

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

PRISCILA FERNANDA DA SILVEIRA

**CAPACIDADE DIAGNÓSTICA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
DE FEIXE CÔNICO E DA RADIOGRAFIA CONVENCIONAL NA
DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS**

PORTO ALEGRE

2010

PRISCILA FERNANDA DA SILVEIRA

**CAPACIDADE DIAGNÓSTICA DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
DE FEIXE CÔNICO E DA RADIOGRAFIA CONVENCIONAL NA
DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS**

Linha de Pesquisa

Diagnóstico das Afecções Buco-Faciais

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do título de graduação em
Odontologia da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. HELOÍSA EMÍLIA DIAS DA SILVEIRA

Porto Alegre

2010

Agradecimento Especial

A **Deus** que fortalece e guia meus caminhos.

Aos meus pais, **Rosali e Luiz Fernando**, fontes de amor e dedicação incondicionais. Agradeço pelo esforço para proporcionar as melhores condições para eu alcançar os meus objetivos. Por sempre compartilharem meus sonhos e minhas conquistas.

À minha irmã, **Carina**, amiga e companheira de todas as horas. Agradeço por estar ao meu lado nas dificuldades e por me alegrar sempre.

Ao meu irmão, **Matheus**, orgulho e carinho mesmo distante. Agradeço pelo apoio e por sempre me fazer feliz.

Ao meu avô, **Sydney**, exemplo de amor e sabedoria. Agradeço por apoiar as minhas decisões e pelos conselhos de vida que me trouxeram paz.

Ao **Fábio**, parceiro dos meus sonhos, por todo apoio e carinho.

Agradecimentos

À minha orientadora, *Prof^a Dr^a Heloísa Emília Dias da Silveira*, exemplo de dedicação e comprometimento. Agradeço por todo carinho dedicado, especialmente, por guiar meus passos na iniciação científica e ser pessoa essencial à minha formação profissional e acadêmica.

Ao *Prof^o Dr^o Reni Raimundo Dalla Bona* pelos melhores cafezinhos e por estar sempre pronto para me receber com carinhosos abraços e conselhos de vida.

Ao *Prof^o Dr^o Heraldo Luís Dias da Silveira* pela disponibilidade de discutir assuntos, executar tarefas e ajudar nesta pesquisa a qualquer hora, especialmente pelos momentos descontraídos de uma amizade construída.

Aos Mestres e amigos especiais, *Mariana Vizzotto, Gabriela Liedke e Eduardo Delamare*, por sempre me orientarem e me apoiarem. Agradeço pela maravilhosa companhia nestes anos na Radiologia. Vocês permanecerão, por tudo isso, no meu coração.

À *Prof^a Nádia Arus*, agradeço pela alegre convivência e pela amizade formada neste período.

Ao *Prof^o. Dr^o Francisco Montagner* pela atenção dedicada, agradeço a disponibilidade de discutir a pesquisa e pela ajuda na montagem do artigo.

Às colegas *Thais, Nathalia, Rafaela, Vanessa, Natalia e Simone* minhas companheiras mais queridas de formação acadêmica. Agradeço por compartilharmos momentos de alegria e sucesso mas também os momentos de dificuldades e cansaço. Juntas, somos mais e melhor.

A todos os *professores do Curso de Odontologia da UFRGS*, pelos ensinamentos prestados durante o curso de graduação e, em especial, a todos os *colegas da ATO 2010/02* pela convivência durante a faculdade.

À *direção, professores e funcionários* da FO-UFRGS.

“Precisamos dar um sentido humano às nossas construções. E, quando o amor ao dinheiro, ao sucesso nos estiver deixando cegos, saibamos fazer pausas para olhar os lírios do campo e as aves do céu”.

Érico Veríssimo

Resumo

Introdução: O presente estudo comparou a capacidade diagnóstica da radiografia convencional e da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) com diferentes resoluções de voxel, na detecção de Fraturas Radiculares Verticais (FRV) em dentes com ou sem tratamento endodôntico e pinos metálicos.

Metodologia: Sessenta dentes unirradiculares foram divididos aleatoriamente em dois grupos: experimental e controle. Em cada grupo, dez dentes foram preparados endodonticamente e obturados com guta percha, dez tiveram um pino metálico cimentado após a obturação e dez não foram preparados. Os dentes do grupo experimental foram fraturados. Todos os dentes foram radiografados com três diferentes angulações horizontais e, após, foram adquiridas imagens de TCFC com três protocolos em que a variação foi a resolução de voxel (0,4; 0,3 e 0,2 mm). Três examinadores calibrados avaliaram as imagens.

Resultados: Os testes de performance diagnóstica mostraram capacidade similar para detecção de FRV quando o exame radiográfico foi comparado com voxel 0,2 e 0,3 mm da TCFC em dentes sem tratamento endodôntico e pino metálico. Além disso, os resultados de especificidade, sensibilidade e acurácia foram similares nas resoluções de voxel 0,2 e 0,3 mm para canais radiculares vazios. No entanto, observou-se que os resultados de voxel 0,2 mm foram melhores quando o canal tinha obturação ou pino metálico.

Conclusão: O exame radiográfico deve ser incentivado como a primeira abordagem complementar para avaliar a presença de FRV. Quando a imagem convencional não for capaz de fornecer informações suficientes, a TCFC deve ser indicada como método de imagem e a condição radicular deve guiar a escolha da resolução de voxel a ser adotada.

Abstract

Introduction: This study compared the ability of conventional radiographic and cone beam computed tomography (CBCT) examinations to detect vertical root fractures (VRF) in teeth presenting or not root canal treatment and metallic posts. Furthermore, different voxel sizes from CBCT images were assessed. **Methods:** Sixty single-rooted human teeth were randomly divided into two groups: experimental and control. Ten teeth from each group were endodontically prepared and obturated with gutta percha, ten had a metallic post cemented after the filling and ten had no preparation. The teeth from the experimental group were fractured. All teeth were radiographed with three different horizontal angles and after CBCT images were acquired following three protocols in which the variation was the voxel resolution (0.4, 0.3, and 0.2 mm). Three calibrated examiners assessed the images. **Results:** The diagnostic performance tests showed similar ability to detect VRFs when radiographic examination was compared to 0.2 and 0.3-voxel CBCTs scans in roots without endodontic treatment and metallic post. Moreover, specificity, sensitivity and accuracy findings were similar for both 0.2 and 0.3-voxel resolution scans for empty root canals. However, it was observed that the 0.2-mm voxel results were higher when the root canal had a filling or the metallic post. **Conclusions:** The radiographic examination with horizontal angle variation should be encouraged as the first complementary approach to assess the presence of VRF; if conventional imaging was not able to provide adequate information, the CBCT must be indicated as the imaging method and the root condition should guide the voxel resolution choose.

Lista de abreviaturas e siglas

FRV (VRF) – Fratura Radicular Vertical (*Vertical Root Fracture*)

TCFC (CBCT) – Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (*Cone-beam Computed Tomography*)

dpi – *dots per inch* (pontos por polegada)

mm – milímetros

s – segundos

° - graus

kVp – kilovolt pico

mA – miliampere

cm – centímetro

FOV – *field of view* (campo de visão)

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

FO-UFRGS – Faculdade de Odontologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Sumário

Resumo	05
Abstract	06
Introdução	09
Objetivos	14
Artigo	15
Considerações Finais	27
Referências	28
Anexo	32

Introdução

As fraturas radiculares verticais (FRV) são uma complicação de difícil diagnóstico (COHEN, BLANCO e BERMAN, 2003) e ruim prognóstico para o paciente, (TAMSE *et al.*, 1999) pois frequentemente resultam em extrações dentárias (FUSS, LUSTIG e TAMSE, 1999).

Em estudo que avaliou 315 casos de FRV em pacientes Chineses, Chan *et al.* (1999), observaram que 40% dos dentes fraturados não tinham tratamento endodôntico e a maioria dos casos ocorreu em homens de 51 a 55 anos. Já Llana – puy, Forner-Navarro e Barbero-Navarro (2001) em uma revisão de 25 casos de FRV, em dentes com tratamento endodôntico, verificaram que em 68% existiam pinos pré-fabricados e em 60% coroa protética. Segundo Santos *et al.* (2009), a presença de pino no interior do conduto radicular pode ser considerada um fator de risco para ocorrência dessas fraturas.

Tamse *et al.* (1999) avaliaram pacientes com dentes tratados endodonticamente nos quais suspeitava-se de FRV, sendo os mesmos examinados clinicamente e radiografados antes e após a extração. Quatro observadores calibrados e cegados diagnosticaram corretamente apenas um terço das fraturas. A observação de sinais e sintomas clínicos mais predominantes, como presença de fístulas e bolsas profundas localizadas, foram grandes auxiliares para a correta determinação de FRV (TESTORI, BADINO e CASTAGNOLA, 1993). Além da dificuldade diagnóstica, deve-se ter em mente que os sinais e sintomas de FRV podem simular outras condições dentárias que necessitam de terapêutica totalmente diferente. Portanto, torna-se fundamental o diagnóstico correto e precoce das mesmas, evitando-se, assim, perda óssea adicional, reabsorção de tecidos adjacentes, entre outras complicações (COHENCA *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, o diagnóstico de FRV é baseado em radiografias periapicais realizadas após anamnese e exame clínico (COHENCA *et al.*, 2007), ainda que, por meio de imagens 2D, o diagnóstico seja dificultado devido à sobreposição de estruturas e à direção do traço de fratura.

Os exames tradicionais de imagem, como radiografias periapicais, têm apresentado baixos valores de sensibilidade, situando-se entre 23% e 37,1% (YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; HASSAN *et al.*, 2009). Ademais, a sensibilidade do exame radiográfico para as fraturas mesio-distais, que não estão situadas paralelamente à incidência do feixe de raios-x, é ainda menor, em torno de 7,7% (HASSAN *et al.*, 2009).

Além disso, Tsesis *et al.* (2008) compararam a capacidade diagnóstica de radiografias convencionais com radiografias digitais na detecção de fratura radicular vertical *in vitro* e concluíram que, estatisticamente, não existe diferença significativa entre as formas de aquisição, já que ambas apresentam as mesmas limitações das imagens bidimensionais. Sabe-se, ainda, que o uso de recursos para melhorar a qualidade das imagens digitais não interfere significativamente na visualização das fraturas. O importante, sim, é o conhecimento do examinador em relação ao evento e às características específicas de cada tipo de imagem (WENZEL *et al.*, 2009; KAMBUROG, MURAT e PEHLIVAN, 2010).

A maioria dos estudos que têm avaliado, na suspeita FRV, a capacidade diagnóstica de radiografias periapicais, fizeram uso de apenas uma tomada radiográfica - com angulação ortogonal - para realizar esta investigação (YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; NAIR *et al.*, 2001; BERNARDES *et al.*, 2009). Poucos se valeram de variações na angulação horizontal (TSESIS *et al.*, 2008; HASSAN *et al.*, 2009).

Özer (2010) e Kamboruglu *et al.* (2010), após verificarem os baixos valores de sensibilidade da radiografia convencional para a detecção de FRV em seus respectivos estudos, sugeriram que, se tivessem utilizado uma investigação com três tomadas radiográficas, com angulações diferentes, os resultados provavelmente seriam superiores.

Por outro lado, Tsesis *et al.* (2008), na investigação de FRV, utilizaram três angulações horizontais - mesial (15°), ortogonal e distal (15°) - alcançando sensibilidade média de 0,38 para dentes com tratamento endodôntico. De forma semelhante, mas em estudo para detecção de fraturas radiculares horizontais, Kamburoglu, Cebeci e Grondahl (2009) utilizaram três angulações e alcançaram valores de sensibilidade muito superiores, possivelmente pela facilidade de visualização deste tipo de fratura.

O uso da tomografia computadorizada vem sendo destacado, pois permite a obtenção de imagens sem sobreposições. Neste sentido, a tomografia computadorizada médica (TC) e, mais recentemente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) têm sido utilizadas para complementação de diagnóstico e plano de tratamento nas diversas especialidades odontológicas (SCARFE, FARMAN e SUKOVIC, 2006; SCARFE *et al.*, 2009; DE VOS, CASSELMAN e SWENNEM, 2009), incluindo o manejo de problemas endodônticos (COTTON *et al.*, 2007; SILVEIRA *et al.*, 2007; GAO *et al.*, 2009; LIEDKE *et al.*, 2009; PATEL, 2009; MICCHETTI *et al.*, 2010).

A TCFC apresenta algumas vantagens em relação à TC, como dose de radiação consideravelmente inferior e redução de artefatos metálicos que causam prejuízo na imagem (MAH *et al.*, 2003; HOLBERG *et al.*, 2005 ; TSIKLAKIS *et al.*, 2005; SCARFE, FARMAN e SUKOVIC, 2006; SWENNEN *et al.*, 2006). No entanto, outros estudos destacaram a diminuição da capacidade diagnóstica da TCFC causada pela presença de interferências de artefato metálico (LLENA – PUY, FORNER-NAVARRO e BARBERO-NAVARRO, 2001; SANDERS *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2009; KATSUMATA *et al.*, 2009). Ainda, pesquisas mostraram que a interferência de materiais endodônticos causou dificuldade de visualização na homogeneidade (SOGUR, BAKSI e GRONDAHL, 2007; HUYBRECHTS *et al.*, 2009) e comprimento das obturações (MOURA *et al.*, 2009), sugerindo igualdade ou até superioridade da radiografia convencional em relação à TCFC para estes casos.

Com o objetivo de verificar o poder diagnóstico da TCFC em FRV, alguns estudos foram realizados (YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; NAIR *et al.*, 2001; MORA *et al.*, 2007; PATEL, 2009; MELO *et al.*, 2010) revelando diferença estatisticamente significativa na detecção das fraturas quando as imagens por TCFC foram comparadas com radiografias convencionais (BERNARDES *et al.*, 2009; HASSAN *et al.*, 2009; WENZEL *et al.*, 2009; OZER, 2010; KAMBUROGLU *et al.*, 2010). O exame por tomografia alcançou valores de sensibilidade e especificidade entre 70% e 82% e 92,5% e 100%, respectivamente, sendo que a presença de material endodôntico no interior dos canais radiculares não afetou a visualização das fraturas (YOUSSEFZADEH *et al.*, 1999; HASSAN *et al.*, 2009; PATEL, 2009; MELO *et al.*, 2010).

Em estudo *in vitro*, Özer (2010) analisou a capacidade diagnóstica da TCFC e da radiografia digital em FRV com diferentes distâncias entre os fragmentos (0,4 mm; 0,2 mm; <0,2 mm). A TCFC teve maior acurácia que a radiografia em dentes com fragmentos muito próximos (distância <0,2 mm), demonstrando a capacidade deste exame em detectar as fases iniciais desta complicação, tornando possível a obtenção de um diagnóstico precoce.

Hassan *et al.* (2009) verificaram a capacidade diagnóstica da TCFC e da radiografia convencional na detecção de FRV simulada, utilizando dentes com material obturador, associado ou não, a pino metálico intracanal. A TCFC foi superior em ambos os grupos de dentes, mas não existiu um grupo controle, sem material intracanal para comparação.

Sabe-se que os aparelhos de TCFC apresentam oscilações na dose de radiação dependendo da marca comercial e do protocolo adotado, principalmente devido às variações no tempo de escaneamento, o qual está diretamente relacionado com a resolução de voxel utilizada (LUDLOW *et al.*, 2006). Da mesma forma, a dose de radiação está diretamente relacionada com o número de cortes realizados, devendo-se solicitar o menor número necessário para o diagnóstico (SCARFE, FARMAN e SUKOVIC, 2006). Seguindo este pensamento, Liedke *et al.* (2009) avaliaram diferentes resoluções de voxel na detecção de reabsorção radicular externa *in vitro* e concluíram que o voxel de 0,3 mm teve a mesma capacidade diagnóstica do voxel 0,2 mm, sugerindo a sua utilização com a vantagem de redução da dose de radiação ao paciente.

Kamboruglu *et al.* (2010) utilizaram três conjuntos de imagem de TCFC, (Scanner Newtom 3G – voxel 0,19 mm; Iluma Cone Beam Ultra: de alta resolução – voxel 0,1 mm e de baixa resolução – voxel 0,3 mm) e comparou os resultados com radiografias periapicais digitais (utilizando unicamente tomada ortogonal). Os resultados mostraram desempenho superior das imagens de alta resolução (Newtom 3G e Iluma Cone Beam Ultra - 0,1 mm) comparado às de baixa resolução (Iluma Cone Beam Ultra - 0,3 mm e radiografias digitais). Ainda, ressaltaram que se deve utilizar a TCFC quando as técnicas radiográficas convencionais deixam de fornecer informações úteis para o diagnóstico de FRV.

Wenzel *et al.* (2009) avaliaram a capacidade diagnóstica para detecção de FRV utilizando TCFC com duas resoluções de voxel (0,125 mm e 0,25 mm) e radiografias digitais utilizando tomadas ortogonais. Ainda, em ambas as imagens foi avaliada a influência de diferentes filtros para melhoria da qualidade das mesmas. Concluíram que a alta resolução de TCFC de voxel 0,125 mm teve alta sensibilidade sem comprometer a especificidade em comparação com as imagens de baixa resolução de voxel 0,25 mm, as quais não foram mais precisas que as radiografias digitais. Já os filtros de imagem melhoraram a sensibilidade da TCFC de alta resolução, não tendo efeito significativo nas demais imagens.

Por fim, importa rememorar que, com base no princípio ALARA (“As low as reasonably achievable”), os cirurgiões-dentistas devem desenvolver e implementar programas de proteção radiológica, com permanentes atualizações, possibilitando a diminuição das doses de exposição de seus pacientes à radiação X (AMERICAN DENTAL ASSOCIATION COUNCIL ON SCIENTIFIC AFFAIRS, 2006).

Ainda é necessário ponderar que, em revisão sistemática de literatura, Tsesis *et al.* (2010) concluíram que não foi possível encontrar provas substanciais a respeito da exatidão dos índices dos testes de diagnóstico para a detecção de FRV em dentes tratados endodonticamente.

Assim justifica-se, diante de todo o exposto, a realização do presente estudo para verificar a capacidade diagnóstica da radiografia convencional e da TCCB na detecção de FRV, considerando diferentes resoluções de voxel e a interferência causada na imagem pela presença de material obturador e pino metálico.

Objetivo

Objetivo geral

Avaliar a capacidade diagnóstica da radiografia convencional e da tomografia computadorizada de feixe cônico, com diferentes resoluções de voxel, na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas e a interferência na imagem, causada pela presença de material obturador e pino metálico, no interior do conduto radicular.

Objetivos específicos:

- a)* Avaliar a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico, com resolução de voxel 0,4 mm, na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas em dentes com e sem material obturador e pino metálico.
- b)* Avaliar a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico, com resolução de voxel 0,3 mm, na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas em dentes com e sem material obturador e pino metálico.
- c)* Avaliar a capacidade diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cônico, com resolução de voxel 0,2 mm, na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas em dentes com e sem material obturador e pino metálico.
- d)* Avaliar a capacidade diagnóstica da radiografia periapical convencional, com três angulações horizontais - mesiorradial (15°), ortogonal e distorradial (15°) - na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas em dentes com e sem material obturador e pino metálico.
- e)* Comparar e discutir os resultados encontrados nos itens **a**, **b**, **c** e **d**.

Artigo

Formatação para publicação - periódico *Journal of Endodontics*.

**Detection of vertical root fracture by conventional
radiographic and CBCT analysis**

Priscila Fernanda da Silveira
Mariana Boessio Vizzotto
Gabriela Salatino Liedke
Francisco Montagner
Heraldo Luis Dias da Silveira
Heloísa Emília Dias da Silveira

Instituição

Departamento de Cirurgia e Ortopedia, Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

Endereço: Rua Ramiro Barcelos, 2492/503 CEP 90035-003, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Autor para correspondência

Priscila Fernanda da Silveira

Endereço: Rua Ramiro Barcelos, 2492/5º andar CEP 90035-003, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Telefone: 55-51-33085199 // 55-51-91995769

Fax: 55-51-33085023

e-mail: prifsilveira@yahoo.com.br

INTRODUCTION

The diagnosis of vertical root fractures (VRF) in teeth that have endodontic treatment is a challenge for dental professionals. One of the main reasons for the difficult diagnosis of VRFs is the fact that the final diagnosis is based on a panel of several signs and symptoms rather than a pathognomonic one (1, 2). The most common clinical findings associated with VRF are deep osseous defects and the presence of a sinus tract located closer to the gingival margin (3, 4).

In an extensive literature review, Tsesis *et al.* (5) pointed out that there is a lack of evidence-based data concerning the diagnostic accuracy and effectiveness of clinical and radiographic dental evaluation for the diagnosis of VRF in endodontically treated teeth. However, diagnostic information directly influences clinical decisions(6). VRF are responsible for 32.1% of the reasons for extraction of endodontically treated teeth in a 5-year follow-up study (7). Therefore, the early detection of VRF is important to achieve a good prognosis for future treatment, preventing additional bone loss and resorption of the surrounding tissues (8), leading to a more predictable outcome (6).

Imaging is an important diagnostic adjunct to the clinical assessment of VRF. Conventional radiography systems fail to provide detailed information regarding teeth and adjacent structures due to projection artifacts such as magnification, distortion and superimposition (9). A VRF can be overlooked if the x-ray beam does not pass along the fracture line and two or more radiographs with a 4 to 15-degree variation are recommended (10, 11). The cone-beam computed tomography (CBCT) was introduced in Endodontics to assess specific characteristics of the alveolar bone and apical pathologies (true size, extent, nature and position), resorptive lesions, complex root canal anatomy and also root fractures (12). The dose of radiation is

lower than medical tomography and depends on the voxel resolution and the time of exposure. Small voxel size requires a high number of sections during examination, increasing the patient's radiation exposure (13, 14). The information provided by CBCT involved a three dimensional image, without overlapping structures, favoring a more precise definition of the problem and treatment planning, especially for VRF (6, 9, 12, 15).

Despite the advantages provided by the CBCT technology, there are some limitations. The presence of streaking artifacts can compromise the quality of the scan (16). In Endodontics, specific materials such as gutta-percha and intracanal metallic post may contribute to artifacts formation (17-19), decreasing the observer's confidence in diagnosis VRF (20). CBCT is not found currently in every dental office(6), and conventional radiograph remains the first adjunctive image examination that is available to the clinician. Therefore, the aim of the present study was to compare the ability of the conventional radiographic examination and CBCT, with different voxel sizes, to detect VRF in teeth presenting or not root canal treatment and metallic posts.

MATERIAL AND METHODS

The present study was approved by the Ethics Committee in Research from the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil). Sixty extracted single-rooted human teeth were used. They were sectioned on the cement-enamel junction. Each root was covered by a thin layer of wax, simulating the periodontal ligament resiliency, and then placed in an acrylic resin block. The samples were randomly divided into two groups: experimental (A, C and E) and control (B, D and F), with 10 samples in each subgroup. The subgroups A

and B were prepared for endodontic treatment and subsequently obturated with gutta percha; the subgroups C and D, after the endodontic treatment, had the obturation material removed from the coronal and middle thirds of the canals and a metallic post cemented; the subgroups E and F had no preparation. The teeth of experimental group had a tapered chisel inserted in the canal space and gently tapped with a hammer to induce a vertical root fracture. The samples were directly examined for the absence or presence of VRF, representing the gold standard.

All teeth were radiographed (Kodak, Dental Intraoral D-Speed Film; size 2; 0,4s) with three different horizontal angles, based on the buccal surface: orthogonal (0°), mesial and distal angulation (15°) (11). The film images were evaluated under transmitted light from a radiographic viewbox under magnification. The ambient light of the film was removed by mask.

For the tomographic acquisition, all samples were put together and placed on the desk of the i-CAT tomography device (Imaging Sciences International, Inc, Hatfield, PA, USA; 120 kVp, 3-8 mA). Axial, frontal, and sagittal sections were obtained with specific protocols based on the voxel resolution: 0.4-mm voxel (8-cm field of view [FOV], 20 seconds for acquisition), 0.3-mm voxel (8-cm FOV, 20 seconds for acquisition), and 0.2-mm voxel (8-cm FOV, 40 seconds for acquisition). Images were analyzed using the i-CAT Vision software (Imaging Sciences International Inc, Hatfield, PA, USA).

Images were analyzed by three blinded, previously calibrated examiners. The previous calibration consisted on the identification of the existence of VRF in 10 radiographs and tomograms that did not belong to the study sample. At a 15-day interval, the same observation was repeated. Results at the two time periods were

evaluated using Kappa statistics to check intra- and inter-observer reproducibility, compared to the gold standard. The values obtained for Kappa were > 0.70 .

Diagnostic ability for both radiographic method and tomographic method (considering voxel resolution) was measured by specificity, sensitivity and accuracy findings. The mean values for specificity, sensitivity and accuracy among the three examiners were used. The consensus among the examiners was determined. Statistical analysis was carried out by the software SPSS v.19.0 for Windows (SPSS, Chicago, IL, USA). The Kappa index was employed to check the agreement between the consensus and the gold standard in each subgroup.

RESULTS

The radiographic images of a tooth with VRF are shown in **Figure 1** and the tomographic scans with all the voxel resolution are shown in **Figure 2**.

The mean values for sensitivity, specificity and accuracy for each voxel size (0.4mm, 0.3mm, 0.2mm) and radiograph in each group were shown in **Table 1**. It was observed that the 0.2-mm voxel sensitivity, specificity and accuracy were higher than the other groups. The sensitivity values decreased for higher voxel sizes. However, the specificity values were constant, except for the 0.4-mm voxel images.

The Kappa values for the agreement between the observer's consensus and the gold standard is shown in **Table 2**. It was observed a reduction in the Kappa value with the increase of the voxel size. Radiograph examination showed values similar to the 0.3-mm voxel images, except for teeth that had the metallic intracanal post. A significant reduction in the Kappa value was observed when the 0.2-mm and 0.3mm voxel images were compared in endodontically treated roots. A high

consensus in the detection of VRF was observed for the 0.2-mm and 0.3-mm voxel groups, especially in teeth presenting metallic intracanal post ($Kappa = 0.80$). There was a reduction in the Kappa values for the results provided by the radiographic and 0.4-mm voxel images, respectively

DISCUSSION

Although it is known that CBCT provides more accurate imaging information about the diagnosis of endodontic diseases and conditions, there is a little evidence on the influence of the root canal filling or the presence of a metallic post in the detection of VRF. Using the conventional radiographic approach with horizontal angle variation and the CBCT with different voxel sizes allowed comparisons to be made of the diagnosis of VRF in roots presenting the above mentioned conditions.

CBCT seems to improve the diagnostic ability of VRF because it allows visualizing the image from multiple angles and different orientations at very thin slices without overlapping the structures (13, 21). Liedke *et al.* (22) and Mello *et al.* (17) reported that different voxel sizes during examination results in different diagnostic abilities for simulated external root resorption cavities and VRF, respectively. The dose of radiation should be always considered when an imaging exam is requested, and it is known that the voxel size is directly linked to patient's exposure to radiation (13, 23). Even though the CBCT tends to be adopted as the 3D imaging choice in the next years, the conventional radiograph examination is the most frequent adjunct diagnostic tool that is available in the dental office. In the present study, the conventional radiographs, with three different horizontal angulations to improve the ability of this method, and CBCT scans with 3 different voxel sizes (0.2, 0.3 and 0.4) were compared to test the ability to detect simulated VRF.

The radiographic examination showed similar ability to detect VRF when compared to 0.2 and 0.3-voxel CBCTs scans in roots without endodontic treatment and metallic post. The results were different from the previously reported by Mora *et al.* (24) and Hassan *et al.* (20). The increase in the conventional radiograph's sensibility and specificity is probably associated with the use of 3 different horizontal angulations, as suggested by Özer and Kamburoglu *et al.* (8, 25). The presence of root canal filling and metallic post promoted a reduction in the radiograph sensibility and no alteration in the specificity, as reported also by Hassan *et al.* (20). Mora *et al.* (24) pointed out that the absence of soft tissues and the surrounding alveolar/cortical bone is a critical factor that might be considered and it should influence the results. However, the results support the concept that the conventional radiograph examination associated with horizontal angular variation can be an important tool to detect VRFs, especially in teeth without endodontic treatment and metallic posts.

The overall specificity, sensitivity and accuracy findings for the VRFs detection were high and similar for both 0.2 and 0.3-voxel resolution scans for empty root canals. However, the 0.2-voxel scans seemed to be the best diagnostic approach when the root canal has a filling or the metallic post. The image quality is directly affected by the protocol for achieving the image in the CBCT examination, especially the voxel size (26). At the same time, the 0.3-mm voxel resolution scans need a short time for image acquisition, which reduces patient exposure to x-rays (13, 23). Although, Melo *et al.* (17) suggested that the 0.2-mm should be used to detect VRF despite the root canal condition, the results from the present study support the utilization of 0.3-mm voxel resolution to investigate the presence of VRF in empty roots.

The root canal filling and the metallic post exerted a higher influence over the specificity of CBCT than over its sensitivity. Previous studies reported a decrease in the CBCT specificity when the root canal filling was present, imputing its reduction on the streaking artifacts (20, 26). However, there was no alteration in the CBCT accuracy for detecting VRFs. The high specificity could be explained by the fact that, once radiopaque materials create streaking artifacts that mimic fracture lines, most teeth were scored negatively for VRF, avoiding false-positive results and, thus, explaining the high values detected.

In the present study, the 0.2-mm voxel resolution allowed a high detection of VRF, regardless the root canal condition. However, for empty roots both 0.2-mm and 0.3-mm voxel resolutions had similar results for the tested parameters, so this last one should be an interesting resolution for detecting VRF, because the radiation dose is lower than 0.2-mm voxel scans. Therefore, the radiographic examination should be the first adjunctive imaging resource to assess the presence of VRF. The horizontal angle variation should be also encouraged as a complementary approach if the suspected VRF was not detected previously. If conventional imaging was not able to provide adequate information, the CBCT must be indicated as the imaging method to assess the presence of VRFs considering the root condition for the protocol.

REFERENCES

1. Cohen S, Blanco L, Berman L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 2003;134(4):434-441.

2. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endod Topics* 2006;13:84-94.
3. Testori T, Badino M, Castagnola M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod* 1993;19(2):87-91.
4. Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Kaplavi J. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod* 1999;25(7):506-508.
5. Tsesis I, Rosen E, Tamse A, Taschieri S, Kfir A. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod* 2010;36(9):1455-1458.
6. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007;33(9):1121-1132.
7. Chen SC, Chueh LH, Hsiao CK, Wu HP, Chiang CP. First untoward events and reasons for tooth extraction after nonsurgical endodontic treatment in Taiwan. *J Endod* 2008;34(6):671-674.
8. Ozer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod* 2010;36(7):1245-1249.
9. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009;2009:634567.
10. Kositbowornchai S, Nuansakul R, Sikram S, Sinahawattana S, Saengmontri S. Root fracture detection: a comparison of direct digital radiography with conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30(2):106-109.
11. Tsesis I, Kamburoglu K, Katz A, Tamse A, Kaffe I, Kfir A. Comparison of digital with conventional radiography in detection of vertical root fractures in endodontically treated maxillary premolars: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(1):124-128.
12. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009;42(6):463-475.
13. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72(1):75-80.
14. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35(4):219-226.
15. Bernardes RA, de Moraes IG, Hungaro Duarte MA, Azevedo BC, de Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(2):270-277.

16. Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Aiji E, et al. Effects of image artifacts on gray-value density in limited-volume cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104(6):829-836.
17. Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu M, Jr., Correa LR, Correa M. Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod* 2010;36(11):1879-1882.
18. 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(6):805-809.
19. Huybrechts B, Bud M, Bergmans L, Lambrechts P, Jacobs R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. *Int Endod J* 2009;42(8):675-685.
20. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009;35(5):719-722.
21. 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):1558-1564.
22. Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 2009;35(2):233-235.
23. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32(4):229-234.
24. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(6):825-829.
25. Kamburoglu K, Murat S, Yuksel SP, Cebeci AR, Horasan S. Detection of vertical root fracture using cone-beam computerized tomography: an in vitro assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109(2):e74-81.
26. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010;36(1):126-129.

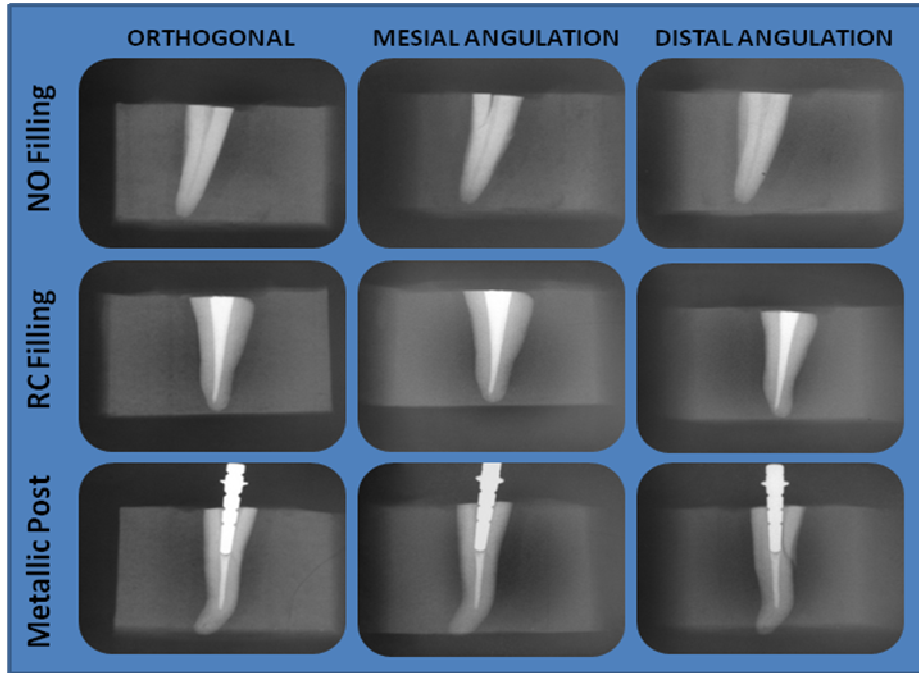


Figure 1: The radiographic images of teeth with VRF.

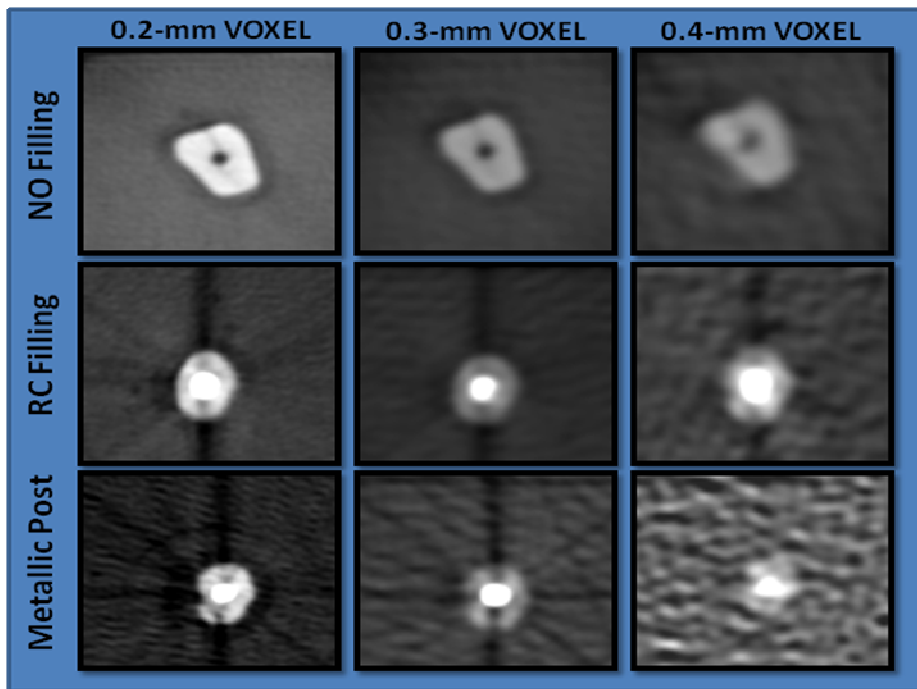


Figure 2: Tomographic scans with all the voxel resolution.

Table 1. Mean values of sensitivity, specificity and accuracy for each group, regarding the diagnostic method.

	Cone Beam Computed Tomography									Radiographic Examination		
	0.2-mm voxel			0.3-mm voxel			0.4-mm voxel			No RC filling	RC Filling	Metallic post
	No RC filling	RC Filling	Metallic post	No RC filling	RC Filling	Metallic post	No RC filling	RC Filling	Metallic post	No RC filling	RC Filling	Metallic post
Sensitivity	0.97	0.97	0.83	0.87	0.67	0.63	0.76	0.60	0.57	0.93	0.63	0.47
Specificity	1.00	0.93	0.80	0.97	0.74	0.91	0.80	0.70	0.59	0.83	0.83	0.97
Accuracy	0.98	0.95	0.82	0.92	0.70	0.68	0.77	0.65	0.57	0.88	0.88	0.72

Table 2. Kappa values for the consensus versus the gold standard.

	Cone Beam Computed Tomography			Radiographic Evaluation
	0.2-mm voxel	0.3-mm voxel	0.4-mm voxel	
No RC filling	1.00	0.90	0.60	0.90
RC filling	1.00	0.50	0.40	0.50
Metallic post	0.80	0.80	0.10	0.40

Considerações Finais

Muitas pesquisas envolvendo o diagnóstico de fraturas radiculares verticais abordando aspectos clínicos e imaginológicos vêm sendo publicadas. No entanto, as características destas, como *in vitro* ou *in vivo*, metodologia de indução de fraturas e imagens utilizadas para visualização das mesmas, são muito variadas.

As imagens radiográficas utilizadas para a visualização das FRV neste estudo indicaram uma boa capacidade diagnóstica deste tipo de exame. Os resultados de sensibilidade e especificidade situaram-se entre os alcançados pelos menores tamanhos de voxel, ou seja, semelhantes às melhores resoluções de TCFC. No entanto, essa capacidade é diminuída com a presença de obturação e pino metálico no canal radicular, assim como ocorre nos demais tipos de imagem.

Nos dentes com conduto vazio, o exame radiográfico utilizando a técnica de dissociação com três angulações horizontais, demonstrou elevado desempenho diagnóstico. Logo, destaca-se a importância da radiografia periapical como o exame de primeira escolha no diagnóstico de FRV. Considerando-se a relação custo-benefício, a facilidade de acesso, a rapidez e, em especial, a redução na dose de radiação ao paciente, muitos casos podem ser bem diagnosticados quando se utilizar toda a potencialidade da técnica radiográfica.

Nos casos em que, após a investigação com a técnica periapical adequada, ainda persistir dúvida clínica, os recursos de imagem por meio da TCFC necessitam ser buscados. Nesta situação, deve-se levar em consideração a condição do canal radicular. Frente a dentes com condutos vazios, o mais indicado para a aquisição volumétrica é o protocolo com resolução de voxel 0,3 mm pela capacidade diagnóstica semelhante ao voxel 0,2 mm, com a vantagem de menor exposição do paciente à radiação X. Já em dentes com condutos tratados endodonticamente, associados ou não à presença de pinos metálicos, deve-se eleger o protocolo com resolução de voxel 0,2 mm, que, nestes casos, apresenta melhor capacidade diagnóstica.

Referências

1. COHEN, S.L.; BERMAN, L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc*, v. 134, n. 4, p. 434-441, 2003.
2. TAMSE, A.; FUSS, Z.; LUSTIG, J.; KAPLAVI, J. An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod*, v. 25, n. 7, p. 506-508, 1999.
3. FUSS, Z.; LUSTIG, J.; TAMSE, A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J*, v. 32, n. 4, p. 283-286, 1999.
4. CHAN, C.P.; LIN, C.P.; TSENG, S.C.; JENG, J.H. Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth: a survey of 315 cases in Chinese patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 87, n. 4, p.504-507, 1999.
5. LLENA-PUY, M.C.; FORNER-NAVARRO, L.; BARBERO-NAVARRO, I. Vertical root fracture in endodontically treated teeth: a review of 25 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 92, n. 5, p.553-555, 2001.
6. SANTOS, A.F.; TANAKA, C.B.; LIMA, R.G.; ESPOSITO, C.O.; BALLESTER, R.Y.; BRAGA, R.R.; ET AL. Vertical root fracture in upper premolars with endodontic posts: finite element analysis. *J Endod*, v. 35, n. 1, p. 117-120, 2009.
7. TESTORI, T.; BADINO, M.; CASTAGNOLA, M. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases. *J Endod*, v. 19, n. 2, p. 87-91, 1993.
8. COHENCA, N.; SIMON, J.H.; MATHUR, A.; MALFAZ, J.M. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol*, v. 23, n. 2, p. 105-113, 2007.
9. YOUSSEFZADEH, S.; GAHLEITNER, A.; DORFFNER, R.; BERNHART, T.; KAINBERGER, F.M. Dental vertical root fractures: value of CT in detection. *Radiology*, v. 210, n. 2, p. 545-549, 1999.
10. HASSAN, B.; METSKA, M.E.; OZOK, A.R.; VAN DER STELT, P.; WESSELINK, P.R. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod*, v. 35, n. 5, p. 719-722, 2009.
11. TSEHIS, I.; KAMBUROGLU, K.; KATZ, A.; TAMSE, A.; KAFFE, I.; KFIR, A. Comparison of digital with conventional radiography in detection of vertical root fractures in endodontically treated maxillary premolars: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 106, n. 1, p. 124-128, 2008.
12. WENZEL, A.; HAITER-NETO, F.; FRYDENBERG, M.; KIRKEVANG, L.L. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 108, n. 6, p. 939-945, 2009.

13. KAMBUROGLU, K.; MURAT, S.; PEHLIVAN, S.Y. The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dent Traumatol*, v. 26, n. 1, p. 47-51, 2010.
14. BERNARDES, R.A.; DE MORAES, I.G.; HUNGARO DUARTE, M.A.; AZEVEDO, B.C.; DE AZEVEDO, J.R.; BRAMANTE, C.M. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 108, n. 2, p. 270-277, 2009.
15. NAIR, M.K.; NAIR, U.D.P.; GRONDAHL, H.G.; WEBBER, R.L.; WALLACE, J.A. Detection of artificially induced vertical radicular fractures using tuned aperture computed tomography. *Eur J Oral Sci*, v. 109, n. 6, p. 375-379, 2001.
16. OZER, S.Y. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod*, v. 36, n. 7, p. 1245-1249, 2010.
17. KAMBUROGLU, K.; MURAT, S.; YUKSEL, S.P.; CEBECI, A.R.; HORASAN, S. Detection of vertical root fracture using cone-beam computerized tomography: an in vitro assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 109, n. 2, p. 74-81, 2010.
18. KAMBUROGLU, K.; ILKER CEBECI, A.R.; GRONDAHL, H.G. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. *Dent Traumatol*, v. 25, n. 3, p. 256-261, 2009.
19. SCARFE, W.C.; FARMAN, A.G.; SUKOVIC, P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*, v. 72, n. 1, p. 75-80, 2006.
20. SCARFE, W.C.; LEVIN, M.D.; GANE, D.; FARMAN, A.G. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* v. 2009, p.634567, 2009.
21. DE VOS, W.; CASSELMAN, J.; SWENNEN, G.R. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 38, n. 6, p. 609-625, 2009.
22. DA SILVEIRA, H.L.; SILVEIRA, H.E.; LIEDKE, G.S.; LERMEN, C.A.; DOS SANTOS, R.B.; DE FIGUEIREDO, J.A. Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofac Radiol*, v. 36, n. 7, p. 393-396, 2007.
23. COTTON, T.P.; GEISLER, T.M.; HOLDEN, D.T.; SCHWARTZ, S.A.; SCHINDLER, W.G. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*, v. 33, n. 9, p. 1121-1132, 2007.
24. PATEL, S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*, v. 42, n. 6, p. 463-475, 2009.
25. LIEDKE, G.S.; DA SILVEIRA, H.E.; DA SILVEIRA, H.L.; DUTRA, V.; DE FIGUEIREDO, J.A. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod*, v. 35, n. 2, p. 233-235, 2009.

26. GAO, Y.; PETERS, O.A.; WU, H.; ZHOU, X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod*, v. 35; n. 2, p. 269-274, 2009.
27. MICHETTI, J.; MARET, D.; MALLET, J.P.; DIEMER, F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod*, v. 36, n. 7, p. 1187-1190, 2010.
28. MAH, J.K.; DANFORTH, R.A.; BUMANN, A.; HATCHER, D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 96, n. 4, p. 508-513, 2003.
29. HOLBERG, C.; HEINE, A.K.; GEIS, P.; SCHWENZER, K.; RUDZKI-JANSON, I. Three-dimensional soft tissue prediction using finite elements. Part II: Clinical application. *J Orofac Orthop*, v. 66, n. 2, p. 122-134, 2005.
30. TSIKLAKIS, K.; DONTA, C.; GAVALA, S.; KARAYIANNI, K.; KAMENOPOULOU, V.; HOURDAKIS, C.J. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol*, v. 56, n. 3, p. 413-417, 2005.
31. SWENNEN, G.R.; SCHUTYSER, F.; BARTH, E.L.; DE GROEVE, P.; DE MEY, A. A new method of 3-D cephalometry Part I: the anatomic Cartesian 3-D reference system. *J Craniofac Surg*, v. 17, n.2, p. 314-325, 2006.
32. SANDERS, M.A.; HOYJBERG, C.; CHU, C.B.; LEGGITT, V.L.; KIM, J.S. Common orthodontic appliances cause artifacts that degrade the diagnostic quality of CBCT images. *J Calif Dent Assoc*, v. 35, n. 12, p. 850-857, 2007.
33. KATSUMATA, A.; HIRUKAWA, A.; OKUMURA, S.; NAITOH, M.; FUJISHITA, M.; ARIJI, E.; ET AL. Effects of image artifacts on gray-value density in limited-volume cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 104, n. 6, p. 829-836, 2007.
34. SOGUR, E.; BAKSI, B.G.; GRONDAHL, H.G. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *Int Endod J*, v. 40, n. 3, p. 179-185, 2007.
35. HUYBRECHTS, B.; BUD, M.; BERGMANS, L.; LAMBRECHTS, P.; JACOBS, R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. *Int Endod J*, v. 42, n. 8, p. 675-685, 2009.
36. MOURA, M.S.; GUEDES, O.A.; DE ALENCAR, A.H.; AZEVEDO, B.C.; ESTRELA, C. Influence of length of root canal obturation on apical periodontitis detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *J Endod*, v. 35, n. 6, p. 805-809, 2009.
37. MORA, M.A.; MOL, A.; TYNDALL, D.A.; RIVERA, E.M. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 103, n. 6, p. 825-829, 2007.
38. MELO, S.L.; BORTOLUZZI, E.A.; ABREU, M.JR.; CORREA, L.R.; CORREA, M. Diagnostic ability of a cone-beam computed tomography scan to assess longitudinal root fractures in prosthetically treated teeth. *J Endod*, v. 36, n. 11, p. 1879-1882, 2010.

39. LUDLOW, J.B.; DAVIES-LUDLOW, L.E.; BROOKS, S.L.; HOWERTON, W.B. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol*, v. 35, n. 4, p. 219-226, 2006.
40. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION COUNCIL ON SCIENTIFIC AFFAIRS. The Use of Dental Radiographs: Update and Recommendations. *J. Am. Dent. Assoc.*, Chicago, v.137, n. 9, p. 1304-1312, 2006.
41. TSEH, I.; ROSEN, E.; TAMSE, A.; TASCHIERI, S.; KFIR, A. Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod*, v. 36, n. 9, p. 1455-1458, 2010.

Anexo

1. Carta de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS.