

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ODONTOLOGIA - MESTRADO



MILENA FILIPPINI KNECHT

Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares  
em dentes tratados endodonticamente

Cascavel - PR  
2024

MILENA FILIPPINI KNECHT

Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares  
em dentes tratados endodonticamente

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Área de concentração: Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Christian Giampietro Brandão

Cascavel - PR  
2024

Filippini Knecht, Milena

Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente / Milena Filippini Knecht; orientador Christian Giampietro Brandão. -- Cascavel, 2024.

20 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2024.

1. Fratura. 2. Tomografia . I. Giampietro Brandão, Christian, orient. II. Título.

**MILENA FILIPPINI KNECHT**

Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente com e sem retentores intrarradiculares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Odontologia, área de concentração Odontologia, linha de pesquisa Materiais Dentários Aplicados à Clínica Odontológica, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) Christian Giampietro Brandão

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel



Mauro Carlos Agner Busato

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel



Fausto Rodrigo Victorino

Unicesumar

Cascavel, 18 de janeiro de 2024.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, meus familiares e principalmente ao meu esposo Ronaldo, por ter me ajudado a concluir esta etapa da minha vida acadêmica. Sem vocês isso não seria possível.

**MUITO OBRIGADA!**

## Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente

### RESUMO

Uma das principais razões para a extração de dentes tratados endodonticamente é a ocorrência de fraturas radiculares verticais (FRV), sendo ainda o seu diagnóstico um desafio na rotina do cirurgião-dentista. A radiografia periapical é, em geral, o exame complementar de primeira escolha para a detecção de FRV, porém, vários fatores, como a angulação e o contraste, podem interferir na imagem. Já as técnicas tridimensionais, como as tomografias, são mais fidedignas por serem capazes de eliminar distorções e sobreposições. Entretanto, também apresentam algumas limitações devido formação de artefatos, quando a FRV a ser diagnosticada está próxima à material hiperdenso, além de exigir uma espessura mínima da fratura para que esta possa ser notada. Portanto, este estudo foi proposto para comparar a acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente. As imagens tomográficas foram adquiridas no tomógrafo OP300® (Instrumentarium) e no tomógrafo X800® (J Morita). A amostra foi composta por 42 dentes extraídos, unirradiculados com canal único, sem trincas/fraturas e curvaturas acentuadas. Os canais radiculares foram preparados pelo mesmo operador através do sistema de limas reciprocantes Reciproc, até a R40 ou R50 (Reciproc - VDW®) ou através de instrumentação manual, dependendo do calibre do instrumento inicial, irrigados abundantemente e obturados. As imagens tomográficas foram interpretadas por dois especialistas em endodontia. Já a análise estatística foi realizada pelo software Jamovi. O tomógrafo OP300® (Instrumentarium) apresentou melhores resultados de sensibilidade e especificidade comparado ao tomógrafo X800® (J Morita). O teste de qui-quadrado indicou maior acurácia para o tomógrafo OP300®. Houve concordância razoável entre os examinadores tanto para o tomógrafo OP300® (Instrumentarium) quanto para o tomógrafo X800® (J Morita). Os resultados deste estudo indicaram considerável ocorrência de erro na detecção de FRV para ambos os tomógrafos utilizados além de razoável concordância entre os examinadores para ambos os tomógrafos.

**Palavras-chave:** Tratamento do canal radicular, tomografia computadorizada, endodontia

## Comparison of the accuracy of two CT scanners in detecting root fractures in endodontically treated teeth

### *ABSTRACT*

One of the main reasons for the extraction of endodontically treated teeth is the occurrence of vertical root fractures (VRF), and their diagnosis is still a challenge in the dentist's routine. Periapical radiography is, in general, the complementary exam of first choice for detecting RVF, however, several factors, such as angulation and contrast, can interfere with the image. Three-dimensional techniques, such as tomography, are more reliable as they are capable of eliminating distortions and overlaps. However, they also present some limitations due to the formation of artifacts, when the RVF to be diagnosed is close to hyperdense material, in addition to requiring a minimum thickness of the fracture so that it can be noticed. Therefore, this study was proposed to compare the accuracy of two CT scanners in detecting root fractures in endodontically treated teeth. The tomographic images were acquired on the OP300® tomography machine (Instrumentarium) and the X800® tomography machine (J Morita). The sample consisted of 42 extracted teeth, single-rooted with a single canal, without cracks/fractures and accentuated curvatures. The root canals were prepared by the same operator using the Reciproc reciprocating file system, up to R40 or R50 (Reciproc - VDW®) or using manual instrumentation, depending on the caliber of the initial instrument, irrigated abundantly and filled. The tomographic images were interpreted by two endodontic specialists. Statistical analysis was performed using Jamovi software. The OP300® tomography scanner (Instrumentarium) showed better sensitivity and specificity results compared to the X800® tomography scanner (J Morita). The chi-square test indicated greater accuracy for the OP300® tomograph. There was reasonable agreement between examiners for both the OP300® tomography scanner (Instrumentarium) and the X800® tomography scanner (J Morita). The results of this study indicated a considerable occurrence of error in the detection of RVF for both tomographs used, in addition to reasonable agreement between the examiners for both tomographs.

**Keywords:** Root canal treatment, compute tomography, endodontics.

## SUMÁRIO

1.Introdução.....	12
2.Metodologia.....	13
2.1Amostra.....	13
2.2Preparação dos dentes.....	14
2.3Indução de fratura radicular vertical.....	14
2.4Procedimento de captura das imagens.....	14
2.5Avaliação das imagens.....	15
2.6Análise estatística.....	15
3.Resultados.....	15
4.Discussão.....	16
5.Conclusão.....	19
6.Referências Bibliográficas.....	19



# Comparação da acurácia de dois tomógrafos na detecção de fraturas radiculares em dentes tratados endodonticamente

## Introdução

Uma das principais causas que levam a um diagnóstico de condenar-se um elemento dentário na atualidade são as fraturas radiculares. Observa-se, nos consultórios odontológicos, um aumento significativo dos casos de fraturas dentárias no período da pandemia do Coronavírus, causado pelo bruxismo, um problema funcional que atinge cerca de 40% das pessoas, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), ou pelo menos 80 milhões de pessoas no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Odontologia (ABO) (PIMENTEL et al., 2023).

A fratura radicular vertical (FRV) é representada por um traço que se estende do canal radicular ao periodonto, podendo envolver ou não a coroa, podendo ser completa ou incompleta (BECHARA et al., 2012). Devido a extensão da FRV, até o ligamento periodontal, ocorre um processo inflamatório nesta região e um processo de degradação tecidual, pela contaminação bacteriana da cavidade oral (TAMSE et al., 2006, WALTON et al., 2017). A FRV é mais reportada em dentes obturados do que em dentes com polpas vitais, sendo sua principal causa relacionada à utilização de retentores intrarradiculares, utilizados para dar maior resistência ao elemento dental (COHEN et al., 2003) ou pela fragilidade estrutural do preparo mecânico dos condutos. O diagnóstico da FRV é um desafio na rotina clínica do cirurgião-dentista. Os sinais e sintomas clínicos incluem inchaço, abscesso e/ou bolsa periodontal, mobilidade dentária e sensibilidade à palpação/percussão. Já os achados radiográficos podem incluir radiolucência perirradicular / lateral em forma de J (halo de perda óssea) podendo ou não envolver a região de furca (PRADEEP KUMAR et al., 2016).

A radiografia periapical é, em geral, o exame complementar de primeira escolha para a detecção de FVR. Entretanto, vários fatores podem interferir na imagem, como angulação, contraste e densidade, e, até mesmo, a experiência do clínico na interpretação das imagens (KHASNIS, SANDHYA ANAND KIDIYOOR et al., 2014). Por outro lado, imagens tomográficas são mais fidedignas por serem tridimensionais, além de serem capazes de eliminar

distorção, ampliação e sobreposições de estruturas na região de interesse, em comparação às técnicas bidimensionais (BECHARA et al., 2012).

Visto que, estudos comprovam que 94% das FRV ocorrem em dentes que apresentam tratamento endodôntico (GARCIA-GUERRERO et al., 2018. TAKEUCHI et al., 2009) técnicas tomográficas também apresentam limitações, principalmente na detecção de FRV próximas a materiais hiperdensos, como a guta-percha, devido à formação de artefatos. Os artefatos mais comuns são aqueles causados pelo fenômeno de endurecimento do feixe (*beam hardening*). Outra limitação diz respeito aos altos custos das imagens tomográficas, quando comparados às imagens radiográficas e também ao fato de alguns estudos (ELSANTANI et al., 2016) apontarem a estatística de que as fraturas radiculares verticais só podem ser detectadas em imagens tomográficas quando elas tiverem no mínimo 0.05 mm de separação de fragmento.

Vários sistemas de tomografias dentomaxilofaciais estão atualmente no mercado odontológico. Os sistemas se diferenciam principalmente quanto ao design do detector, a configuração da digitalização e dos parâmetros dos dados da reconstrução das imagens (MOZZO et al., 1998), (KOBAYASHI et al., 2004). Alguns fatores de digitalização e reconstrução, incluindo a seleção do volume do campo de varredura (FoV) e o tamanho do voxel, além do número de projeções básicas (aquisições) usadas para reconstrução e os artefatos de imagem, têm influência significativa na qualidade da imagem do exame tomográfico (LOUBELE et al., 2007). Assim, este estudo teve como objetivo comparar a acurácia de dois tomógrafos comumente utilizados nos centros de radiologia odontológicas para a detecção de fraturas radiculares verticais.

## **Metodologia**

### *Amostra*

Este estudo experimental foi submetido e aprovado pelo comitê de ética da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

A amostra foi composta por 42 dentes humanos extraídos, unirradiados com canal único, sem trincas/fraturas e curvaturas acentuadas. A confirmação dessas características anatômicas dos condutos radiculares foi feita por radiografias periapicais digitais (Nanopix – MK Life). Os dentes tiveram suas coroas removidas com disco diamantado em nível cervical, tendo em média os remanescentes radiculares 16 mm de comprimento. Os elementos foram divididos em 2 grupos, sendo o grupo G1 dentes com fraturas induzidas (20 dentes) e G2 dentes sem fraturas (22 dentes).

### *Preparação dos dentes*

Os canais radiculares foram preparados pelo mesmo operador através do sistema de limas reciprocantes Reciproc, até a R40 ou R50 (Reciproc - VDW®) dependendo do seu instrumento inicial, acionadas por motor elétrico Reciproc Silver (VDW®). Se o instrumento inicial foi uma lima Kerr (Dentsply®Maillefer) maior do que #30, os condutos foram instrumentados manualmente pela técnica convencional de escalonamento. Durante a instrumentação, os canais radiculares foram irrigados com 3 mL de NaOCL a 2,5% (Cloro Rio 2,5%- Rioquímica®) a cada troca de lima sendo, ao final, preenchidos com EDTA -T (Fórmula e ação) 17% (pH 7.2) por 3 minutos para remoção da *smear layer*, seguido de irrigação final com soro fisiológico NaCl 0,9% (LBS®) e secagem com cones de papel (DiaDent®) de tamanho adequado ao conduto pós-preparo químico-mecânico. Posteriormente, os dentes foram obturados através da técnica do cone único (DiaDent®) quando instrumentados com motor elétrico ou obturação utilizando a técnica Híbrida de Tagger quando feita a instrumentação manual. O cimento utilizado foi o mesmo, independente da técnica de instrumentação, AH Plus Jet® (Dentsply®Maillefer).

### *Indução da fratura radicular vertical*

As fraturas foram induzidas em uma máquina de ensaio universal – Instron (Canton, MA, EUA), utilizando uma célula de carga de 500N e velocidade cruzada de 1mm/min (QUEIROZ et al., 2016). Uma ponta cônica de metal foi introduzida sobre a embocadura do canal. Assim que a fratura ocorreu, a máquina parou automaticamente. Após a fratura, os dentes que tiveram separação em dois fragmentos foram colados com cianocrilato (Super Bonder, Loctite® Henkel).

### *Procedimento de captura das imagens*

Uma mandíbula humana macerada proveniente do Laboratório de Anatomia CCBS-UNIOESTE serviu como fantoma. Para ajustar as raízes, alguns alvéolos foram ampliados com uma fresa cilíndrica (KG Sorensen®, São Paulo, Brasil). A mandíbula foi coberta por uma camada de 3 mm de espessura de cera utilidade (Epoxyglass, São Paulo, Brasil) nas corticais lingual e vestibular, para simulação de tecidos moles. As imagens tomográficas foram adquiridas no tomógrafo OP300® (Instrumentarium) e no tomógrafo X800® (J Morita). Os parâmetros técnicos de cada tomógrafo seguiram as recomendações dos fabricantes.

### *Avaliação das imagens*

Os pré-requisitos para a seleção dos examinadores foram: ser especialista em endodontia por mais de 5 anos e ter habilidade em manusear os DICON *Viewer* dos dois tomógrafos. As imagens tomográficas foram interpretadas por dois examinadores cegos. Não houve limitação de tempo para a análise das imagens pelo examinador. As avaliações foram dinâmicas, de modo que o examinador navegou livremente nas imagens, utilizando softwares DICOM *Viewer* para a análise das imagens tomográficas: i-Dixel (J Morita) e On demand (Instrumentarium). As imagens foram classificadas segundo os escores: 1) fratura presente e 2) fratura ausente.

### *Análise estatística*

A análise estatística foi realizada pelo software estatístico Jamovi. A frequência absoluta de verdadeiros-positivo, verdadeiros-negativo, falsos-positivo e falsos-negativo foi inicialmente obtida. A capacidade de detecção de FRV de ambos os tomógrafos também foi investigada por meio do cálculo da sensibilidade e especificidade. O teste de qui-quadrado foi utilizado para comparar a concordância entre tomógrafos. o teste de concordância de Kappa foi utilizado para avaliar a concordância interexaminadores no diagnóstico da FRV. O coeficiente de Kappa foi interpretado conforme literatura prévia: irrelevante quando este for menor que zero, fraco quando o valor varia entre 0 e 0,2, razoável quando varia entre 0,21 e 0,4, moderado quando varia entre 0,41 e 0,6, forte quando varia entre 0,61 e 0,8 e quase perfeito quando varia entre 0,81 e 1. O nível de significância para todos os testes estatísticos foi de  $p < 0.05$ .

## **Resultados**

A frequência absoluta de verdadeiros-positivo, verdadeiros-negativo, falsos-positivo e falsos-negativo se encontra na Tabela 1. Na tabela de contingência é possível observar que 9 casos (em verde) foram identificados como verdadeiros-positivo ou verdadeiros-negativo apenas pelo tomógrafo OP300® (Instrumentarium), enquanto 6 casos (em amarelo) foram identificados como verdadeiros-positivo ou verdadeiros-negativo apenas pelo tomógrafo X800® (J Morita) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Tabela de contingência

OP300® (Instrumentarium)	X800® (J Morita)				Total
	VP	VN	FP	FN	
VP	10	0	0	4	14
VN	0	10	5	0	15
FP	0	4	3	0	7
FN	2	0	0	4	6
Total	12	14	8	8	42

*Abreviação:* VP, verdadeiro positivo; VN, verdadeiro negativo; FP, falso positivo; FN, falso negativo. *Legenda:* Azul, concordância entre os tomógrafos com resultado VP ou VN; Vermelho, concordância entre os tomógrafos com resultado FP ou FN; Verde, VP ou VN para tomógrafo OP300® (Instrumentarium), mas não para o tomógrafo X800® (J Morita); Amarelo, VP ou VN para o tomógrafo X800® (J Morita), mas não para o tomógrafo OP300® (Instrumentarium).

Com base nesses resultados, a sensibilidade e especificidade do tomógrafo OP300® (Instrumentarium) foi de 70% e 68%, respectivamente. Já o tomógrafo X800® (J Morita) apresentou valores de sensibilidade e especificidade de 60% e 64%, respectivamente. O teste de qui-quadrado indicou diferença estatisticamente significativa entre o tomógrafo 1 (OP300®) em comparação ao 2 (X800®) ( $p < 0.001$ ), com maior acurácia para o tomógrafo OP300. Os resultados dos testes de concordância interexaminadores podem ser observados na Tabela 2. Houve concordância razoável entre os examinadores tanto para o tomógrafo OP300® (Instrumentarium) quanto para o tomógrafo X800® (J Morita).

**Tabela 2** – Valores de concordância entre examinadores para ambos tomógrafos.

	OP300® (Instrumentarium)	X800® (J Morita)
Tamanho amostral (n)	42	42
Avaliadores (n)	2	2
Concordância (%)	69	62
Kappa	0.38	0.24

## Discussão

Este estudo teve como objetivo investigar a capacidade de detecção de FRV de dois tomógrafos comumente utilizados para este fim, bem como a concordância interexaminadores para cada aparelho. De forma geral, os resultados encontrados indicam pobre capacidade de detecção de FRV com as imagens de ambos aparelhos. Além disso, houve razoável concordância interexaminador, o que indica que a detecção ou não de FRV pode variar dependendo do examinador. Estes achados levantam questionamentos sobre a capacidade e acurácia na detecção de FRV utilizando apenas os exames de imagem investigados neste estudo.

Nossos resultados indicam a ocorrência relativamente alta de erros na detecção da presença de FRV analisando imagens tomográficas. Embora a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) supere as limitações da radiografia ao fornecer imagens não distorcidas que não são suscetíveis a ruídos anatômicos e permitem a visualização de vários planos e ângulos (DURACK et al., 2012), ela também parece ter capacidade limitada de detectar a presença ou ausência de FRV (PATEL et al., 2022). PATEL et al. (2013) concluíram que a TCFC não foi precisa para detectar a presença ou ausência de FRV simulados em raízes obturadas. Estudos indicam que, atualmente, não há justificativa suficiente para o uso da TCFC para detectar fraturas intrarradiculares (PATEL et al., 2022). No entanto, existem boas evidências para indicar que TCFC pode detectar sinais sutis de perda óssea perirradicular indicativa de FRV (CHAVDA et al., 2014; DIAS et al., 2020; ZHANG et al., 2019). Um estudo clínico recente avaliou a precisão da TCFC para detectar FRV comparado à precisão da TCFC na detecção de alterações ósseas periradiculares (secundárias) indicativas de fratura de raiz. Os autores concluíram que embora a TCFC não pudesse avaliar precisamente a presença de FRV, ela foi significativamente mais sensível e precisa na detecção de padrões periradiculares de perda óssea sugestivos de FVR (BYAKOVA et al., 2019). Neste sentido, as diretrizes conjuntas da *European Society of Endodontology*, *American Association of Endodontists* e *American Academy of Oral Maxillofacial Radiology* (AAE/AAOMR) recomendam o uso da TCFC quando as avaliações clínicas e radiográficas convencionais são inconclusivas em alcançar um diagnóstico claro em caso de suspeita de FRV. Nesses casos, as mudanças sutis periradiculares ósseas associadas a FRV podem ser detectadas com imagens tomográficas. Os resultados encontrados neste estudo corroboram com essas recomendações considerando a limitada sensibilidade e especificidade na detecção de FRV.

A capacidade limitada de detecção de FRV analisando imagens de TCFC pode ser explicada por achados prévios. No estudo de BRITO et al. (2016) foi comprovado que exames de imagem que são compostos por elementos radiopacos apresentam altos índices de falhas de diagnóstico. A formação de artefatos nestas imagens se dá devido ao endurecimento do feixe que está relacionado à natureza policromática da fonte (diferentes níveis energéticos) e pode dificultar a visualização da FRV. Neste fenômeno os fótons de baixa energia são absorvidos por elementos de elevada densidade, provocando um aumento da energia média do feixe que

atravessou o objeto, ou seja, o endurecimento do feixe de raios X (SCHULZE et al., 2011). Este endurecimento do feixe é a causa principal de formação de artefatos em imagens tomográficas que apresentam materiais hiperdensos como a guta-percha. Por consequência, há redução da qualidade da imagem, o que pode aumentar a probabilidade de falsos positivos (KHEDMAT et al., 2012, WANG et al., 2011). Os artefatos gerados por conta de materiais obturadores (radiopacos) são mais significativos em imagens de tomografias computadorizadas do que imagens feitas através de radiografias periapicais, o que pode ser a causa da dificuldade do diagnóstico de FRV em imagens tridimensionais (CAMILO et al., 2013, COSTA et al., 2011, NEVES et al., 2014).

Existem vários tomógrafos no mercado atualmente e são utilizados para fins de diagnóstico. Os sistemas diferem um dos outros devido principalmente às configurações da digitalização e nos parâmetros de reconstrução da imagem (ARAKI et al., 2004, KOBAYASHI et al., 2004). Estas diferenças influenciam na qualidade das imagens obtidas e também na capacidade de visualização de estruturas pequenas anatômicas e/ou patologias. Portanto, é possível que a capacidade de detecção de FRV seja diferente nos outros tomógrafos existentes no mercado. Ligamento periodontal, trabeculado ósseo e FRV são os principais desafios na leitura de uma imagem tomográfica devido ao pequeno tamanho (LIANG et al., 2009). Nosso estudo vai de encontro com este dado, já que houve um número relativamente baixo de verdadeiros-positivos e verdadeiros-negativos.

O nível de concordância entre os examinadores foi razoável. Um fator que pode ter contribuído para este resultado são os artefatos devido à alta radiopacidade da guta-percha o que pode levar a distorções nas imagens tomográficas. Isto pode dificultar a detecção de FRV, diminuindo a concordância interexaminadores. Além disso, mesmo que alguns cuidados tenham sido tomados em relação a habilidade dos examinadores, esta ainda pode ter sido uma das razões da concordância entre ambos não ter sido o valor ideal.

O presente estudo apresenta algumas limitações que precisam ser reconhecidas. Foram analisadas as imagens em apenas dois tomógrafos. Apesar destes tomógrafos serem modelos comuns no mercado nacional, outros modelos também são utilizados e podem apresentar diferente capacidade de detecção de FRV. O presente estudo incluiu apenas 2 avaliadores com elevada experiência em tratamento endodôntico e análise de imagens tomográficas. Portanto, os presentes resultados não podem ser generalizados para avaliadores com menos experiência.

## Conclusão

Os resultados deste estudo indicaram considerável ocorrência de erro na detecção de FRV para ambos os tomógrafos utilizados. Também foi observado razoável concordância na detecção de FRV entre os examinadores.

## Referências Bibliográficas

AAE, AAOMR. Special committee to revise the joint AAE and AAOMR position statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: use of cone beam computed tomography in Endodontics. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**. 120, 508-512, 2015.

ARAKI, K. *et al.* Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone beam CT scanner (CB MercuRay): system configuration and physical properties. **Dentomaxillofacial Radiology**. 33, 51-59, 2004.

BECHARA, B. *et al.* Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. **Dentomaxillofacial Radiology**. 41(5), 422–428, 2012.

CAMILO, CC. *et al.* Artefacts in cone beam CT mimicking an extrapalatal canal of root-filled maxillary molar. **Case Reports in Dentistry**. 1-5, 2013.

BRITO, ACR. *et al.* Detection of Fractured Endodontic Instruments in Root Canals: Comparison between Different Digital Radiography Systems and Cone-beam Computed Tomography. **Journal of Endodontics**. 43(3), 544-549, 2016.

BYAKOVA, SF. *et al.* The accuracy of CBCT for the detection and diagnosis of vertical root fractures in vivo. **International Endodontic Journal**. 52, 1255-1263, 2019.



CHAVDA, R. *et al.* Comparing the in vivo diagnostic accuracy of digital periapical radiography with cone-beam computed tomography for the detection of vertical root fracture. **Journal of Endodontics**. 40(10), 1524-1529, 2014.

COHEN, S. *et al.* Vertical root fractures: clinical e radiographic diagnosis. **Journal of the American Dental Association**. 134(4), 434–441, 2003.

COSTA, FF. *et al.* Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. **Journal of Endodontics**. 37, 1456-1459, 2011.

DIAS, D. *et al.* Accuracy of high-resolution small-volume cone-beam computed tomography in the diagnosis of vertical root fracture: an in vivo analysis. **Journal of Endodontics**. 46(8), 1059-1066, 2020.

DURACK, C. *et al.* Cone beam computed tomography in endodontics. **Brazilian Dental Journal**. 23, 179-191, 2012.

ELSALTANI, M. *et al.* Detection of simulated vertical root fractures: which cone-beam computed tomographic system is the most accurate? **Journal of endodontics**. 42(6), 972-977, 2016.

GARCIA-GUERRERO, C. *et al.* Vertical root fractures in endodontically-treated teeth: a retrospective analysis of possible risk factors. **Journal of Investigative and Clinical Dentistry**. 10, 2018.

KHEDMAT, S. *et al.* Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta- percha root fillings. **International Endodontic Journal**. 45, 1004-1009, 2012.

KHASNIS, K. *et al.* Vertical root fractures and their management. **Journal of Conservative Dentistry**. 17(2), 103–110, 2014.

KOBAYASHI K. et al. Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. **The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants**, 19, 228-231, 2004.

LIANG, X. *et al.* A comparative evaluation of dentomaxillofacial CBCT and MSCT image data—Part I: on subjective image quality. **European Journal of Radiology**, 2009.

MARINHO VIEIRA, LE. *et al.* Assessment of the influence of different intracanal materials on the detection of root fracture in birooted teeth by cone-beam computed tomography. **Journal of Endodontics**, 46, 264– 270, 2020.

MOZZO P. *et al.* A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. **European Radiology**, 18, 1558–1564, 1998.

NEVES, FS. *et al.* Evaluation of cone-beam computed tomography in the diagnosis of vertical root fractures: the influence of imaging modes and root canal materials. **Journal of Endodontics**. 40, 1530-1536, 2014.

PATEL, S. *et al.* The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. **Internacional Endodontics Journal**. 46, 1140-1142, 2013.

PATEL, S. *et al.* Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. **Internacional Endodontic Journal**. 55, 804-826, 2022.

PIMENTEL, BN. *et al.* O bruxismo como fator de risco para implante. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**. 40, 1-12, 2023.

PRADEEPKUMAR, A. *et al.* Diagnosis of vertical root fractures in restored endodontically treated teeth: a time-dependent retrospective cohort study. **Journal of Endodontics**. 42, 1175-1180, 2016.

QUEIROZ, PM. *et al.* Accuracy of Digital Subtraction Radiography in the Detection of Vertical Root Fractures. **Journal of Endodontics**. 42, 896-899, 2016.

SCHULZE, R. *et al.* Artefacts in CBCT: A review. **Dentomaxillofacial Radiology**. 40(5), 265–273, 2011.

TAKEUCHI, N. *et al.* A retrospective study on the prognosis of teeth with root fracture in patients during the maintenance phase of periodontal therapy. **Dental Traumatology**. 25, 332–337, 2009.

TAMSE, A. *et al.* Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. **Endodontic Topics**. 13, 84- 94, 2016.

WALTON, RE. *et al.* Vertical root fracture: factors related to identification. **The Journal of the American Dental Association**. 148, 100-105, 2017.

WANG, P. *et al.* Detection of dental root fractures by using cone- beam computed tomography. **Dentomaxillofacial Radiology**. 40, 290– 298, 2011.

ZHANG. L. *et al.* In vivo detection of subtle vertical root fracture in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography. **Journal of Endodontics**. 45(7), 856-862, 2019.

