235612991298771

Jefferson Aguiar Santos

Cirurgião-dentista

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

E-mail: jefferson.aguiar@ufvjm.edu.br

Orcid: 0000-0003-2602-1726

Lattes: 7035442396755051



Kaio Henrique Soares

Doutor em Odontologia com ênfase em Periodontia

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

E-mail: kaio.soares@ufvjm.edu.br

Orcid: 0000-0002-1239-9296

Lattes: 3517056192846939

RESUMO

A radiologia desempenha papel indispensável na Endodontia, sendo utilizada desde o diagnóstico inicial até o acompanhamento pós-operatório. As radiografias periapicais ainda representam o método mais empregado, em razão de sua praticidade, baixo custo e baixa dose de radiação. No entanto, por fornecerem imagens bidimensionais, apresentam limitações que podem comprometer a acurácia diagnóstica em situações complexas. Nesse contexto, a tomografia computadorizada de feixe cônicoo (TCFC) tem se destacado como recurso complementar, capaz de oferecer imagens tridimensionais de alta resolução, com dose de radiação inferior à tomografia convencional. O objetivo deste trabalho foi revisar a literatura científica acerca das aplicações da TCFC na Endodontia, destacando sua relevância no diagnóstico, planejamento e acompanhamento clínico. A análise da literatura evidencia que a TCFC apresenta superioridade na detecção precoce de lesões periapicais, identificação de fraturas e reabsorções, avaliação da morfologia radicular e planejamento de cirurgias endodônticas, proporcionando maior previsibilidade e segurança nos tratamentos. Conclui-se que a TCFC representa um avanço significativo na radiologia endodôntica, devendo ser indicada de forma criteriosa, como exame complementar às técnicas bidimensionais tradicionais.

Palavras-chave: Endodontia. Radiografia Periapical. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Diagnóstico por Imagem.

ABSTRACT

Radiology plays an indispensable role in Endodontics, being used from initial diagnosis to postoperative follow-up. Periapical radiographs are still the most widely used method due to their practicality, low cost, and low radiation dose. However, because they provide two-dimensional images, they have limitations that can compromise diagnostic accuracy in complex situations. In this context, cone-beam computed tomography (CBCT) has stood out as a complementary resource, capable of offering high-resolution three-dimensional images with a lower radiation dose than conventional tomography. The objective of this work was to review the scientific literature on the applications of CBCT in Endodontics, highlighting its relevance in diagnosis, planning, and clinical follow-up. The literature review shows that CBCT is superior in the early detection of periapical lesions, identification of fractures and resorptions, evaluation of root morphology, and planning of endodontic surgeries, providing greater predictability and safety in treatments. It is concluded that CBCT represents a significant advancement in endodontic radiology and should be indicated judiciously as a complementary examination to traditional two-dimensional techniques.

Keywords: Endodontics. Periapical Radiography. Cone Beam Computed Tomography. Diagnostic Imaging.

RESUMEN

La radiología desempeña un papel indispensable en endodoncia, utilizándose desde el diagnóstico inicial hasta el seguimiento postoperatorio. Las radiografías periapicales siguen siendo el método más utilizado debido a su practicidad, bajo costo y baja dosis de radiación. Sin embargo, al proporcionar imágenes bidimensionales, presentan limitaciones que pueden comprometer la precisión diagnóstica en situaciones complejas. En este contexto, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha consolidado como un recurso complementario, capaz de ofrecer imágenes tridimensionales de alta resolución con una dosis de radiación menor que la tomografía convencional. El objetivo de este trabajo fue revisar la literatura científica sobre las aplicaciones de la CBCT en endodoncia, destacando



su relevancia en el diagnóstico, la planificación y el seguimiento clínico. La revisión bibliográfica muestra que la CBCT es superior en la detección temprana de lesiones periapicales, la identificación de fracturas y reabsorciones, la evaluación de la morfología radicular y la planificación de cirugías endodónticas, proporcionando mayor predictibilidad y seguridad en los tratamientos. Se concluye que la CBCT representa un avance significativo en la radiología endodóncica y debe indicarse con criterio como examen complementario a las técnicas bidimensionales tradicionales.

Palabras clave: Endodoncia. Radiografía Periapical. Tomografía Computarizada de Haz Cónico. Diagnóstico por Imagen.

1 INTRODUÇÃO

A radiologia desempenha um papel indispensável na Endodontia, sendo aplicada em todas as fases do tratamento, desde o diagnóstico inicial até o acompanhamento pós-operatório (Setzer et al., 2021). Entre os exames disponíveis, as radiografias periapicais representam métodos bidimensionais (2D) e configuram-se como a técnica mais utilizada e relevante na prática endodôntica (Sarsam et al., 2025). Sua ampla aplicação está relacionada à baixa dose de radiação, à elevada qualidade de imagem obtida, ao custo acessível e à simplicidade tanto na execução quanto na interpretação dos achados radiográficos (Sarsam et al., 2025).

Entretanto, as radiografias periapicais apresentam limitações inerentes à sua natureza bidimensional, como distorções geométricas e sobreposição anatômica (Gliga et al., 2023). Uma projeção 2D de uma estrutura tridimensional fornece apenas informações sugestivas, e não conclusivas, em determinados quadros clínicos (de Paula-Silva et al., 2009). A dificuldade mais recorrente é a avaliação da dimensão vestíbulo-lingual, que só pode ser estimada por meio da variação na angulação do feixe de raios X (Schwarz et al., 1987). Consequentemente, a análise da relação espacial entre raízes e estruturas circundantes torna a detecção de lesões periapicais, reabsorções radiculares (Durack et al., 2011), erros de procedimento operatório (Silva et al., 2012) e outras complexidades anatômicas mais desafiadora. Embora a utilização de diferentes angulações radiográficas possa melhorar a percepção da profundidade, tal recurso não garante a visualização completa de todas as variações anatômicas ou condições patológicas (Barton et al., 2003, Matherne et al., 2008).

Historicamente, Bender e Seltzer (1961) já destacaram as dificuldades na visualização de radiolucências devido à sobreposição óssea, observando que a detecção só seria possível após perda significativa de tecido mineralizado. Além disso, eles apontaram que a radiografia não apenas poderia deixar de evidenciar determinadas lesões, como também tende a subestimar seu tamanho real (Bender, 1997).

Além disso, a representação das estruturas nem sempre é fidedigna devido à complexidade anatômica (Gröndahl et al., 2004) e à curvatura radicular, de modo que, mesmo com a utilização da técnica do paralelismo, raízes divergentes, especialmente em dentes multiradiculares, podem apresentar distorções ou ampliações (Lofthag-Hansen et al., 2007). Outro fator que limita a interpretação é o ruído anatômico, provocado por estruturas sobrepostas, como seios, forames ou proeminências ósseas (Patel et al., 2009), que podem obscurecer áreas de interesse e reduzir o contraste da imagem, dificultando a detecção de lesões periapicais ou reabsorções radiculares externas. Ademais, a radiografia não permite avaliar a condição bacteriana dos tecidos mineralizados ou moles, tampouco diferenciar processos inflamatórios de áreas cicatriciais já reparadas, nem identificar a natureza do tecido que substitui o osso na região avaliada (Setzer & Lee, 2021). Em razão

dessas limitações, em casos complexos, pode ser necessário recorrer a exames tridimensionais (3D), como a tomografia computadorizada de feixe cônicoo (TCFC), para complementar o diagnóstico (Kiarudi et al., 2014).

A tomografia computadorizada de feixe cônicoo (TCFC) foi introduzida em 1972 com o objetivo de fornecer ao clínico imagens 2D em diferentes planos, além da possibilidade de reconstrução 3D, utilizando baixa dose de radiação (Scarfe & Farman, 2008). Esse equipamento emprega um sistema de aquisição extraoral, desenvolvido especificamente para a região de cabeça e pescoço, capaz de gerar varreduras tridimensionais do complexo maxilofacial. Diferentemente da tomografia computadorizada convencional, que utiliza uma matriz linear de detectores, a TCFC faz uso de um detector planar bidimensional (2D) (Nasseh & Al-Rawi, 2018). O feixe em forma de cone incide sobre uma ampla área da cabeça a ser examinada, permitindo a obtenção de um grande volume de dados em uma única rotação do aparelho, o que possibilita a reconstrução completa da região de interesse (ROI) (Nasseh & Al-Rawi, 2018).

Na endodontia, a tomografia computadorizada de feixe cônicoo (TCFC) possui diversas aplicações, incluindo a análise da morfologia dos canais radiculares, a detecção de patologias de origem endodôntica e não endodôntica, a identificação de fraturas radiculares verticais e horizontais, a avaliação de reabsorções internas e externas, bem como a localização de canais não tratados ou de difícil detecção, como o segundo canal mésio-vestibular (MV2) em primeiros molares superiores, entre outros (Nasseh & Al-Rawi, 2018).

Assim, este estudo tem como objetivo revisar a literatura científica sobre as diferentes aplicações da TCFC na endodontia, destacando sua contribuição para o diagnóstico, planejamento e acompanhamento clínico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No final do século XIX, a descoberta dos raios X por Röntgen (1895) marcou o início da radiologia. Poucos dias após a divulgação, Walkhoff registrou a primeira radiografia dentária, inaugurando sua aplicação na odontologia (Sansare et al., 2011). No contexto endodôntico, o exame radiográfico desempenha papel central ao possibilitar o diagnóstico, orientar o plano de tratamento e auxiliar na avaliação prognóstica (Antony et al., 2020). As radiografias periapicais intraorais permanecem como as mais utilizadas, permitindo a análise de lesões periapicais, da configuração dos canais radiculares e da relação com estruturas anatômicas adjacentes (Gudac et al., 2022).

Apesar de sua ampla utilização, as radiografias periapicais apresentam limitações diagnósticas (Patel et al., 2009). Os exames bidimensionais convencionais ainda são o método inicial de escolha devido ao baixo custo e à elevada resolução espacial (Ramis-Alario et al., 2021). Contudo, a principal limitação dessas técnicas está na impossibilidade de fornecer informações tridimensionais, já que

todas as estruturas do espaço anatômico são comprimidas em uma projeção bidimensional. Essa característica, somada a distorções geométricas e sobreposição de estruturas, compromete a precisão diagnóstica (Patel et al., 2009).

A técnica de paralelismo é amplamente recomendada em vez da técnica do ângulo de bissetriz, pois proporciona diagnósticos mais precisos e facilita a medição do comprimento radicular. Entretanto, em dentes multiradiculares cujas raízes divergem na direção vestíbulo-lingual, nenhuma radiografia consegue representar todas as raízes fielmente, podendo ocorrer distorções significativas. Apesar dessas limitações, o observador frequentemente precisa reconstruir mentalmente a anatomia tridimensional subjacente, tarefa que se mostra complexa na prática clínica (Gröndahl et al., 2004).

Além disso, alterações periapicais restritas ao osso trabecular podem permanecer imperceptíveis até que haja descontinuidade da cortical ou perda mineral significativa, estimada entre 30% e 50% (Gröndahl et al., 2004). Estruturas anatômicas, como o seio maxilar e o forame mental, também podem dificultar a interpretação da região periapical (Low et al., 2008). Estudos indicam ainda que a radiografia periapical apresenta baixa confiabilidade para diferenciar o tipo ou a natureza das lesões, como cistos, granulomas ou periodontite apical difusa (Gliga et al., 2023).

Diante dessas limitações, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), também conhecida como tomografia de volume digital, surgiu no final da década de 1990 como um método extraoral capaz de gerar reconstruções tridimensionais do complexo maxilofacial, utilizando uma dose de radiação significativamente inferior à da tomografia computadorizada convencional (Mozzo et al., 1998). Dependendo do modelo de tomógrafo, a fonte de raios X e o detector podem girar entre 180° e 360° ao redor da cabeça do paciente. O feixe em formato cônico regista um volume de dados cilíndrico ou esférico, denominado campo de visão (field of view – FOV), e o tamanho do voxel varia entre 0,08 e 0,4 mm³ (Patel et al., 2009).

Os cortes tomográficos, com espessura equivalente a um voxel, podem ser apresentados simultaneamente nos planos axial, sagital e coronal. A seleção e movimentação do cursor em uma das imagens atualiza automaticamente os cortes correspondentes nos demais planos, permitindo a exploração dinâmica da região de interesse. Além disso, cortes coronal e axial do dente fornecem visualização tridimensional detalhada da anatomia dentária e adjacente, e a renderização de superfícies permite reconstruções em 3D (Patel et al., 2009).

A TCFC supera diversas limitações da radiografia convencional, permitindo a detecção precoce de lesões endodônticas radiolúcidas antes de sua visualização em radiografias periapicais (Schmidt et al., 2019). Revisões sistemáticas e meta-análises demonstraram a superioridade da TCFC sobre radiografia digital na identificação de radiolucências apicais em pacientes com lesão periapical (Abesi & Golikani, 2023). Em cerca de 25% a 28% dos casos, as lesões periapicais apresentaram dimensões maiores nas imagens de TCFC, evidenciando que as técnicas bidimensionais podem

subestimar a extensão real e sofrer com sobreposição de estruturas (Gudac et al., 2020). Estudos histopatológicos em cadáveres humanos validaram a TCFC como padrão-ouro radiográfico para o diagnóstico de periodontite apical, com sensibilidade significativamente superior (0,89) à radiografia periapical (0,38) (Kanagasingam et al., 2017).

Além de sua relevância diagnóstica, a TCFC é recomendada para o planejamento de procedimentos cirúrgicos. Imagens tridimensionais permitem avaliar com precisão a relação dos ápices radiculares com estruturas anatômicas críticas, como o canal mandibular, o forame mental e o seio maxilar, em diferentes planos de visualização (Patel et al., 2007). Rigolone et al. (2003) demonstraram sua utilidade no planejamento da microcirurgia periapical em raízes palatinas de primeiros molares superiores, possibilitando mensurar a distância entre a cortical óssea e o ápice radicular, bem como avaliar a presença ou ausência do seio maxilar entre as raízes.

A técnica também se mostra valiosa no diagnóstico e manejo de traumatismos dentoalveolares (Cotton et al., 2007; Patel et al., 2007; Tsukiboshi, 2008). De acordo com Giudice et al. (2018), apenas a TCFC é capaz de detectar de forma confiável fraturas radiculares e reabsorções, achados frequentemente não identificados em exames bidimensionais. A partir de uma única aquisição, o exame possibilita a avaliação de luxações e fraturas alveolares por meio de reconstruções multiplanares, sem sobreposição anatômica ou distorções geométricas. Além disso, permite identificar fraturas radiculares horizontais, que em radiografias convencionais exigiriam múltiplas tomadas em diferentes angulações e, ainda assim, poderiam passar despercebidas (Terakado et al., 2000). Por se tratar de um exame extraoral, a TCFC também proporciona maior conforto ao paciente, especialmente em situações de trauma agudo (Cohenca et al., 2007a).

As limitações bidimensionais também afetam a avaliação do número real de canais radiculares. Em estudo ex vivo, Matherne et al. (2008) compararam radiografias digitais com TCFC em 72 dentes extraídos. Observou-se que, mesmo com radiografias de paralaxe, os endodontistas não identificaram pelo menos um canal em 40% dos dentes. Destaca-se que a análise da TCFC foi realizada por radiologista, enquanto as radiografias digitais foram avaliadas por endodontistas, e não houve confirmação histológica do número real de canais.

Além disso, a TCFC tem ampla aplicação no diagnóstico e planejamento de lesões reabsortivas. A técnica permite identificar a natureza, localização e porta de entrada da lesão, revelando alterações que passariam despercebidas em exames convencionais (Cohenca et al., 2007b; Patel & Dawood, 2007; Maini et al., 2008). Esses detalhes aumentam a previsibilidade do tratamento, como determinar se uma reabsorção cervical externa atingiu o canal radicular ou se uma interna comprometeu o periodonto adjacente.

Por fim, a TCFC é essencial na avaliação de dentes com anatomia atípica, como número anômalo de raízes, dilacerações ou dens in dente, permitindo visualização tridimensional completa do

sistema de canais radiculares e planejamento seguro do tratamento (Cotton et al., 2007; Patel et al., 2007). Anteriormente, mesmo com ampliação, essas alterações anatômicas poderiam passar despercebidas, tornando o tratamento mais imprevisível.

3 DISCUSSÃO

A literatura revisada evidencia que, embora as radiografias periapicais ainda sejam amplamente empregadas na prática endodôntica (Sarsam et al., 2025; Gudac et al., 2022), suas limitações diagnósticas, decorrentes da natureza bidimensional da imagem, comprometem a precisão na detecção de diversas alterações (Patel et al., 2009; Gliga et al., 2023). A sobreposição de estruturas anatômicas e as distorções geométricas reduzem a confiabilidade na interpretação, sobretudo em casos que envolvem complexidade anatômica ou lesões em estágio inicial (Gröndahl et al., 2004; Low et al., 2008). Estudos clássicos, como os de Bender e Seltzer (1961), já haviam apontado que a visualização radiográfica de lesões periapicais só se torna possível após perda mineral significativa, fato que reforça a tendência de subestimação do tamanho real das alterações (Bender, 1997).

Nesse contexto, a TCFC se apresenta como um recurso diagnóstico capaz de superar tais limitações, oferecendo imagens tridimensionais de alta resolução, obtidas com baixa dose de radiação quando comparada à tomografia convencional (Scarfe & Farman, 2008; Nasseh & Al-Rawi, 2018). A literatura demonstra que esse exame permite identificar precocemente lesões endodônticas radiolúcidas não visíveis em radiografias periapicais (Schmidt et al., 2019), além de apresentar sensibilidade superior na detecção de periodontite apical em estudos histopatológicos (Kanagasingam et al., 2017). Essa evidência reforça o status da TCFC como padrão-ouro radiográfico para o diagnóstico de lesões periapicais.

Outro ponto relevante é a aplicabilidade da TCFC no planejamento de procedimentos cirúrgicos, especialmente em áreas de risco, como a proximidade dos ápices radiculares ao seio maxilar ou ao canal mandibular (Patel et al., 2007; Rigolone et al., 2003). Além da acurácia diagnóstica, a possibilidade de visualizar relações anatômicas em múltiplos planos aumenta a previsibilidade clínica e reduz riscos iatrogênicos.

A literatura também aponta a superioridade da TCFC na detecção de traumatismos dentoalveolares, como fraturas radiculares horizontais, que muitas vezes permanecem ocultas em exames bidimensionais (Terakado et al., 2000; Cohenca et al., 2007a). Estudos mais recentes corroboram que apenas a TCFC possibilita a detecção confiável de fraturas e reabsorções (Giudice et al., 2018), aspectos que influenciam diretamente o prognóstico e a escolha terapêutica.

Quanto à análise da morfologia radicular, a TCFC apresenta vantagens significativas frente às radiografias digitais. Matherne et al. (2008) evidenciaram que canais adicionais não foram identificados em 40% dos casos analisados por radiografias, enquanto a tomografia permitiu maior



precisão diagnóstica. Esse aspecto é particularmente relevante em dentes multirradiculares ou com variações anatômicas, como presença de canal mésio-vestibular adicional em molares superiores, dilacerações ou dens in dente (Cotton et al., 2007; Patel et al., 2007).

Outro campo de destaque é a avaliação de reabsorções internas e externas, nas quais a TCFC permite localizar o ponto de origem, determinar a extensão real e verificar a comunicação com o canal radicular ou o periodonto (Maini et al., 2008; Cohenca et al., 2007b; Patel & Dawood, 2007). Essas informações adicionais ampliam a previsibilidade do tratamento e auxiliam o clínico na definição da conduta.

Apesar de suas vantagens, é importante ressaltar que a TCFC não substitui completamente a radiografia periapical. Devido ao custo mais elevado e à maior exposição à radiação em comparação com os exames bidimensionais, seu uso deve ser indicado de forma criteriosa, restrito a casos nos quais as limitações das radiografias convencionais comprometam o diagnóstico ou planejamento (Setzer & Lee, 2021; Kiarudi et al., 2014).

Portanto, a análise crítica da literatura permite concluir que a TCFC representa um avanço significativo na radiologia endodôntica, ampliando a acurácia diagnóstica e contribuindo para tratamentos mais seguros e previsíveis. Contudo, sua utilização deve seguir protocolos de indicação baseados em necessidade clínica, de modo a equilibrar os benefícios obtidos e a exposição à radiação.

4 CONCLUSÃO

A radiologia é um recurso essencial na Endodontia, sendo as radiografias periapicais os exames mais empregados em virtude de sua praticidade, baixo custo e reduzida dose de radiação. No entanto, suas limitações diagnósticas, relacionadas à natureza bidimensional da imagem, justificam a busca por métodos mais avançados.

Nesse contexto, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) representa um avanço significativo, permitindo a visualização tridimensional do complexo dentomaxilofacial, com maior sensibilidade para detecção de lesões periapicais, fraturas, reabsorções e variações anatômicas. Além disso, destaca-se como ferramenta indispensável no planejamento cirúrgico e na avaliação de casos complexos, conferindo maior previsibilidade e segurança ao tratamento endodôntico.

Apesar de suas vantagens, a TCFC não substitui integralmente os exames radiográficos convencionais, devendo ser indicada de forma criteriosa, considerando fatores como custo, disponibilidade e exposição à radiação.

Assim, pode-se concluir que a TCFC constitui um recurso complementar de grande relevância para a prática endodôntica, cuja utilização racional contribui para diagnósticos mais precisos, planejamentos adequados e resultados clínicos mais previsíveis.



REFERÊNCIAS

- Abesi F, Golikani A. Diagnostic performance of cone-beam computed tomography for apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Pol J Radiol.* 2023 Dec 27;88:e597-e605.
- Antony DP, Thomas T, Nivedhitha MS. Two-dimensional Periapical, Panoramic Radiography Versus Three-dimensional Cone-beam Computed Tomography in the Detection of Periapical Lesion After Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus.* 2020 Apr 19;12(4):e7736.
- Barton DJ, Clark SJ, Eleazer PD, Scheetz JP, Farman AG. Tuned-aperture computed tomography versus parallax analog and digital radiographic images in detecting second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Aug;96(2):223-8.
- Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. 1961. *J Endod.* 2003 Nov;29(11):702-6; discussion 701.
- Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod.* 1997 Jan;23(1):5-14.
- Cohenca N, Simon JH, Marhtur A, Malfaz JM (2007b) Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental Traumatology* **23**, 105–13.
- Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM (2007a) Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. *Dental Traumatology* **23**, 95–104.
- Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG (2007) Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *Journal of Endodontics* **9**, 1121–32.
- de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1009-12.
- Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J.* 2011 Feb;44(2):136-47.
- Gliga A, Imre M, Grandini S, Marruganti C, Gaeta C, Bodnar D, Dimitriu BA, Foschi F. The Limitations of Periapical X-ray Assessment in Endodontic Diagnosis-A Systematic Review. *J Clin Med.* 2023 Jul 12;12(14):4647.
- Gröndahl H-G, Huumonen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic Topics.* 2004;8(1):55–67.
- Gudac J, Hellén-Halme K, Maciulskiene V. The Changes in Size of Periapical Lesions after Root Canal Treatments Assessed by Digital Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography: A 2-Years Prospective Clinical Study. *Medicina (Kaunas).* 2022 Oct 12;58(10):1437.
- Gudac J, Hellén-Halme K, Venskutonis T, Puisys A, Machiulskiene V. Comparison of Selected Anatomical and Treatment-related Diagnostic Parameters Estimated by Cone-Beam Computed Tomography and Digital Periapical Radiography in Teeth with Apical Periodontitis. *J Oral Maxillofac Res.* 2020 Jun 30;11(2):e4.



Kanagasingam S, Lim CX, Yong CP, Mannocci F, Patel S. Diagnostic accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography in detecting apical periodontitis using histopathological findings as a reference standard. *Int Endod J.* 2017 May;50(5):417-426.

Kiarudi AH, Eghbal MJ, Safi Y, Aghdasi MM, Fazlyab M. The applications of cone-beam computed tomography in endodontics: a review of literature. *Iran Endod J.* 2015 Winter;10(1):16-25. Epub 2014 Dec 24.

Lo Giudice R, Nicita F, Puleio F, Alibrandi A, Cervino G, Lizio AS, Pantaleo G. Accuracy of Periapical Radiography and CBCT in Endodontic Evaluation. *Int J Dent.* 2018 Oct 16;2018:2514243.

Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Jan;103(1):114-9.

Low KM, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod.* 2008 May;34(5):557-62.

Maini A, Durning P, Drage N (2008) Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *British Dental Journal* **204**, 135–7.

Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems *in vitro*. *J Endod.* 2008 Jan;34(1):87-9.

Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D (2008) Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems *in vitro*. *Journal of Endodontics* **34**, 87–9.

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(9):1558-64.

Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am.* 2018 Jul;62(3):361-391.

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 Jun;42(6):447-62.

Patel S, Dawood A (2007) The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *International Endodontic Journal* **40**, 730–7.

Patel S, Dawood A (2007) The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *International Endodontic Journal* **40**, 730–7.

Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2009 Jun;42(6):463-75.

Ramis-Alario A, Soto-Peñaiza D, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Comparison of the diagnostic efficacy of 2D radiography and cone beam computed tomography in persistent apical periodontal disease: A PRISMA-DTA systematic review and meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021 Oct;132(4):e153-e168.



Rigolone M, Pasqualini D, Bianchi L, Berutti E, Bianchi SD (2003) Vestibular surgical access to the palatine root of the superior first molar: “low-does cone-beam” CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *Journal of Endodontics* **29**, 773–5.

Sansare K, Khanna V, Karjodkar F. Early victims of X-rays: a tribute and current perception. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Feb;40(2):123-5.

Sarsam W, Davies J, Al-Salehi SK. The role of imaging in endodontics. *Br Dent J.* 2025 Apr;238(7):448-457.

Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008 Oct;52(4):707-30, v.

Schmidt JC, Gutekunst CJ, Dagassan-Berndt D, Schmidlin PR, Walter C. Comparison of Two-Dimensional and Three-Dimensional Radiographs Using Clinically Relevant Parameters. *Dent J (Basel).* 2019 May 1;7(2):50.

Schwarz MS, Rothman SL, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1987 Summer;2(3):137-41.

Setzer FC, Lee SM. Radiology in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2021 Jul;65(3):475-486.

Silva JA, de Alencar AH, da Rocha SS, Lopes LG, Estrela C. Three-dimensional image contribution for evaluation of operative procedural errors in endodontic therapy and dental implants. *Braz Dent J.* 2012;23(2):127-34.

Terakado M, Hashimoto K, Arai Y, Honda M, Sekiya T, Sato H (2000) Diagnostic imaging with newly developed ortho cubic super-high resolution computed tomography (Ortho-CT). *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* **89**, 509–18.

Tsukiboshi M (2008) Optimal use of photography, radiology and micro computed tomography scanning in the management of traumatized teeth. *Endodontic Topics* **12**, 4–19.