



HELENA AGUIAR RIBEIRO DO NASCIMENTO

**DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS EM
RADIOGRAFIAS CONVENCIONAIS E DIGITAIS OBTIDAS EM
TRÊS DIFERENTES SISTEMAS NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE
MATERIAL INTRACANAL**

Piracicaba

2014



**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba**

HELENA AGUIAR RIBEIRO DO NASCIMENTO

**DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS EM
RADIOGRAFIAS CONVENCIONAIS E DIGITAIS OBTIDAS EM
TRÊS DIFERENTES SISTEMAS NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE
MATERIAL INTRACANAL**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do Título de Mestra em Radiologia Odontológica, na Área de Radiologia Odontológica.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Deborah Queiroz de Freitas França

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pela aluna Helena Aguiar Ribeiro do Nascimento e orientada pela Prof(a). Dr(a). Deborah Queiroz de Freitas França.

Piracicaba
2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

N17d Nascimento, Helena Aguiar Ribeiro do, 1986-
Detecção de fraturas radiculares verticais em radiografias convencionais e digitais obtidas em três diferentes sistemas na presença e ausência de material intracanal / Helena Aguiar Ribeiro do Nascimento. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Deborah Queiroz de Freitas França.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Fraturas dos dentes. 2. Radiografia dentária digital. 3. Diagnóstico por imagem. I. Freitas, Deborah Queiroz de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Detection of vertical root fractures in conventional and digital radiography obtained in three different systems in the presence and absence of intracanal materials

Palavras-chave em inglês:

Tooth fractures

Radiography, dental, digital

Diagnostic imaging

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestra em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Deborah Queiroz de Freitas França [Orientador]

Solange Maria de Almeida Bóscolo

Rívea Inês Ferreira

Data de defesa: 21-02-2014

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 21 de Fevereiro de 2014, considerou a candidata HELENA AGUIAR RIBEIRO DO NASCIMENTO aprovada.

Deborah Queiroz de Freitas

Profa. Dra. DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS FRANÇA

Rívea Inês Ferreira

Profa. Dra. RIVEA INÊS FERREIRA

Solange Maria de Almeida Boscolo

Profa. Dra. SOLANGE MARIA DE ALMEIDA BOSCOLO

RESUMO

O objetivo no presente estudo foi avaliar a detecção de fraturas radiculares verticais (FRVs) em radiografias convencionais (RCs) e obtidas em três sistemas digitais com diferentes condições intracanal. Foram utilizados 40 dentes humanos unirradiculares com as coroas seccionadas na junção cimento-esmalte. Em seguida, os dentes foram divididos em dois grupos com 20 dentes em cada: grupo controle sem fratura e grupo com FRV. As FRVs foram induzidas em uma máquina de ensaio universal. Após, todos os dentes foram posicionados individualmente no alvéolo de uma secção mandíbula humana seca. Foram obtidas imagens de todos os dentes de acordo com a condição intracanal: sem preenchimento, com guta-percha, com pino metálico e com pino de fibra de vidro. As imagens foram obtidas utilizando-se a técnica do paralelismo e três incidências (orto, méso e distorradial), com filme convencional (Kodak), placas de armazenamento de fósforo (Digora Optime® e VistaScan®) e um sensor CMOS (SnapShot®). Todas as imagens foram avaliadas por cinco examinadores em uma escala de 5 pontos. Após trinta dias, 25% da amostra foi reavaliada. As reprodutibilidades intra e interexaminador foram avaliadas por meio do Teste Kappa ponderado. Foram calculados os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia, valores preditivos positivo e negativo. A comparação das avaliações com o padrão-ouro foi obtida utilizando a área sob a curva ROC, comparadas por meio da análise de variância dois critérios com teste *post-hoc* de Tukey e nível de significância de 5%. As reprodutibilidades intra e interexaminador exibiram valores de moderado a substancial. Apenas a sensibilidade apresentou diferença significativa entre as modalidades de imagem, com valores superiores para o SnapShot (53,3%) e VistaScan (46,0%), seguidos pela RC (41,0%) e Digora (37,5%). Ainda o sistema SnapShot (0,82) apresentou área sob a curva ROC maior que os demais (VistaScan: 0,70; Digora: 0,64; RC: 0,68) na presença do pino de fibra de vidro. Foi possível concluir que todas as modalidades de exame apresentaram um bom desempenho no diagnóstico de FRV na ausência de material intracanal e inferior na presença do pino metálico ou guta-percha. Na condição com pino de fibra de vidro, sistemas digitais com maiores resoluções devem ser preferidos. Palavras-chave: Fraturas dos dentes. Radiografia dentária digital. Diagnóstico por imagem.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the detection of vertical root fractures (VRFs) in conventional radiography (CR) and three digital systems in teeth with different intracanal condition. The sample consisted of forty single-rooted human teeth, in which the crowns were sliced at the cemento-enamel junction. Then, the teeth were divided equally in two groups: control without fracture and root fracture. The VRFs were induced through a universal testing machine. After this process, all teeth were individually placed in a dry mandible. The images were obtained of all teeth according to the intracanal condition: no filling, gutta-percha, metal and fiberglass post. The images were obtained using the parallelism technique with three different horizontal angulations (ortho, mesial and distorradial) with conventional film (CF) (Kodak), two storage phosphor plates (Digora Optime® and VistaScan®) and one CMOS sensor system (SnapShot®). All images were evaluated by five examiners on a 5-point scale. After thirty days, 25% of the images were re-evaluated. The intra and interobserver reproducibility were calculated using the weighted-kappa test. Values of sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values were calculated. The area under the ROC curve of all modalities in the presence of different intracanal materials was calculated and compared using the two-way analysis of variance (ANOVA) with *post-hoc* Tukey test and a significance level of 5%. The intra- and interobserver reproducibility values ranged from moderate to substantial. Only the sensitivity showed a significant difference between imaging modalities, with higher values for SnapShot (53,3%) and VistaScan (46,0%), followed by the CR (41,0%) and Digora (37,5%). Also SnapShot (0,82) had an area under the ROC curve greater than the others in the fiberglass post group (VistaScan: 0,70; Digora: 0,64; CR: 0,68). It was concluded that all imaging modalities had a good performance in the diagnosis of VRF in the absence of intracanal materials and lower in the presence of the metal post or gutta-percha. In the fiberglass post group, digital systems with higher resolution should be used.

Key Words: Tooth fractures. Digital dental radiography. Diagnostic imaging.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	xiii
AGRADECIMENTOS.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	3
3 PROPOSIÇÃO.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 Aspectos Éticos.....	18
4.2 Seleção e Preparo da Amostra.....	18
4.3 Realização das Fraturas.....	19
4.4 Divisão dos Grupos de Dentes.....	21
4.5 Preparo do Phantom e Obtenção das Imagens Radiográficas.....	21
4.6 Avaliação das Imagens.....	24
4.7 Análise Estatística.....	25
5 RESULTADOS.....	27
6 DISCUSSÃO.....	31
7 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
ANEXO.....	45

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação, com todo o meu amor, à minha família, o bem mais precioso que Deus me concedeu.

AGRADECIMENTOS

A **Deus** e a **Nossa Senhora Aparecida**, por estarem sempre ao meu lado.

À **Paróquia Nossa Senhora dos Prazeres** e ao **Padre Edivaldo Nascimento**, pelo acolhimento.

À minha mãezona, **Maria das Graças Aguiar**, a quem devo a vida e tudo que conquistei até hoje, meu amor incondicional! Ao meu pai, **Nilfrance Ribeiro do Nascimento**, por todo o apoio.

Às minhas queridas irmãs, **Veridiana, Catarina, Marília e Germana**, e a prima-irmã **Nara**, por torcerem por cada conquista como se fosse delas, por todo amor, incentivo e até brigas.

Às minhas avós **Carmélia, Lourdes e Julieta**, por todos os valores e princípios transmitidos.

A **todos da minha família**, meus queridos avós, tios, e primos.

A **Paulo José**, por toda compreensão e amor; à **família Carneiro Leão** pela torcida.

Às queridas amigas da UEPB, **Cely, Nayara, Patrícia e Rúbia**.

Aos amigos de infância **Mônica, Morena, Tânia e Walker**.

À **Karla Rovaris** por todo incentivo e recepção em Piracicaba.

Aos amigos **Ana Caroline Ramos de Brito, Francielle Silvestre Verner, Ilana Sanamaika Queiroga Bezerra, Liana Matos Ferreira, Maria Augusta Portella Guedes Visconti, Priscila Dias Peyneau e Saione Cruz Sá**, por tornarem a vida mais feliz em Piracicaba.

A **Frederico Sampaio Neves e Sergio Lins de Azevedo Vaz**, por serem meus “padrinhos” em Piracicaba.

À **Thaís**, pelo auxílio nesta pesquisa.

Aos **examinadores**, que realizaram a avaliação desta pesquisa.

Aos alunos da Radiologia, **Amaro Ilídio Vespasiano Silva, Anne Caroline Costa Oenning, Carolina Cintra Gomes, Danieli Moura Brasil, Débora de Melo Távora, Débora Duarte Moreira, Eliana Dantas da Costa, Gabriella Lopes de Rezende**

Barbosa, Gina Delia Roque Torres, Gustavo Machado Santaella, Laura Ricardina Ramírez Sotelo, Leonardo Vieira Peroni, Luciana Jácome Lopes, Karla de Faria Vasconcelos, Manuella Dias Furtado Belém, Maria Beatriz Carrazzone Cal Alonso, Matheus Lima de Oliveira, Mayra Cristina Yamasaki, Monikelly do Carmo Chagas do Nascimento, Paulo de Tarso Silva de Macêdo, Phillipe Nogueira Barbosa Alencar, Rafaela Argento, Taruska Ventorini Vasconcelos, Thiago Oliveira Souza, Thiago de Oliveira Gamba e Yuri Nejaim, pelo convívio e aprendizado diário.

Aos Professores da Radiologia da UEPB, **Ricardo Villar Beltrão, Denise Nóbrega Diniz e Patrícia Meira Bento**, por me apresentarem a disciplina de Radiologia, me receberem como monitora e me incentivarem a estudar na presente instituição.

À minha querida orientadora **Prof(a). Dr(a). Deborah Queiroz de Freitas**, maior presente que recebi em Piracicaba, a quem devo a realização deste trabalho.

Ao Professor **Dr. Frab Norberto Bóscolo** e a **Prof(a). Dr(a). Solange Maria de Almeida**, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Professor **Dr. Francisco Haiter Neto**, pelo dom de transformar e transmitir o difícil da maneira mais simples.

Aos **Professores Adriana de Jesus Soares, Christiano de Oliveira Santos e Francisco Haiter Neto**, por toda contribuição concedida no exame de qualificação desta dissertação.

Aos professores **Flávia Maria de Moraes Ramos-Perez, Francisco Haiter Neto, Rívea Inês Ferreira e Solange Maria de Almeida**, por aceitarem participar da banca da defesa da dissertação.

A todos os funcionários da FOP/UNICAMP, em especial, a **Fernando e Waldeck** por todos os ensinamentos e por não medirem esforços para ajudar; à **Giselda**; e à supersecretária **Lú**, por todo o carinho e cuidado dedicados a todos os alunos da pós-graduação.

Ao **Colégio Imaculada Conceição – Damas**, onde tudo começou, por formarem não só o estudante, mas também o ser humano.

À **Faculdade de Odontologia de Campina Grande da Universidade Estadual da Paraíba**, por tornarem a profissional que sou hoje.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), na pessoa do Magnífico Reitor **Prof. Dr. José Tadeu Jorge**.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa de seu Diretor, **Prof. Dr. Jacks Jorge Júnior**.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, na pessoa da Coordenadora **Prof(a). Dr(a).Gláucia Maria Bovi Ambrosano**.

À **CAPES** pela concessão da bolsa de mestrado.

À **FAPESP** pelo auxílio pesquisa.

1 INTRODUÇÃO

As fraturas radiculares (FRs) compreendem entre 0,5 e 7% das lesões que afetam a dentição permanente, ocorrendo com mais frequência nos incisivos centrais superiores, gênero masculino (Kositbowornchai et al., 2001; Marjorana et al., 2002). São classificadas como verticais, horizontais e oblíquas, dependendo da direção da linha de fratura em relação ao longo eixo do dente. Podem estar envolvidos tanto os dentes sem tratamento endodôntico como os tratados endodonticamente.

As fraturas radiculares verticais (FRVs) apresentam-se normalmente como uma linha incompleta ou completa, que se estende ao longo do eixo longitudinal da raiz, podendo produzir bolsas periodontais profundas e estreitas em um ou ambos os lados e mobilidade dentária. Nas imagens radiográficas, podem-se observar uma área radiolúcida apical e/ou lateral ao longo da superfície da raiz ou até mesmo sua separação completa. A combinação desses sinais clínicos e radiográficos é patognomônica de FRV (Llena-Puy et al., 2001); porém, muitas vezes, o diagnóstico é difícil, devido à ausência de sinais e sintomas clínicos, à largura da linha de fratura, sua localização e extensão, e a sobreposição de outras estruturas na raiz, como a cortical alveolar. Dessa forma, sua apresentação clínica e aparência radiográfica ainda representam um desafio para os clínicos. Um diagnóstico incorreto pode acarretar, muitas vezes, em cirurgias desnecessárias e até mesmo em exodontias. A história clínica associada ao exame físico e radiográfico podem fornecer informações valiosas que indicam a presença de FRV.

A radiografia periapical é o método de imagem mais utilizado para auxiliar no diagnóstico de FRV. Nesse exame, as linhas de fratura só podem ser visualizadas se o feixe de raios X incidir paralelamente em sua direção. São recomendadas duas ou mais radiografias com variação na angulação horizontal de 15 a 20 graus para aumentar a probabilidade de detecção da fratura (Kositbowornchai et al., 2003; Wenzel & Kirkevang, 2005).

Com os avanços tecnológicos, a radiografia digital (RD) tornou-se amplamente utilizada na Odontologia. Foram introduzidos vários sistemas digitais intrabuciais, divididos em grupos, de acordo com seus receptores: os sensores sólidos (CCD - *charge coupled*

device; CMOS - *complementary metal oxide semiconductor*) e as placas de armazenamento de fósforo (PSP – *phosphor storage plates*). Esses receptores de imagem digital são ainda classificados em diretos (CCD e CMOS) e semidiretos (PSP).

Com as imagens digitais, geralmente há diminuição do tempo de trabalho, menor dose de radiação para o paciente, maior sensibilidade e altas resoluções espaciais, além da possibilidade de manipulação da imagem. Porém, apesar das vantagens e ampla utilização dos sistemas digitais, esses ainda não substituíram completamente as radiografias convencionais (RCs).

Muitos estudos demonstraram que a eficácia da radiografia digital tem sido comparada à convencional no diagnóstico de cáries dentárias (Wenzel et al., 2007; Haiter-Neto et al., 2008; Pontual et al., 2010; Abesi et al., 2012), de lesões periapicais (Soğur et al., 2009; Ozen et al., 2009) e de lesões periodontais (Pass et al., 1994). Além disso, estudos avaliaram a acurácia de sistemas digitais e dos filmes convencionais no diagnóstico de fratura radicular, evidenciando desempenho semelhante entre as duas modalidades em dentes sem tratamento endodôntico (Kositbowornchai et al., 2001; Tofangchiha et al., 2011; Kondylidou-Sidira et al., 2013; Shintaku et al., 2013) e dentes tratados endodonticamente (Tsisis et al., 2008); e, desempenho superior de um sistema digital direto (RVG-uiTM) em relação a um sistema digital semidireto (Digora®) em dentes não tratados (Wenzel & Kirkevang, 2005).

Considerando que atualmente existe uma grande variedade de sistemas digitais disponíveis; que a maioria dos estudos comparou apenas um sistema digital com a RC no diagnóstico de FR, não havendo comparação de vários sistemas com tecnologias diferentes entre si; que somente um estudo utilizou a tecnologia CMOS (Kambungton et al., 2012); que a maioria dos estudos foi desenvolvida sem a presença de material intracanal, um dos principais fatores de risco da FRV, dificultando sua visualização; sabendo-se ainda que a eficácia dos sistemas pode ser relativa, visto que um pode ser superior em um determinado tipo de diagnóstico, no entanto, pode ser inferior para outra tarefa; e que a radiografia periapical deve ser o exame inicial nesse tipo de diagnóstico, julga-se importante pesquisar e validar sistemas digitais de diferentes marcas e tecnologias no diagnóstico de FRV.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Kositbowornchai et al., em 2001, compararam a acurácia de diagnóstico da RD e RC na detecção de fratura radicular induzida. Foram realizados preparos endodônticos em 201 dentes humanos unirradiculares, divididos em dois grupos: controle, com 100 dentes; com fratura, com 101 dentes, sendo a maioria vertical ou oblíqua, induzidas por uma cunha com ponta chanfrada em 60° e auxílio de um martelo. Todos os dentes tiveram suas coroas removidas na JCE. Cada dente foi radiografado utilizando-se a técnica periapical do paralelismo com CCD (sistema Sidex) e o filme convencional (filme D). Um único radiologista, com mais de dez anos de experiência, avaliou as imagens sem o conhecimento da distribuição das fraturas radiculares. Os resultados mostraram uma concordância substancial entre o sistema digital e a real condição ($k = 0,71$) e uma moderada concordância entre o filme e a condição real ($k = 0,63$). O nível de concordância da radiografia digital foi ligeiramente melhor do que da radiografia convencional. Entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,2$). Os autores concluíram que, como ferramenta de diagnóstico, as RDs e RCs desempenharam papel semelhante na detecção de FRs.

Estudo realizado por Wenzel & Kirkevang, em 2005, analisou a acurácia de diagnóstico de dois sistemas digitais na detecção de fratura radicular horizontal (FRH) induzida experimentalmente e, ainda, avaliou as diferenças entre as imagens obtidas com angulações horizontais e verticais diferentes. Foram utilizados 47 dentes humanos unirradiculares, inseridos nos alvéolos de um crânio humano seco. Os dentes foram radiografados, antes e após a indução das fraturas radiculares (produzidas com um martelo), com PSP (sistema Digora®) e CCD (sistema RGV-uiTM) em alta resolução. Foram obtidas quatro imagens de cada dente com cada um dos receptores, sendo uma com exposição ortorradial, uma exposição com um ângulo vertical de 15°, e duas exposições com angulação horizontal de 15° para mesial e distal. Três examinadores avaliaram as imagens, sem informação prévia sobre quantas apresentariam fratura, em três sessões: na primeira sessão, as imagens ortorradiais foram avaliadas; na segunda, as imagens com angulação vertical; e na terceira, as quatro imagens obtidas do mesmo dente foram avaliadas

simultaneamente. Os examinadores determinavam se existia ou não a fratura e, se positivo, marcavam com o *mouse* a região onde estava localizada. Os resultados mostraram que as imagens obtidas no sistema digital RGV-uiTM (0,65) apresentaram sensibilidade superior às do Digora® (0,60) ($p < 0,05$). A sensibilidade das quatro imagens avaliadas simultaneamente foi significativamente maior do que as imagens ortorradiais e imagens com angulação vertical ($p < 0,05$). A especificidade não foi estatisticamente diferente nem entre os ângulos, nem entre as imagens dos dois sistemas digitais obtidas com o mesmo ângulo ($p > 0,05$), a média para o RGV-uiTM foi de 0,90 e para o Digora® 0,87 para as imagens avaliadas simultaneamente. A acurácia do examinador 1 com o 2 foi estatisticamente significativa; porém, não houve diferença nem entre a dos examinadores 1 e 3, nem entre a do 2 e do 3. Pôde-se concluir que as imagens obtidas no RGV-uiTM apresentaram maior sensibilidade do que as imagens do Digora® na detecção de FRH e que múltiplas projeções, visualizadas simultaneamente, também forneceram maiores sensibilidades do que quando avaliadas isoladamente. Ainda, foi sugerido que a diferença de resolução espacial entre os dois sistemas digitais explicaria as diferenças na sua sensibilidade.

Tsesis et al. (2008) averiguaram a acurácia de diagnóstico da RC e da RD intrabucal na detecção de FRVs em dentes unirradiculares. A amostra consistiu de 60 pré-molares superiores, extraídos, com tratamento endodôntico, sendo 30 dentes com FRVs sem separação dos fragmentos - grupo experimental, e 30 sem fratura - grupo controle. Foram obtidas imagens com um sensor CCD (sistema Sopix) e radiografias convencionais (filme E/F), com a técnica do paralelismo e incidências ortorradiais e com angulação de 15° para mesial e distal. As imagens foram avaliadas por dois examinadores de forma independente, sendo as três projeções avaliadas simultaneamente. Após quatro semanas, as imagens foram reavaliadas. Os valores de kappa para o primeiro examinador foram de 0,571 para o CCD e 0,625 para o filme; para o segundo examinador, os valores foram de 0,799 (CCD) e 0,543 (filme). Os valores de kappa entre os examinadores foram de 0,445 (CCD) e 0,683 (filme). A especificidade do sistema digital (0,87) foi significativamente melhor ($p = 0,016$) do que a RC (0,63) para o segundo examinador na primeira avaliação. Não houve diferença significativa na sensibilidade e especificidade para ambos os

examinadores entre os dois sistemas nas outras avaliações ($p > 0,05$). A média de sensibilidade para o CCD foi de 0,48 e para a RC 0,38; já a média de especificidade foi de 0,89 para o CCD e 0,87 para a RD. Não foi encontrada diferença entre o sistema digital e a RC na detecção de FRVs nesses dentes; porém, os autores sugeriram estudos comparando outros sistemas digitais.

Em 2009, Kamburoğlu et al. compararam a acurácia de diagnóstico da RC, de dois sistemas digitais intrabucais e da TCFC (Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico) na detecção de FRH simulada. Foram utilizados 36 dentes, sendo 18 com FRHs produzidas por uma força mecânica (martelo), com os fragmentos reposicionados e colados; e 18 dentes, sem fratura, que serviram como grupo controle. Os 36 dentes foram inseridos nos alvéolos anteriores de uma maxila de um crânio seco humano. Foram obtidas radiografias intrabucais com três diferentes ângulos verticais, utilizando um filme convencional (filme E), CCD (sistema RVG 5,0) e PSP (sistema Digora Optime®). As imagens de TCFC foram obtidas no 3D Accuitomo. Três cirurgiões-dentistas radiologistas examinaram individualmente as RCs, as RDs e imagens de TCFC para a presença de FRH em diferentes sessões. As imagens de TCFC revelaram sensibilidade significativamente maior (0,92) do que os sistemas intrabucais (Digora 0,71; RVG 0,68; filme 0,74), com diferença significativa ($p < 0,05$). Não houve diferença estatisticamente significativa na especificidade entre os quatro sistemas (3D Accuitomo 0,97; Digora 0,95; RGV 0,97; filme 0,96). Os valores de kappa para a concordância interexaminador variaram entre 0,82-0,90 (quase perfeito) para as avaliações das imagens da TCFC e entre 0,63-0,71 (substancial) para os diferentes tipos de imagens intrabucais. Os autores concluíram que a TCFC superou as radiografias convencionais e digitais na detecção de FRH simulada; porém, citaram que a TCFC só deve ser considerada quando as radiografias intrabucais não fornecerem informações suficientes para o diagnóstico.

Com o objetivo de comparar a acurácia da TCFC e da RD intraoral e a influência da guta-percha como material intracanal na detecção de FRV, Hassan et al., em 2009, utilizaram 80 dentes (40 pré-molares e 40 molares), com as coroas removidas na JCE e preparados endodonticamente, divididos em quatro grupos, A e B fraturados artificialmente, com o auxílio de um martelo, e C e D, controle. Além disso, os grupos A e

C foram obturados com guta-percha. Os dentes foram posicionados nos alvéolos de 10 mandíbulas humanas secas. Foram obtidas imagens de TCFC no i-CAT e as RD foram obtidas com PSP (sistema Digora®), com a técnica do paralelismo (uma imagem ortorradial e uma com angulação mesial). Quatro examinadores (dois endodontistas e dois estudantes do 4º ano de Odontologia), previamente treinados, avaliaram as imagens quanto à presença ou ausência de FRV. A sensibilidade e a especificidade da TCFC foram de 79,4% e 92,5% e da RD, 37,1% e 95%, respectivamente. A especificidade da TCFC foi reduzida pela presença de material obturador ($p < 0,05$), mas a acurácia geral não foi influenciada ($p = 0,654$). A sensibilidade e a acurácia geral das RDs foram reduzidas pela presença do material obturador ($p = 0,006$; $p = 0,008$). A concordância geral entre os examinadores foi moderada ($k = 0,521$). Não houve diferença significativa na acurácia geral intra e interexaminador para detecção de FRV na TCFC e no sistema digital ($p = 0,76$). Sintetizando, a TCFC apresentou uma acurácia geral superior (0,86) em relação à RD (0,66) na detecção de FRV.

Também em 2009, Wenzel et al. verificaram a acurácia de diagnóstico da RD e da TCFC em várias resoluções na detecção de fratura radicular oblíqua (FRO) produzida experimentalmente e avaliaram as diferenças entre as imagens originais e imagens com filtros. Foram utilizados 69 dentes humanos unirradiculares extraídos, sendo 34 com FRs produzidas artificialmente com um martelo e 35 sem fratura. As imagens foram obtidas utilizando-se a PSP (sistema Digora Optime®) e a TCFC (i-CAT) em duas resoluções (voxel de 0,125 mm e 0,25 mm). As imagens digitais foram salvas no formato original de 8 bits e com filtro Sharpen. As imagens originais da TCFC foram salvas juntamente com as imagens com dois filtros, Sharpen e Angio-Sharpen. Todas as imagens foram avaliadas por 06 examinadores (3 cirurgiões-dentistas radiologistas, 1 endodontista e 2 pós-graduandos em Radiologia) de forma aleatória para a presença ou ausência de fratura radicular; se detectada a presença, o examinador marcava a região da fratura (terço coronal, médio ou apical). As imagens tomográficas originais de alta resolução apresentaram maior sensibilidade ($p < 0,05$) do que as imagens de baixa resolução e imagens do sistema Digora Optime® (resolução de 0,125 mm, 87%; resolução de 0,25 mm, 72%; e PSP, 74%). As imagens com o filtro Angio-Sharpen para ambas as resoluções da TCFC apresentaram

maior sensibilidade ($p < 0,02$) do que as imagens originais (resolução de 0,125 mm: 95% vs 87%; resolução 0,25 mm: 81% vs 72%). Não houve diferença significativa entre as imagens de baixa resolução da TCFC e as imagens do sistema digital. O menor valor de especificidade obtido foi para as imagens originais do Digora (81%). Apenas pequenas diferenças na especificidade foram vistas entre as modalidades e a acurácia foi maior para a alta resolução da TCFC do que para as demais modalidades ($p < 0,03$). As imagens tomográficas em alta resolução da TCFC resultaram no aumento da sensibilidade, sem comprometer a especificidade na detecção de FROs, comparadas com as imagens tomográficas de baixa resolução, que não foram mais acuradas do que as imagens do sistema digital.

Para avaliar a acurácia de diagnóstico da TCFC e da RD intrabucal na detecção de FRVs, Varshosaz et al., em 2010, utilizaram 100 dentes humanos unirradiculares (incisivos, caninos e pré-molares) extraídos, preparados endodonticamente e com as coroas removidas na JCE. Foram induzidas FRVs em 50 dentes, através de uma pressão aplicada por pino, de uma máquina universal, inserido na entrada do canal radicular. Os outros 50 dentes foram utilizados como grupo controle. Os dentes foram inseridos nos alvéolos de uma mandíbula e duas hemi-mandíbulas secas e foram obtidas imagens de TCFC no Promax 3D e RDs com CCD (sistema Trex®). As imagens foram avaliadas por seis examinadores (05 cirurgiões-dentistas radiologistas e 01 residente em radiologia maxilofacial), utilizando uma escala de classificação de 5 pontos para presença/ausência de fratura radicular. A média da área sob a curva ROC (Az) foi de 0,64 para o sistema digital intrabucal e 0,91 para a TCFC. Houve diferença estatisticamente significativa entre as modalidades de exame ($p = 0,003$). A concordância interexaminador foi de 0,637 para o sistema digital intrabucal e 0,750 para a TCFC. Os autores comprovaram que a TCFC foi significativamente melhor do que o sistema digital intrabucal no diagnóstico de FRV.

Em 2010, Hassan et al. pesquisaram a acurácia da TCFC em cinco sistemas diferentes na detecção de FRVs em dentes tratados endodonticamente, avaliando a influência de material intracanal. A amostra consistiu de 80 dentes extraídos, sendo 40 pré-molares e 40 molares, extraídos, preparados endodonticamente, divididos em dois grupos experimentais (Fr-F e Fr-NF) e dois grupos controle (F e NF). Os dentes dos grupos Fr-F e

Fr-NF foram fraturados artificialmente, com o auxílio de um martelo, já os dos grupos F e NF não foram fraturados. Os grupos Fr-F e F foram obturados com guta-percha. Cada grupo consistiu de 10 pré-molares e 10 molares com as coroas seccionadas. Os dentes foram inseridos nos alvéolos de uma mandíbula seca e as imagens foram obtidas utilizando-se o NewTom 3G, Next Generation i-Cat, Galileos 3D, Scanora 3D e 3D Accuitomo-xyz. Dois endodontistas avaliaram as imagens de forma independente. Houve diferença estatisticamente significativa na sensibilidade de detecção de FRV entre os cinco sistemas ($p = 0,00001$). A presença de material intracanal não influenciou na sensibilidade ($p = 0,16$), mas a especificidade foi reduzida ($p = 0,003$). A presença de preenchimento do canal reduziu a especificidade em todos os sistemas ($p = 0,003$), mas não influenciou na acurácia ($p = 0,79$), exceto em um único sistema ($p = 0,012$). Uma das conclusões dos autores foi que a presença de material intracanal reduziu a especificidade em todos os sistemas, mas não influenciou na acurácia geral, exceto no sistema Galileos 3D na detecção de FRVs.

Já Melo et al., também em 2010, analisaram a influência da presença de pinos de ouro e guta-percha na acurácia de diagnóstico da TCFC em dentes com FRVs, além das variações na resolução do voxel. A amostra consistiu de 180 dentes humanos unirradiculares, preparados endodonticamente, com as coroas removidas na JCE, divididos em três grupos experimentais e três grupos controle. Os dentes dos grupos experimentais foram fraturados artificialmente com o auxílio de uma ponta cônica e um martelo. Alguns grupos experimentais e controle foram preenchidos com cones de guta-percha. Outros foram preenchidos com pinos de liga de ouro. Todos os dentes foram visualizados utilizando-se o tomógrafo i-CAT com dois protocolos de resolução de voxel (0,3 mm e 0,2 mm). Um cirurgião-dentista radiologista, previamente treinado, avaliou as imagens. Após 15 dias, as imagens foram reavaliadas. A presença de guta-percha ou pino reduziu a sensibilidade e especificidade geral em ambas as resoluções de voxel, mas sem significância. Os valores de especificidade da TCFC foram semelhantes e não dependeram da resolução do voxel adotado. Em contrapartida, os valores de sensibilidade foram significativamente superiores para a resolução de 0,2 mm de voxel nos dentes sem preenchimento ($p < 0,05$), com guta-percha ($p < 0,001$) e no geral ($p < 0,001$). Os autores concluíram que a presença de pino de ouro e guta-percha reduziu a acurácia de diagnóstico

da TCFC, mas sem associação significativa, além disso, as imagens com resolução de 0,3 mm de voxel demonstraram não ser um protocolo confiável para a investigação de FRVs.

Em estudo realizado por Tofangchiha et al., em 2011, para comparar a acurácia da RD e da RC no diagnóstico de FRVs, foram utilizados 230 dentes humanos unirradiculares extraídos, instrumentados endodonticamente e com as coroas seccionadas na JCE. Os dentes foram divididos em dois grupos, um grupo com 115 dentes, nos quais foram realizadas as FRVs experimentalmente, com o auxílio de uma cunha cônica chanfrada em 60° e um martelo, e um grupo controle com 115 dentes. Cada dente foi radiografado utilizando-se a técnica do paralelismo, com CCD (sistema RVG) e o filme convencional (filme E). Dois cirurgiões-dentistas radiologistas, com mais de 10 anos de experiência, interpretaram as imagens, repetindo o procedimento um mês depois, com metade da amostra. As médias da sensibilidade, especificidade e acurácia foram de 60%, 70% e 65% para a RC e 61%, 78% e 70% para o CCD, respectivamente. Houve concordância moderada entre o CCD e a condição real ($k = 0,391$) e a RC e a condição real ($k = 0,3$). A concordância intra-examinador para a RC foi razoável para o primeiro examinador ($k = 0,515$) e moderada para o segundo observador ($k = 0,439$), enquanto que para a RD foi excelente para ambos ($k = 0,750$). A confiabilidade interexaminador foi moderada para RC ($k = 0,366$) e razoável para RD ($k = 0,538$). Ou seja, não foi observada diferença significativa entre as duas modalidades de imagem. A especificidade do sistema digital foi ligeiramente melhor que da RC, e a acurácia e sensibilidade mostraram pequenas diferenças.

Wang et al. (2011) compararam, em estudo clínico, a acurácia de diagnóstico da TCFC e da RC na detecção de fraturas radiculares e avaliaram a influência da presença de material intracanal. Foram examinados 128 pacientes com suspeita clínica de fratura radicular em 135 dentes. Foram obtidas RCs com a técnica do paralelismo, imagens de TCFC e eventuais explorações cirúrgicas. Dos 135 dentes, 86 não apresentavam tratamento endodôntico e 49 apresentavam material obturador intracanal. As RCs (filme E) e imagens de TCFC (3DX Accuitomo) foram analisadas por dois cirurgiões-dentistas radiologistas, com mais de 05 anos de experiência, previamente treinados, de forma independente; logo após, foi feito o consenso. As imagens das FRs na TCFC foram definidas como uma

separação dos segmentos adjacentes da raiz em pelo menos duas secções contíguas e em pelo menos dois dos planos tridimensionais (3D). No intra-operatório (extração, amputação ou resecção final da raiz), as fraturas radiculares foram detectadas em 95 dos 135 dentes. A sensibilidade e especificidade do diagnóstico de fratura radicular, no consenso entre os dois avaliadores, foram de 26,3% e 100%, respectivamente, para a RC, e 89,5% e 97,5%, respectivamente, para a TCFC. A TCFC foi significativamente mais acurada (91,9%) do que a RC (48,1%) na detecção de FRs ($p < 0,001$). A sensibilidade da TCFC foi reduzida na presença de canais radiculares obturados, mas a especificidade permaneceu inalterada. A sensibilidade e a especificidade da RC não foram influenciadas pela presença de obturações dos canais. Concluindo, a TCFC forneceu imagens de alta qualidade para a detecção de fraturas radiculares e planejamento de tratamento. A sensibilidade das imagens tomográficas para a detecção de fraturas radiculares (89,5%) foi bem mais elevada do que a das RCs (26,3%). A presença de material intracanal não influenciou significativamente na sensibilidade das RCs, mas foi reduzida nas imagens tomográficas. A especificidade geral nas modalidades foi alta e comparável, mantendo-se prejudicada pela presença da obturação dos canais.

Em 2012, Kambungton et al. examinaram a acurácia da TCFC na detecção de FRVs, comparando com RDs e RCs intrabuciais. Foram utilizados 60 dentes humanos unirradiculares, divididos em dois grupos, um grupo controle com 30 dentes e um grupo com FRVs induzidas, com 30 dentes. As fraturas foram realizadas em uma máquina de ensaio universal. Foram obtidas imagens de TCFC (Veraviewepocs 3D), RDs com CMOS (sistema RVG 5000) e RCs (filme E/F) intrabuciais de cada dente. As RDs e RCs foram obtidas pela técnica do paralelismo em três angulações, ortorradial, mesial (20°) e distal (20°). Três cirurgiões-dentistas radiologistas, com mais de 05 anos de experiência, avaliaram a presença de fratura radicular duas vezes (intervalo de duas semanas) em cada modalidade de imagem, utilizando uma escala de classificação de 5 pontos. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística no desempenho das três modalidades (média de valores de Az: TCFC = 0,811, filme = 0,797 e sensor = 0,775, $p = 0,771$). A concordância intra-examinador variou para todas as modalidades, de 0,671 a 0,931 para dois examinadores, considerada substancial a quase perfeita, enquanto, a do terceiro

examinador foi razoável (0,304-0,388). A concordância interexaminador para a RC foi de 0,622, para a RD, 0,539 e para a TCFC, 0,502. Por fim, os autores concluíram que não houve diferença significativa entre a RC, a RD e a TCFC na detecção de FRVs.

Khedmat et al. (2012) compararam a acurácia da RD, da tomografia computadorizada multidetector (TCMD) e TCFC na detecção de FRVs em dentes com e sem guta-percha. Foram utilizados 100 dentes unirradiculares humanos extraídos e preparados, divididos aleatoriamente em quatro grupos, dois grupos experimentais fraturados artificialmente com o auxílio de um martelo, e dois grupos controle sem fratura, cada um com 25 dentes. Em um grupo experimental e um grupo controle, foi inserido um cone de guta-percha de tamanho 40 e conicidade de 0,04 nos canais radiculares. Foram obtidas RDs com CMOS (sistema Trophy), pela técnica do paralelismo em duas incidências, ortorradial e com angulação de 20° para mesial, imagens de TCMD (VCT GE) e TCFC (Promax 3D). As imagens foram avaliadas por três examinadores, sendo dois cirurgiões-dentistas radiologistas e um endodontista, previamente treinados. As médias dos valores de concordância interexaminador foram 0,980, 0,973 e 1.000 para TCFC, TCMD e RD, respectivamente. As médias dos valores de sensibilidade, especificidade e acurácia para as RDs foram de 40%, 96% e 68%, respectivamente. Na ausência de guta-percha, a especificidade da RD (92%), da TCMD (88%) e da TCFC (88%) foi semelhante. A TCFC foi a técnica de imagem mais acurada e sensível ($p < 0,05$). Na presença de guta-percha, a acurácia da TCMD foi maior do que as outras técnicas ($p < 0,05$). A sensibilidade da TCFC e da TCMD foi significativamente maior do que a da RD ($p < 0,05$), considerando que a TCFC foi a menos específica. Os autores concluíram que na presença ou ausência de guta-percha, a TCFC e as RD foram as técnicas com maiores sensibilidade e especificidade, respectivamente. A presença de guta-percha reduziu a acurácia, sensibilidade e especificidade da TCFC, mas não da TCMD, embora a sensibilidade tenha sido semelhante. A presença de guta-percha não interferiu na acurácia (64%) e especificidade (100%) da RD, porém, a sensibilidade (28%) foi reduzida. Os autores ainda recomendaram a TCMD como uma técnica alternativa quando suspeita-se de FRV em dentes obturados; entretanto, como a dose de radiação é superior à da TCFC, isso pode ser considerado em desacordo com o princípio ALARA.

O estudo desenvolvido por Kondylidou-Sidira et al., em 2013, investigou a acurácia de diagnóstico da RD e RC intrabuciais na detecção de fraturas radiculares induzidas experimentalmente. Foram utilizados 45 dentes unirradiculares e 30 molares. No grupo experimental foram induzidas FRHs completas, com fragmentos colados, em 15 dentes unirradiculares, através de uma força mecânica, e FRVs incompletas, através de um disco de corte, em 15 dentes unirradiculares e 15 molares; o grupo controle consistiu de 15 dentes unirradiculares e 15 molares sem fratura. Os dentes foram inseridos nos alvéolos de mandíbulas secas e radiografados com a técnica do paralelismo, utilizando CCD (Planmeca) e o filme convencional (E/F). As imagens foram avaliadas por sete examinadores (06 cirurgiões-dentistas radiologistas e um endodontista). Após duas semanas, duas duplas avaliaram as mesmas imagens. As áreas sob as curvas ROC (Az) dos dentes unirradiculares foram de 0,61 para a RC e 0,64 para a RD. O sistema de imagem digital não apresentou um desempenho significativamente melhor do que a RC ($p > 0,01$). Em molares, as RDs (Az: 0,72) apresentaram maior acurácia do que as RCs na detecção de fraturas (Az: 0,51) ($p = 0,010$). Os valores de kappa do CCD com a condição real variaram de 0,342 a 0,439; já entre o filme e a condição real foi moderada, variando de 0,138 a 0,511. Os examinadores em pares não obtiveram desempenho significativamente melhor do que individualmente. Os resultados não foram afetados pelos examinadores, mas foram afetados pelos casos ($p < 0,001$). Portanto, as RDs foram equivalentes às RCs na detecção de fraturas radiculares em dentes unirradiculares, enquanto que as RDs apresentaram um desempenho significativamente melhor do que as RCs na detecção de fraturas radiculares em molares.

da Silveira et al. (2013), com o intuito de comparar a acurácia da RC e da TCFC com diferentes tamanhos de voxel, na detecção de FRVs em dentes com ou sem tratamento de canal e pinos metálicos, utilizaram 60 dentes humanos unirradiculares, com as coroas seccionadas na JCE, divididos aleatoriamente em dois grupos: experimental (A, C e E) e controle (B, D e F), com 10 dentes em cada. Os dentes dos grupos A e B foram preparados endodonticamente e obturados com guta-percha; os dentes dos grupos C e D, após o tratamento endodôntico, foram desobturados nos terços coronal e médio e receberam um pino metálico; e os grupos E e F não foram preparados endodonticamente. Os dentes do

grupo experimental foram fraturados com o auxílio de um martelo. Todos os dentes foram radiografados (filme D) em três incidências horizontais diferentes (ortorradial, mesial com 15°, distal com 15°) e, depois, as imagens tomográficas foram adquiridas no i-Cat com três protocolos, variando-se o voxel (0,4, 0,3 e 0,2 mm). Três examinadores, previamente treinados, avaliaram as imagens. As médias dos valores de sensibilidade, especificidade e acurácia para a RC foram de 0,68, 0,88 e 0,83, respectivamente. A acurácia em detectar FRV foi similar quando o exame radiográfico convencional (0,88) foi comparado com as resoluções de 0,2 (0,98) e 0,3 mm (0,92) das imagens tomográficas, nas raízes sem tratamento endodôntico e sem pino metálico. Além disso, a especificidade, sensibilidade e acurácia foram semelhantes para ambas as resoluções de 0,2 e 0,3 mm para os dentes sem preenchimento. Entretanto, a acurácia foi maior quando se utilizou resolução de 0,2 mm de voxel nos dentes com tratamento de canal e pino metálico. A área sob a curva ROC foi maior para a resolução de 0,2 mm de voxel nos dentes sem tratamento (0,967), sendo a *Az* das RCs de 0,800. O teste do qui-quadrado não mostrou diferença estatística entre as imagens na detecção de FRVs. Os autores orientaram que o exame radiográfico com variação da angulação horizontal deve ser incentivado como a primeira abordagem complementar para avaliar a presença de FRVs. Se a imagem convencional não for capaz de fornecer informações adequadas, a TCFC pode ser indicada e o protocolo dependerá da condição da raiz na escolha da resolução do voxel.

Shintaku et al., em 2013, compararam a RC com dois sistemas digitais, na detecção de fraturas radiculares simuladas. Foram utilizados 45 dentes posteriores extraídos de dez mandíbulas secas de cadáveres humanos. Um grupo de 27 dentes foi mantido intacto e 16 dentes foram fraturados. Foram produzidas FRVs com um pino de metal e FRHs com o auxílio de um martelo, sendo os fragmentos reposicionados e colados. Foram realizadas imagens com filme convencional (E/F) e PSP (sistema ScanX® e Digora Optime®). Dez cirurgiões-dentistas de diferentes especialidades, com experiência, avaliaram as imagens em uma escala de 5 pontos para a presença/ausência de FR. Não foram encontradas diferenças significantes ($p = 0,376$) nos valores de *Az* das RCs (*Az* = 0,77) e RDs (*Az* = 0,79 ScanX; *Az* = 0,78 Digora). Entre os sistemas digitais, o ScanX apresentou média de *Az* maior do que o Digora, mas sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,416$). Os

valores de sensibilidade (0,65, filme; 0,68, ScanX; 0,69, Digora) e especificidade (0,71, filme; 0,78, ScanX; 0,72, Digora) não foram estatisticamente significantes para nenhuma modalidade. Os autores concluíram que não houve diferença entre a RC e os dois sistemas digitais e que as PSPs podem servir como uma alternativa para o filme convencional na detecção de fraturas radiculares.

Miyahgaki et al. (2013) apresentaram três casos clínicos de dentes tratados endodonticamente (2 molares inferiores e um incisivo lateral superior), diagnosticados com FRVs com base nos achados clínicos, radiográficos e tomográficos (TCFC). A presença de bolsas periodontais ou outros sinais que poderiam auxiliar no correto diagnóstico, não puderam ser detectados em todos os casos; assim, as FRVs foram confirmadas após a exodontia dos dentes. As linhas de fratura foram visíveis com o auxílio da TCFC, que forneceu informações úteis para o diagnóstico e o manejo da FRV. No entanto, os autores defenderam que os dados clínicos e radiográficos foram fundamentais e não devem ser descartados, mas utilizados em conjunto com TCFC.

Gunduz et al. (2013) compararam a acurácia de diagnóstico de duas unidades diferentes de TCFC, dois sistemas digitais intrabuciais e a RC na detecção de FRVs. Foram utilizados 90 pré-molares inferiores unirradiculares, instrumentados e obturados com guta-percha, com remoção das coroas na JCE, divididos em dois grupos, um grupo controle com 45 dentes sem fratura, e um grupo teste, com 45 dentes fraturados artificialmente. As fraturas foram realizadas com uma cunha cônica com ponta chanfrada em 60° e auxílio de um martelo. Os dentes foram inseridos aleatoriamente nos alvéolos de pré-molares de uma mandíbula humana seca. Foram obtidas imagens de cada dente no 3D Accuitomo 170, no NewTom 3G, com PSP (sistema VistaScan), com CCD (sistema Trophy) e filme convencional (E/F). Todas as imagens foram avaliadas, por dois examinadores treinados, em uma escala de 5 pontos e, após dois meses, as imagens foram reavaliadas. A concordância intra-examinador variou de 0,949 a 1,000 e 0,942 a 1,000 para as radiografias intrabuciais. Os resultados da primeira avaliação para o Accuitomo 3D foram significativamente melhores do que para as outras modalidades. Não foi encontrada diferença significativa nos resultados da segunda avaliação entre os dois tomógrafos, porém, o Accuitomo 3D foi superior em relação às outras modalidades. O Newton 3G apresentou

melhores resultados e mostrou diferenças significantes em relação ao VistaScan, ao Trophy e as RCs. Não foram observadas diferenças significantes entre os valores de Az do NewTom 3G e do VistaScan para a primeira avaliação do primeiro examinador e para as duas avaliações do segundo examinador. O VistaScan produziu melhores valores de Az (média de 0,864) do que o Trophy (média de 0,658) e a RC (média de 0,689), indicando maior confiabilidade. Não houve diferença significativa entre os valores de Az para o CCD e a RC. Pôde-se concluir que o Accuitomo 3D foi significativamente melhor do que o NewTom 3G, o VistaScan, o Trophy e as RCs na detecção de FRVs induzidas artificialmente.

Pesquisa realizada por Patel et al., em 2013, determinou a largura de FRs em dentes extraídos após o diagnóstico de FRV e comparou a acurácia de diagnóstico da TCFC e da RD na detecção de FRVs completas e incompletas induzidas artificialmente em dentes humanos. Vinte dentes pré-molares e molares humanos extraídos foram preparados e preenchidos com guta-percha. Em seguida, foram obtidas imagens, de TCFC (3D Accuitomo) e RDs com PSP (sistema digital Digora Optime®), desses dentes antes da indução da FRV (grupo 1). Novamente, foram obtidas imagens de TCFC e radiografias dos mesmos dentes após a indução das fraturas incompletas (grupo 2) e fraturas completas (grupo 3) realizadas com a máquina universal Instron. Todas as imagens foram avaliadas por 06 examinadores (3 endodontistas e 3 pós-graduandos em Endodontia) individualmente em três sessões. Os resultados mostraram que não houve melhora na detecção de FRVs produzidas artificialmente em dentes obturados utilizando-se a TCFC em comparação com as RDs. A sensibilidade geral da RD (5%) foi inferior à da TCFC (57%), independente da extensão da FRV ($p = 0,027$). Por outro lado, as RDs apresentaram uma especificidade geral superior (98%) a da TCFC (34%) ($p = 0,027$). Os valores totais de Az foram de 0,53 para as RDs e 0,45 para a TCFC para fraturas completas e incompletas, com diferença significativa ($p = 0,034$). A concordância geral interexaminador foi de 0,024 para a RD e 0,005 para a TCFC e a média intra-examinador foi de 0,209 para a RD e 0,409 para a TCFC. Nesse estudo, as RDs e imagens de TCFC não foram acuradas na detecção de FRVs.

Junqueira et al., em 2013, compararam a TCFC com a RD na detecção de FRVs em dentes com e sem pinos metálicos. Foram utilizados 18 dentes humanos unirradiculares (incisivos e caninos), tratados endodonticamente e preparados para posterior inserção do pino metálico. Todos os dentes foram seccionados na JCE. FRVs foram induzidas em 09 dentes com o auxílio de um cinzel e martelo. Foram obtidas imagens com a PSP (sistema Visualix) com três angulações horizontais e TCFC com voxel de 0,125 e 0,25 mm de todos os dentes com e sem pino metálico. As imagens foram avaliadas por três cirurgiões-dentistas radiologistas, com mais de 5 anos de experiência, em uma escala de 5 pontos. Os resultados mostraram que as RDs apresentaram valores máximos de sensibilidade (1,00), independentemente da presença ou ausência de pino metálico, e a TCFC com voxel de 0,125 mm também apresentou valor máximo para os dentes sem pino metálico. O maior valor de especificidade, para os dentes com pino metálico, foi de 0,56 para a TCFC com voxel de 0,25 mm, em seguida, 0,45 para o voxel de 0,125 mm e, 0,34 para a RD. Os valores de Az para as RDs foram de 0,79 para os dentes com pino metálico e 0,93 para os dentes sem pino. Não houve diferença estatisticamente significativa na área sob a curva ROC para os três métodos de imagem ($p = 0,08$). Comparando-se os dentes com e sem pino metálico para cada método de imagem, a TCFC com voxel de 0,125 mm e a RD apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p = 0,04$). Os resultados mostraram diferenças significantes para os dentes com pino metálico, nas imagens de TCFC com um tamanho de voxel de 0,125 mm e na RD. Os autores salientaram que a dimensão do voxel não influenciou significativamente no diagnóstico de FRV. Ainda, sugeriram que a radiografia periapical, com variação da angulação horizontal, deve ser o primeiro exame complementar realizado para investigar FRVs; se este método não fosse conclusivo, a TCFC seria uma alternativa eficaz, principalmente nos dentes sem pinos metálicos.

3 PROPOSIÇÃO

Os objetivos no presente estudo foram:

- Avaliar a acurácia da detecção de FRVs em radiografias convencionais e obtidas em três sistemas digitais intrabuciais;
- Verificar a influência das diferentes condições - dentes sem preenchimento, preenchidos com guta-percha, pino metálico ou pino de fibra de vidro - no diagnóstico de FRV.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aspectos Éticos

A presente pesquisa foi, previamente, submetida à análise do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (CEP/FOP), da Universidade Estadual de Campinas, e aprovada sob o protocolo de nº. 027/2012 (Anexo).

4.2 Seleção e Preparo da Amostra

A amostra consistiu de 40 dentes humanos unirradiculares (incisivos, caninos e pré-molares inferiores), extraídos com a devida indicação clínica, sem distinção por raça e gênero, com faixa etária entre 20 e 60 anos. A princípio, foram realizadas inspeções clínicas, radiográficas e por transiluminação, excluindo os dentes com tratamento endodôntico, reabsorção radicular interna ou externa, raízes supranumerárias, canais obliterados, calcificações pulpares, raízes com ápice aberto, trincas e fraturas radiculares. Após esse processo, os 40 dentes selecionados foram submetidos à raspagem e alisamento radicular para remoção de cálculos dentários, quando necessário. Em seguida, todos os dentes foram desinfetados com álcool 70%.

Posteriormente, as coroas de todos os dentes foram seccionadas na junção cimento-esmalte, utilizando-se um disco diamantado acoplado a uma cortadeira metalográfica (Isomet 1000® Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA), com o objetivo de eliminar a identificação de fraturas coronárias, que poderiam ser indicativas de fratura radicular (Figura 1). Após a remoção da coroa, os canais radiculares de todos os dentes foram instrumentados com um sistema rotatório Mtwo NiTi® (VDW, Munique, Alemanha), com 350 rotações/min e 1 N, e irrigados com água destilada. A instrumentação foi realizada, em todo o comprimento do canal radicular, com as limas nessa sequência: 30/.05, 35/.04, 40/.04 e 25/.07. Adiante, foram realizados preparos em todos os dentes, com uma broca de baixa rotação (nº. 3) (Reforpost®, Angelus, Londrina, Brasil), em até dois

terços do comprimento do canal radicular (cervical e médio), para posterior adaptação do pino intracanal (Figura 2).

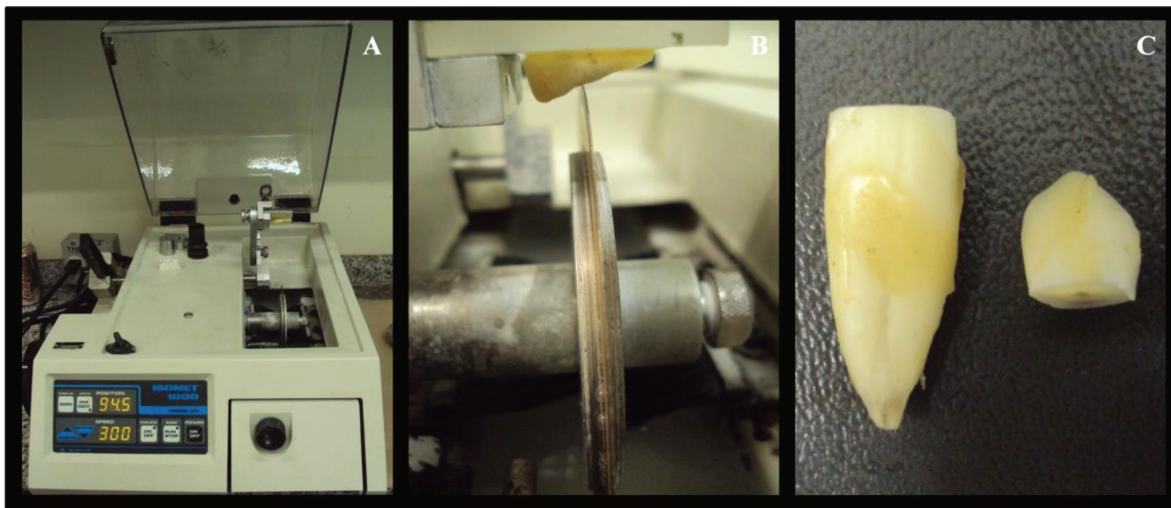


Figura 1 - (A) Cortadeira metalográfica; (B) Seccionamento do dente na JCE; (C) Raiz seccionada da coroa.

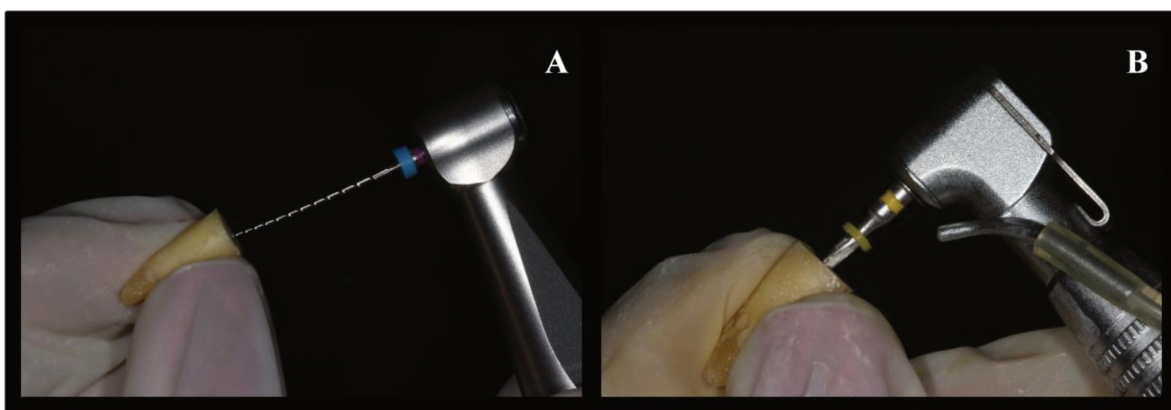


Figura 2 - (A) Preparo endodôntico; (B) Preparo para o pino intracanal.

4.3 Realização das Fraturas

Em 20 dentes da amostra, foi realizada FRV. Cada dente foi posicionado em um bloco de acrílico que serviu de apoio na máquina de ensaio universal Instron® (Canton, MA, EUA), na qual foram realizadas as fraturas completas, com a introdução de uma ponta

metálica cônica na entrada do canal radicular. Essa ponta cônica foi programada para se movimentar com uma velocidade de 1 mm/min em direção a raiz dentária, com uma força de 500 N, cessando o movimento automaticamente na produção da fratura (Figura 3). Por fim, os dentes foram removidos dos blocos de acrílico e inspecionados por visualização direta e transiluminação, através de um diodo emissor de luz (UltraLume 5; Ultradent Products Inc., UT, EUA) para confirmar a presença da fratura (Figura 4). Dos 20 dentes, 80% apresentaram a fratura no sentido vestibulolingual e 20% no méso-distal.



Figura 3 - (A) Dente posicionado na máquina de ensaio universal; (B) Dente disposto no bloco de acrílico com a ponta metálica introduzida na entrada do canal radicular.

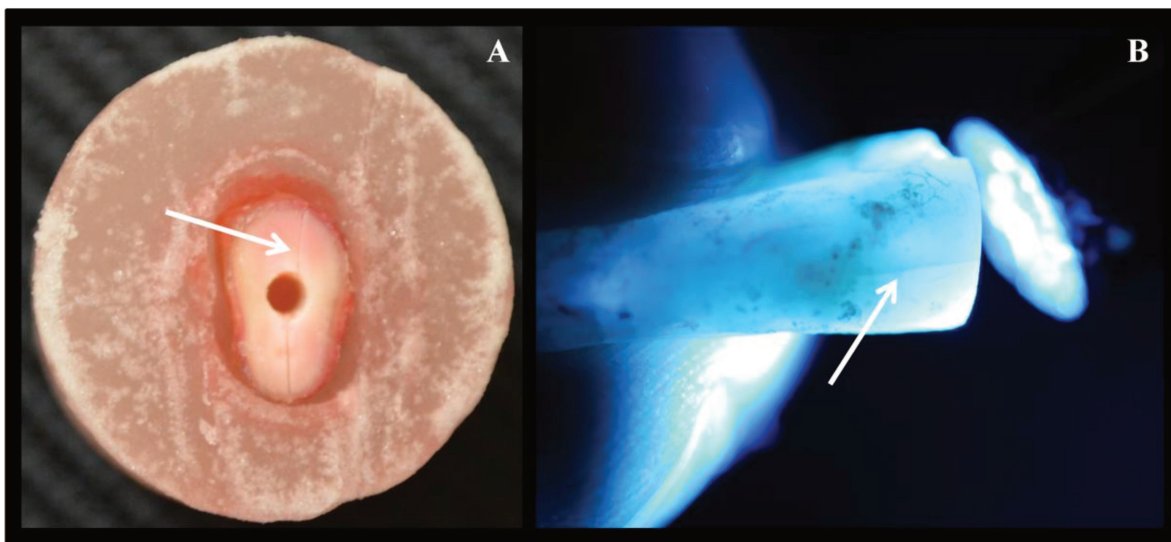


Figura 4 - (A) Visualização direta da linha de fratura (seta); (B) Visualização por transiluminação (seta).

4.4 Divisão dos Grupos de Dentes

Todos os dentes foram distribuídos em dois grupos, um grupo controle, sem fratura, e um grupo com FRV, ambos com 20 dentes. Em seguida, os mesmos dentes foram codificados aleatoriamente e organizados em oito subgrupos (Figura 5):

	Controle	Fraturado
Sem preenchimento (SP)	20	20
Guta-percha (GP)	20	20
Pino Metálico (PM)	20	20
Pino de fibra de vidro (PFV)	20	20

Figura 5 - Divisão dos dentes de acordo com as condições estudadas.

Como materiais de preenchimento, foram utilizados cones de gutta-percha principais e acessórios (Dentisply Maillefer, Ballaigues, Suíça), um pino metálico, composto por uma liga metálica de cobalto-cromo pré-moldado e confeccionado em laboratório protético e um pino de fibra de vidro (Reforpost®, número 2, Angelus, Londrina, Brasil), sem cimentação ou material adesivo; assim, os mesmos dentes poderiam ser radiografados nas diferentes condições. Todos os dentes foram previamente radiografados com os respectivos materiais para verificar suas adaptações.

4.5 Preparo do Phantom e Obtenção das Imagens Radiográficas

O alvéolo (região do dente pré-molar) de uma secção de uma mandíbula macerada desdentada foi alargado com uma broca cilíndrica (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), para permitir a acomodação das raízes e reproduzir o aspecto radiográfico do osso alveolar. A secção da mandíbula foi então posicionada em um dispositivo de acrílico com simulador para tecidos moles de 2,5 cm e, em seguida, os dentes foram inseridos, um por

vez, no alvéolo alargado para obtenção das imagens radiográficas. Os dentes foram radiografados com a técnica do paralelismo com uma incidência ortorradial e duas incidências com uma variação na angulação horizontal de 15° para mesial e distal, indicada por um transferidor acoplado ao dispositivo de acrílico, no qual estava a mandíbula, sem retirar o dente da posição inicial, modificando apenas os materiais de preenchimento (Figura 6).

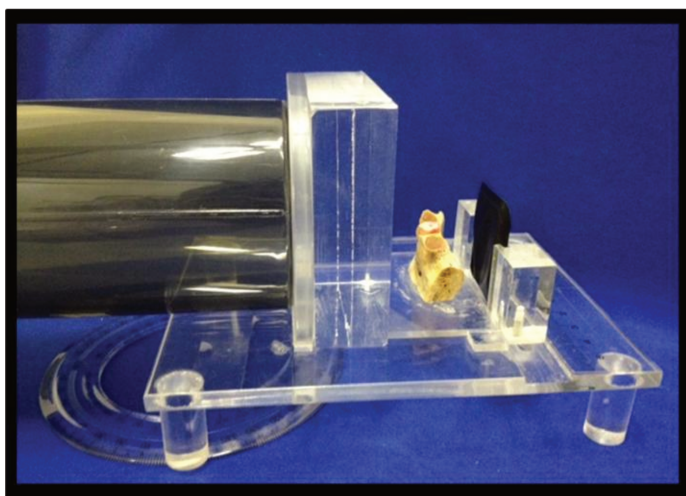


Figura 6 - Mandíbula e dente posicionados no dispositivo com simulador para tecidos moles, acoplado a um transferidor, para obtenção das imagens orto, méso e distorradiais.

Todas as exposições radiográficas foram adquiridas no aparelho periapical GX-770 de corrente contínua com disparo centesimal (Gendex Dental Systems, Lake Zurich, IL, USA), 70 kVp e 7 mA. O tempo de exposição para as radiografias convencionais foi de 0,30 segundo e para as radiografias digitais de 0,08 s. A distância fonte-objeto utilizada foi de 40 cm. As imagens foram obtidas empregando-se:

- filme convencional de sensibilidade E/F, (área ativa 31 x 41 mm) (Kodak, Eastman Kodak Company, Rochester, NY, EUA), processado na processadora automática (Dentsplay International, Gendex Dental X-ray Division, Des Plaines, Illinois, EUA), com soluções processadoras preparadas para esse fim;

- placa de fósforo de tamanho 2, (área ativa 30 x 40 mm) do sistema digital Digora Optime® (Soredex/Orion Corp.,Helsinki, Finland), escaneadas imediatamente após a aquisição, software DFW 2.7 (Soredex/Orion Corp.,Helsinki, Finland);
- placa de fósforo de tamanho 2, (área ativa 30 x 40 mm) do sistema digital VistaScan® (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha), escaneadas imediatamente após a aquisição, software DBSWIN (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha);
- sensor sólido CMOS de tamanho 1 (área ativa 30 x 20 mm) do sistema digital SnapShot® (Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finlândia), software CliniView (Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finlândia).

As distintas resoluções espaciais dos receptores de imagem utilizados estão apresentadas na Figura 7. Para cada sistema, seja analógico ou digital, foram geradas 480 imagens, formando um total de 1920 imagens (Figuras 8 e 9).

Sistema	Resolução Espacial (pl/mm)
Filme E/F	≥ 20
Digora Optime	8
VistaScan	25,6
SnapShot	26,3

Figura 7 - Resoluções espaciais dos receptores de imagem utilizados.

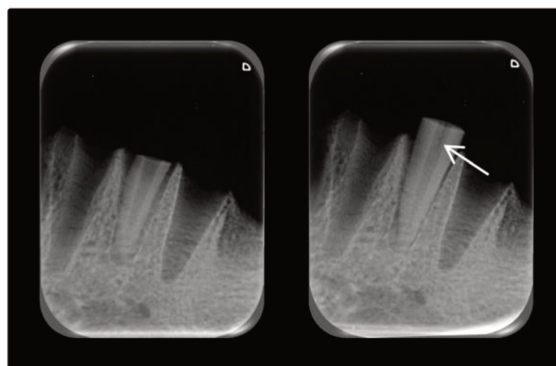


Figura 8 - Imagens radiográficas dos dentes (A) sem e (B) com fratura (seta).

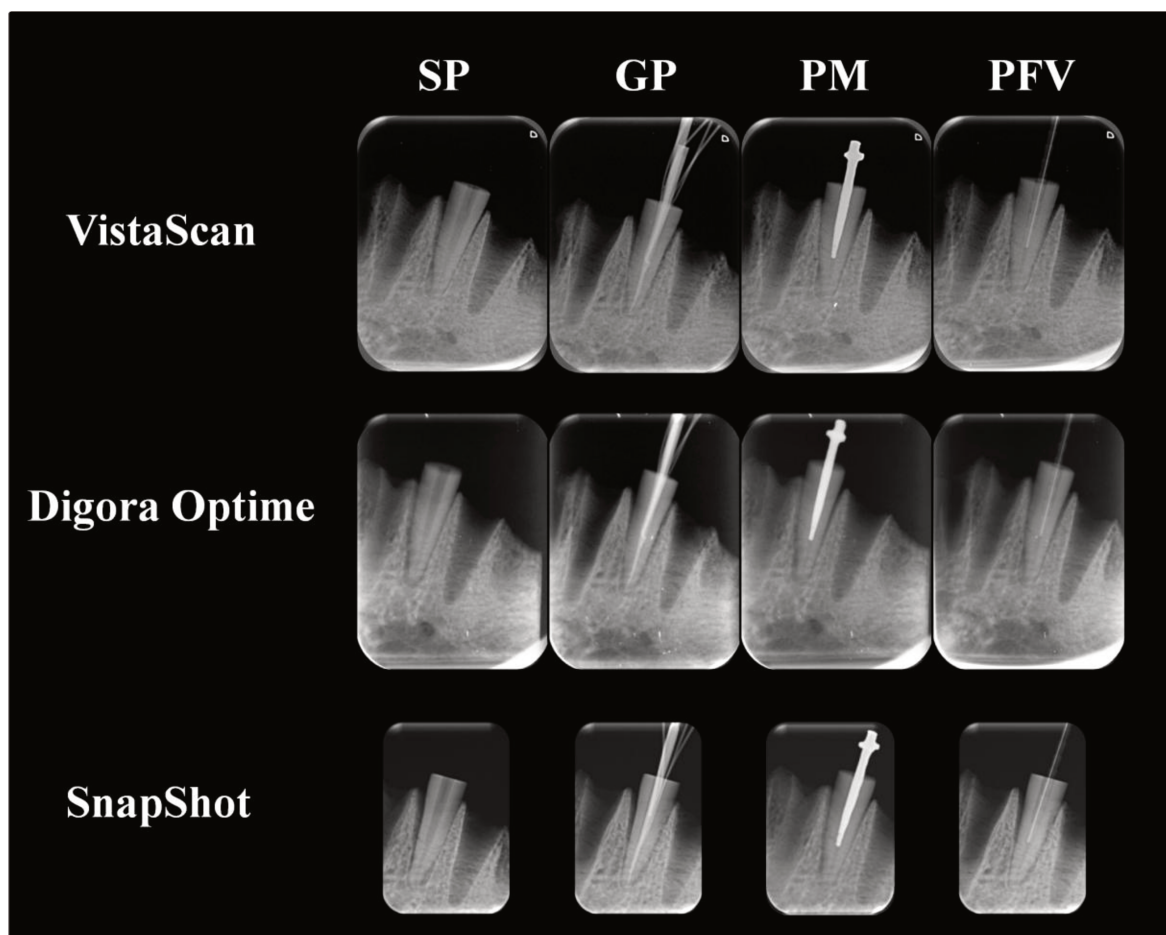


Figura 9 - Imagens radiográficas obtidas nos três sistemas digitais, com diferentes condições de preenchimento (grupo fraturado).

4.6 Avaliação das Imagens

As imagens foram numeradas de acordo com os dentes, aleatorizadas e avaliadas por três cirurgiões-dentistas radiologistas e dois endodontistas, com três anos de experiência, previamente treinados quanto à presença e ausência de fratura radicular, porém, sem conhecimento a respeito da distribuição e quantidade das fraturas. As três imagens (orto, méso e distorradial) de cada dente foram avaliadas simultaneamente. As radiografias convencionais foram visualizadas em um negatoscópio com lupa acoplada (VH Equipamentos Essence Dental, Araraquara, São Paulo, Brasil) e uma máscara

confeccionada em cartolina preta com três aberturas nas mesmas dimensões do filme convencional; já as radiografias digitais, foram visualizadas nos softwares citados anteriormente, com a possibilidade de utilização da ferramenta zoom e manipulação de brilho e contraste, utilizando-se um monitor LCD de 19’’ (resolução espacial de 1,366 x 768 pixels, 32 bits); todas as avaliações foram realizadas em ambiente silencioso e com baixa luminescência. Os examinadores analisaram as imagens de forma individual e independente; se uma linha radiolúcida fosse visualizada em qualquer projeção, o examinador classificava como FRV, utilizando uma escala de 5 pontos para a presença ou ausência de fratura, sendo 1 - definitivamente ausente, 2 - provavelmente ausente, 3 - incerteza, 4 - provavelmente presente e 5 - definitivamente presente. No máximo 20 dentes por dia poderiam ser analisados, para evitar fadiga visual. Após trinta dias, 25% da amostra foi reavaliada pelos cinco examinadores para calcular a reprodutibilidade intra-examinador.

4.7 Análise Estatística

Os dados obtidos foram tabulados e analisados no software SAS® (Versão 9.1.3; SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). A reprodutibilidade intra e interexaminador foi realizada por meio do Teste Kappa ponderado e interpretada de acordo com Landis & Koch (1977): 0,00-0,20, reprodutibilidade pobre; 0,21-0,40, reprodutibilidade razoável; 0,41-0,60, reprodutibilidade moderada; 0,61-0,80, reprodutibilidade substancial; 0,81-1,00, reprodutibilidade boa.

Foram calculados os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia, valores preditivos positivo (VPP) e negativo (VPN). Para o cálculo do VPP e VPN, foram considerados: ausência de fratura, quando foram atribuídos os escores 1, 2 ou 3; e presença de fratura, com os escores 4 ou 5. Esses valores foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA) um critério, com teste *post-hoc* de Tukey.

A comparação das avaliações com o padrão-ouro foi realizada utilizando a curva ROC (*Receive Operating Characteristic* - <http://www.rad.jhmi.edu/jeng/javarad/roc/JROCFITi.html>). Foram obtidas áreas sob a curva ROC (Az) para cada avaliador em cada um dos sistemas estudados com os diferentes

preenchimentos. Essas áreas foram comparadas por meio da ANOVA dois critérios, com teste *post-hoc* de Tukey, com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Os resultados do teste Kappa ponderado estão representados na Tabela 1. Os valores para reprodutibilidade intra-examinador são adquiridos associando-se linhas e colunas do mesmo examinador. Os valores para reprodutibilidade interexaminador são obtidos quando linhas e colunas de examinadores diferentes são relacionadas.

Observou-se que tanto a reprodutibilidade intra-examinador quanto a interexaminador apresentaram valores de moderado a substancial (0,48-0,74 para intraexaminador e 0,57-0,66 para interexaminador).

Tabela 1 – Reprodutibilidade intra e interexaminador, segundo o teste Kappa ponderado

	Ex 1	Ex 2	Ex 3	Ex 4	Ex 5
Ex 1	0,59	0,59	0,57	0,58	0,64
Ex 2		0,48	0,66	0,59	0,60
Ex 3			0,74	0,60	0,61
Ex 4				0,55	0,64
Ex 5					0,63

Ex: Examinador.

As médias dos valores de sensibilidade, especificidade, acurácia, valores preditivo positivo e negativo para os sistemas de imagens estudados estão apresentados na Tabela 2. O sistema digital SnapShot expôs maiores valores de sensibilidade, acurácia e VPN, seguido pelo VistaScan, filme convencional e Digora; esse, por sua vez apresentou maior especificidade e VPP. Porém, apenas a sensibilidade dos diferentes sistemas apresentou diferença significativa, de acordo com o teste empregado. O sistema SnapShot exibiu valores superiores ao do filme e do Digora, não diferindo apenas do VistaScan; esse foi superior apenas ao Digora, já que a diferença com o filme não foi significativa. O sistema Digora apresentou menor valor de sensibilidade e não diferiu apenas do filme. De

uma maneira geral, os sistemas apresentaram melhor desempenho na determinação de ausência de fratura quando essa realmente não existia do que de presença de fratura.

Tabela 2 – Média dos valores de diagnóstico para os sistemas de imagens avaliados (em %)

	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia	VPP	VPN
VistaScan	46,0AB	88,5	67,3	80,0	62,1
Digora	37,5C	94,3	65,9	87,1	60,1
SnapShot	53,3A	89,3	71,3	83,2	65,6
Filme	41,0BC	90,8	65,9	81,6	60,6

VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo.

Letras distintas indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). De acordo com o teste post-hoc de Tukey.

As médias dos valores da área sob a curva ROC (A_z) para cada sistema e condição intracanal estão descritos na Tabela 3 e representados na Figura 10. De acordo com os resultados, ao se avaliar os diferentes sistemas de imagens utilizados, foi possível observar que o sistema digital SnapShot apresentou média geral maior que os demais. Ao se avaliar a condição intracanal, a condição que exibiu maior média geral foi a sem preenchimento. Quando comparados os valores das áreas sob a curva ROC dos diferentes sistemas avaliados, considerando uma mesma condição de preenchimento intracanal, pôde-se observar que o sistema SnapShot na presença do pino de fibra de vidro expôs valor maior que os demais, com diferença significativa, segundo o teste empregado. Com os demais preenchimentos ou na ausência de preenchimento, não houve diferença significativa entre os sistemas. Na avaliação das diferentes condições considerando o mesmo sistema, observou-se que no sistema digital Digora e no filme convencional, houve diferença significativa entre a condição sem preenchimento e as demais condições (guta-percha, pino metálico e de fibra de vidro), que não diferiram entre si. Já no sistema VistaScan, a condição sem preenchimento não diferiu do preenchimento com pino de fibra de vidro, que por sua vez não diferiu dos demais. No sistema SnapShot, as condições sem preenchimento,

preenchidos com guta-percha e pino de fibra de vidro não diferiram entre si; já o grupo preenchido com pino metálico não diferiu apenas do grupo com guta-percha.

Tabela 3 - Média e desvio padrão dos valores da área sob a curva ROC (Az) para os sistemas e materiais avaliados

	VistaScan	Digora	SnapShot	Filme	Média
SP	0,78 (0,06)Aa	0,78 (0,06)Aa	0,78 (0,06)Aa	0,81 (0,03)Aa	0,79
GP	0,66 (0,02)Ba	0,66 (0,05)Ba	0,74 (0,05)ABa	0,62 (0,07)Ba	0,67
PM	0,62 (0,04)Ba	0,58 (0,04)Ba	0,65 (0,05)Ba	0,61 (0,08)Ba	0,62
PFV	0,70 (0,04)ABb	0,64 (0,03)Bb	0,82 (0,06)Aa	0,60 (0,07)Bb	0,71
Média	0,69	0,66	0,74	0,68	

SP: sem preenchimento; GP: guta-percha; PM: pino metálico; PFV: pino de fibra de vidro.

Letras distintas (maiúsculas na vertical e minúsculas na horizontal) indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). De acordo com o teste post-hoc de Tukey.

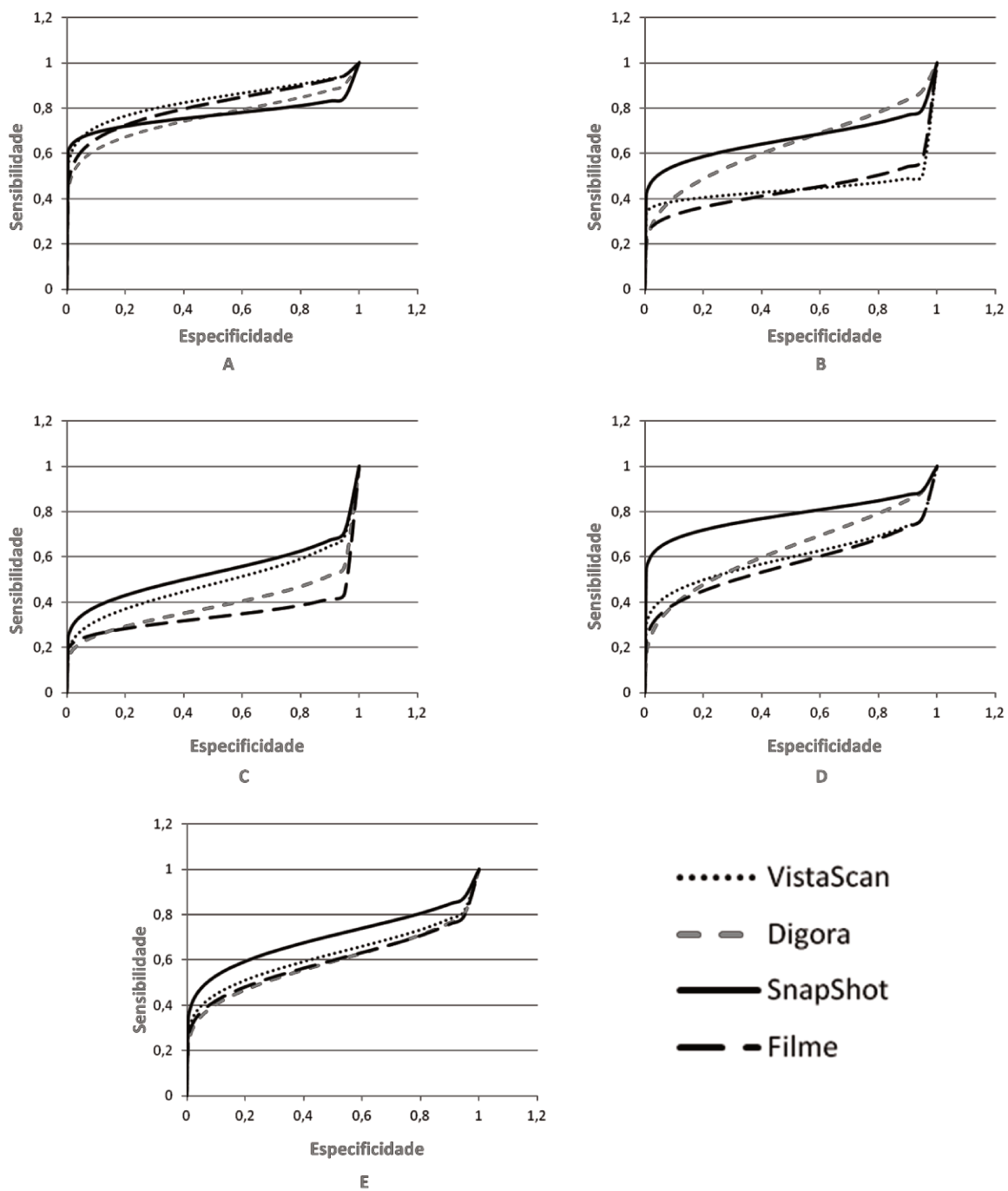


Figura 10 - Áreas sob a curva ROC para os sistemas e condições intracanal utilizados: (A) SP, (B) GT, (C) PM e (D) PFV e o (E) resultado geral.

6 DISCUSSÃO

O diagnóstico de fraturas radiculares geralmente é uma tarefa difícil, devendo ser baseado nos sinais e sintomas clínicos aliados aos exames complementares, sendo os exames por imagem os mais utilizados nesses casos. Como os sinais e sintomas clínicos são muitas vezes inespecíficos, o exame por imagem é de fundamental importância. A radiografia periapical tem sido o método inicial mais comumente utilizado nessas situações. Atualmente, muitos profissionais têm utilizado imagens tomográficas como método auxiliar; porém, essas só devem ser solicitadas quando as radiografias periapicais forem inconclusivas no diagnóstico (SedentexCT, 2012). Além disso, dependendo das condições de obtenção das tomografias, essas imagens podem ser “insuficientes” nesse diagnóstico (Patel et al., 2013; Junqueira et al., 2013). Dessa forma, a radiografia periapical continua tendo papel fundamental nesses casos.

Com o avanço da tecnologia, as imagens digitais têm alcançado importante função na obtenção de radiografias periapicais. Desde o surgimento na Odontologia, vários estudos têm avaliado seu desempenho em diferentes diagnósticos. Nos casos de fraturas radiculares, alguns estudos já realizaram essa avaliação (Kositbowornchai et al., 2001; Wenzel & Kirkevang, 2005; Tsesis et al., 2008; Tofangchiha et al., 2011; Kondylidou-Sidira et al., 2012; Shintaku et al., 2013). Porém, com o surgimento de novos sistemas, mais pesquisas são necessárias. Além disso, geralmente foram comparados um sistema digital com a radiografia convencional. Sendo assim, o presente estudo avaliou a acurácia das radiografias convencionais e de três sistemas digitais intrabucais obtidos com diferentes tecnologias (CMOS e PSP) na detecção de FRVs.

Outro fator importante a ser destacado é que no presente estudo foram utilizados materiais intracanal. As FRVs são mais prováveis de acontecer em dentes que contêm algum tipo de material no seu interior, uma vez que esses foram submetidos a um preparo endodôntico, podendo torná-los mais frágeis. Foi relatado que, em comparação com os pinos metálicos, os pinos de fibra de vidro tendem a diminuir o risco irreparável de fratura radicular (Naumann et al., 2008; Salameh et al., 2008), já que seu módulo de elasticidade se assemelha ao da dentina (Li et al., 2006). Dos trabalhos que compararam os

sistemas digitais e convencionais na tarefa de diagnóstico das FRVs, poucos apresentavam preenchimento intracanal (Tsesis et al., 2008; Gunduz et al., 2013). Ainda há que se considerar que a influência do pino de fibra de vidro não foi avaliada até mesmo em estudos com imagens tomográficas, já que a maioria desses utilizou pinos metálicos.

Os materiais intracanal utilizados na presente pesquisa não foram cimentados antes da indução da fratura, pois isso inviabilizaria a utilização dos mesmos dentes nas diferentes condições. Como citado anteriormente, foram obtidas imagens dos mesmos dentes nas diferentes condições de preenchimento, para que fosse realizada uma avaliação real da influência dos materiais intracanal, já que imagens com dentes diferentes poderiam apresentar resultados influenciados pelas suas características e não dos materiais. Além disso, também não foi empregado cimento endodôntico posteriormente à indução da fratura, já que esse poderia deslocar os fragmentos radiculares e até mesmo preencher o espaço da fratura, indicando a sua presença.

Apesar da maioria dos estudos utilizarem uma força mecânica, com auxílio de um martelo e cunha, na indução de fraturas radiculares, Patel et al. (2013) afirmam que, nesses casos, as fraturas são mais largas ($> 200 \mu\text{m}$), ou seja, podem ser identificadas mais facilmente. Assim, no presente estudo, preferiu-se empregar a máquina de ensaio universal, já que, com esse método, é possível obter uma maior precisão na força aplicada sobre a raiz e, conseqüentemente, na largura da fratura.

Alguns estudos *in vitro* não utilizaram qualquer simulação de tecidos moles (Kamburoğlu et al., 2009; Wenzel et al., 2009) ou óssea na obtenção das imagens radiográficas de FRs (Kositbowornchai et al., 2001). Porém, na presente pesquisa, optou-se por utilizar uma secção de mandíbula seca desdentada para reproduzir o aspecto radiográfico do osso alveolar e um dispositivo com simulador para tecidos moles para se aproximar o máximo possível de uma real situação clínica.

No presente estudo, as concordâncias intra e interexaminador variaram de moderada à substancial, possivelmente devido à dificuldade em se diagnosticar FRV, especialmente em dentes com preenchimento. Entretanto, esses resultados seguem uma tendência geral de estudos prévios (Tsesis et al., 2008; Kamburoğlu et al., 2009; Hassan et al., 2009; Varshosaz et al., 2010; Tofangchiha et al., 2011; Wang et al., 2012). Ainda, a

concordância intra-examinador no estudo de Kambungton et al. (2012) variou de razoável a boa, podendo ser explicado devido ao fato de não ter sido utilizado material intracanal. Em contrapartida, no estudo de Patel et al. (2013), a concordância inter e intra-examinador variou de pobre a razoável, salientando que os autores utilizaram dentes com fraturas incompletas, o que dificulta ainda mais o diagnóstico.

Os moderados valores de sensibilidade do exame radiográfico no diagnóstico de FRV constatados no presente estudo indicam que grande parte das fraturas da amostra não foi detectada por meio dos sistemas utilizados. Porém, resultados semelhantes foram encontrados por Tsesis et al. (2008), Hassan et al. (2009), Wang et al. (2011) e Khedmat et al. (2012). Patel et al. (2013) obtiveram uma sensibilidade incomum (5%) e associaram ao fato do sistema apresentar baixa resolução e à sobreposição das estruturas e osso circundante, devendo ser enfatizado que também foram utilizados dentes com fraturas incompletas. Em desacordo, Kositbowornchai et al. (2001), Wenzel & Kirkevang (2005), Kamburoğlu et al. (2009), Wenzel et al. (2009), Tofangchiha et al. (2011) e Shintaku et al. (2013), apresentaram valores de sensibilidade superiores ao do presente estudo; contudo, esses autores não utilizaram material intracanal. Outrossim, Junqueira et al. (2013) encontraram valor de sensibilidade de 100% e justificaram esse resultado devido à maioria dos dentes apresentarem FRVs no sentido vestibulolingual. Esse fator não foi controlado no presente estudo, uma vez que a máquina de ensaio universal produz a fratura na dimensão de menor resistência dentária, não sendo possível realizá-la sempre no mesmo sentido. No entanto, grande parte ocorreu no sentido vestibulolingual. Acredita-se então que a alta sensibilidade apresentada pelo estudo anterior seja provavelmente devido a forma como foi produzida a fratura.

Esses baixos valores de sensibilidade encontrados na presente pesquisa podem ser justificados devido à característica da amostra, pois, apesar de não haver controle da largura das fraturas, os fragmentos das raízes não foram deslocados, o que sugere uma espessura delgada; ademais, em todas as modalidades de exame, foram utilizados, além de raízes sem preenchimento, materiais intracanal de diferentes densidades, que sobrepõem e mascaram a linha de fratura.

Na ocorrência de diferença estatisticamente significativa para sensibilidade observada entre os sistemas estudados, as distintas resoluções espaciais devem ser consideradas. O SnapShot® e o VistaScan® apresentam maiores resoluções quando comparados com o Digora® e a RC. Os resultados do estudo de Wenzel & Kirkevang (2005) demonstraram que o CCD apresentou maior sensibilidade do que a PSP ($P < 0,05$), o que levou os autores a sugerirem que essa diferença deveu-se à resolução espacial do CCD (15-20 pl/mm), maior que a da PSP (aproximadamente 8 pl/mm).

Em relação à especificidade, não existiu diferença estatisticamente significativa entre os valores de todas as modalidades ($p > 0,05$), assim como os achados de Kositbowornchai et al. (2001), Tsesis et al. (2008) e Tofangchiha et al. (2011), que constatarem valor de especificidade semelhante entre o filme convencional e o CCD; de Wenzel et al. (2005), com valores semelhantes entre a PSP e o CCD; e Shintaku et al. (2013), entre o filme e dois sistemas de PSP.

Esses valores de especificidade foram altos para todas as modalidades de imagem, sugerindo que as modalidades de imagem avaliadas foram úteis no diagnóstico correto quando não existiu FRV. Os valores encontrados nessa pesquisa estão muito próximos aos verificados por estudos *in vitro* de diagnóstico radiográfico de FRV; alguns exemplos são os resultados de Kamburoğlu et al. (2009), Hassan et al. (2009), Wang et al. (2011), Khedmat et al. (2012) e Patel et al. (2013). Por outro lado, o estudo de Junqueira et al. (2013) exibiu especificidade de 34%, muito aquém dos estudos citados anteriormente.

Esses altos valores de especificidade indicam que a utilização do exame radiográfico como método auxiliar no diagnóstico de FRVs pode diminuir a chance de resultados falso-positivos. Esse achado é importante, já que um resultado falso-positivo pode determinar a realização de tratamento invasivo, podendo resultar em uma exodontia desnecessária.

De acordo com Blicher et al. (2005), a soma dos valores de sensibilidade e especificidade maior do que 1,2 demonstra que o teste de diagnóstico apresenta uma boa validade. Esse fato pode ser observado no presente estudo, já que todos os sistemas apresentaram essa somatória superior a 1,2, indicando segurança no diagnóstico de FRV.

Os valores médios de acurácia da presente pesquisa também estão próximos aos valores obtidos por outros estudos *in vitro* de diagnóstico de FR, como o de Kositbowornchai et al. (2001), Hassan et al. (2009) e o de Khedmat et al. (2012). Entretanto, Tofangchiha et al. (2011) e Kondylidou-Sidira (2012) encontraram valores inferiores para o filme e o CCD; assim como Wang et al. (2011) para o filme convencional; porém, esse estudo foi do tipo clínico. Já Wenzel et al. (2009) obtiveram uma acurácia superior para a PSP, bem como da Silveira et al. (2013).

Analizando-se as médias dos valores das áreas sob as curvas ROC para os diferentes sistemas e condições intracanal avaliados, podem-se verificar resultados semelhantes aos de estudos que utilizaram filme convencional e raízes sem preenchimento intracanal (Kambungton et al., 2012; Shintaku et al., 2013; da Silveira et al., 2013); filme convencional e raízes preenchidas com guta-percha (Gunduz et al., 2013); sistema digital Digora Optime® e raízes sem preenchimento (Shintaku et al., 2013). Além disso, o corrente estudo expôs uma área sob a curva ROC superior ao de Patel et al. (2013) para o sistema Digora® com raízes preenchidas com guta-percha. O oposto foi encontrado com o sistema VistaScan® e raízes com guta-percha (Gunduz et al., 2013). Apesar de ter utilizado o sistema CMOS de diferente marca comercial, Kambungton et al. (2012) exibiram valor equivalente ao do presente estudo em raízes sem preenchimento.

Era esperado que a condição sem preenchimento apresentasse uma área sob a curva ROC relativamente elevada para todos os sistemas, já que não existe material intracanal para sobrepor e mascarar a linha de fratura. Também era previsível que as condições guta-percha e pino metálico, em todas as modalidades, exibissem valores mais baixos, devido à sobreposição de materiais com altas densidades, espessura e número atômico, ocultando a linha de fratura. O que não era esperado nos resultados foi que a condição pino de fibra de vidro, mesmo apresentando menor densidade em relação à guta-percha e pino metálico, fosse semelhante a sem preenchimento em dois dos sistemas digitais estudados (VistaScan e SnapShot). Acredita-se que isso possa ser atribuído ao fato desses dois sistemas apresentarem maiores resoluções do que o terceiro sistema estudado e a possibilidade de manipulação da imagem em relação às radiografias convencionais. Além disso, as diferenças nos valores das áreas sob as curvas ROC para as raízes sem

preenchimento em relação às outras condições, tanto no Digora quanto no filme convencional também poderiam ser justificadas por esses fatos.

Ainda deve ser ressaltado que o único sistema que apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos demais foi o SnapShot, porém, exclusivamente na condição de preenchimento com pino de fibra de vidro. Esses resultados podem ser explicados devido à tecnologia distinta apresentada por esse sistema e a resolução espacial mais elevada.

Obviamente, o desempenho de diagnóstico da tomografia computadorizada de feixe cônico para a detecção de fraturas radiculares é superior ao de outras modalidades bidimensionais de imagem quando não se utiliza material intracanal, por essa tecnologia apresentar imagens tridimensionais sem sobreposição, como constatado nos estudos de Kamburoğlu et al. (2009), Wenzel et al. (2009) e Varshosaz et al. (2010). Entretanto, quando utilizados materiais intracanal, a sensibilidade, especificidade ou mesmo a acurácia dessas imagens podem ser reduzidas (Hassan et al., 2009; Hassan et al., 2010; Melo et al., 2010; Khedmat et al., 2012). Os estudos de Kamburton et al. (2012) e da Silveira et al. (2013), não mostraram diferença estatística entre a TCFC e radiografias periapicais no diagnóstico de fratura radicular. Assim, estudos *in vitro* e clínicos com TCFC destacam a importância dos exames radiográficos e sinais e sintomas clínicos no diagnóstico de fraturas radiculares e são unânimes em afirmar que as imagens de TCFC só devem ser requisitadas quando as radiografias convencionais não puderem confirmar a detecção da fratura em dentes sem e com material intracanal que apresentem suspeita clínica. Além disso, os inconvenientes associados à TCFC, como maiores doses de radiação e custo, quando comparados com as radiografias periapicais, devem ser enfatizados. Assim, torna-se importante selecionar um exame radiográfico que seja eficaz e que apresente uma menor dose de radiação com melhores resoluções. Logo, as radiografias periapicais com diferentes angulações horizontais devem ser a primeira opção na detecção de fraturas radiculares verticais.

Finalmente, por se tratar de um estudo *in vitro*, a presente pesquisa apresenta algumas limitações em relação à situação clínica real. O número, tamanho e orientação da linha de fratura podem ser diferentes na prática clínica, ou seja, o padrão da linha de fratura

é imprevisível. Além disso, não havia história clínica ou sintomatologia e nem sinais radiográficos indiretos que pudessem orientar/nortear os examinadores no momento da interpretação da imagem, o que poderia aumentar os valores de diagnóstico.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a proposta no presente trabalho, segundo a metodologia desenvolvida e a análise e discussão dos resultados encontrados, pôde-se concluir que:

- Na ausência de preenchimento intracanal ou na presença de guta-percha ou pino metálico, a radiografia convencional e os três sistemas digitais avaliados foram semelhantes na detecção de fraturas radiculares verticais; todos apresentaram um bom desempenho na ausência de material intracanal e inferior na presença do pino metálico ou guta-percha;
- Na condição com pino de fibra de vidro, sistemas digitais com maiores resoluções devem ser preferidos, já que, nesses sistemas, essa condição se assemelhou à sem preenchimento.

REFERÊNCIAS*

Abesi F, Mirshekar A, Moudi E, Seyedmajidi M, Haghanifar S, Haghighat N, Bijani A. Diagnostic accuracy of digital and conventional radiography in the detection of non-cavitated approximal dental caries. Iran J Radiol. 2012; 9(1): 17-21.

Blicher B, Joshipura K, Eke P. Validation of self-reported periodontal disease: a systematic review. J Dent Res. 2005; 84: 881.

da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HL, Montagner F, da Silveira HE. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an in vitro analysis. Dent Traumatol. 2013; 29(1): 41-46.

Eng J. ROC analysis: web-based calculator for ROC curves; updated 2006. Baltimore (MD): Johns Hopkins University. Disponível em: <http://www.rad.jhmi.edu/roc>.

European Commission Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence based guidelines, radiation protection publication 172. Luxembourg: European Commission; 2012.

Gunduz K, Avsever H, Orhan K, Çelenk P, Ozmen B, Cicek E, Egrioglu E, Karaçaylı Ü. Comparison of intraoral radiography and cone-beam computed tomography for the detection of vertical root fractures: an in vitro study. Oral Radiology January 2013; 29(1): 6-12.

Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular

* De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. Clin Oral Investig. 2008 Sep; 12(3): 217-23.

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.

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.

Junqueira RB, Verner FS, Campos CN, Devito KL, do Carmo AM. Detection of Vertical Root Fractures in the Presence of Intracanal Metallic Post: A Comparison between Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography. J Endod. 2013; 39(12): 1620-1624.

Kambungton J, Janhom A, Prapayasatok S, Pongsiriwet S. Assessment of vertical root fractures using three imaging modalities: cone beam CT, intraoral digital radiography and film. Dentomaxillofac Radiol. 2012; 41(2): 91-95.

Kamburoğlu K, Ilker Cebeci AR, Gröndahl HG. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. Dent Traumatol. 2009; 25(3): 256-261.

Khedmat S, Rouhi N, Drage N, Shokouhinejad N, Nekoofar MH. Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings. Int Endod J. 2012; 45(11): 1004-1009.

Kondylidou-Sidira A, Fardi A, Giannopoulou M, Parisis N. Detection of experimentally induced root fractures on digital and conventional radiographs: an in vitro study. *Odontology*. 2013; 101(1): 89-95.

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.

Kositbowornchai S, Sikram S, Nuansakul R, Thinkhamrop B. Root fracture detection on digital images: effect of the zoom function. *Dent Traumatol*. 2003; (19): 154-159.

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; (33): 159-174.

Li LL, Wang ZY, Bai ZC, Mao Y, Gao B, Xin HT, et al. Threedimensional finite element analysis of weakened roots restored with different cements in combination with titanium alloy posts. *Chin Med J (Engl)*. 2006; (119): 305-311.

Llena-Puy MC, Forner-Navarro L, Barbero-Navarro I. Vertical root fracture in endodontically treated teeth: a review of 25 cases. *Oral Surgery Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2001; (92): 553-555.

Marjorana A, Pasini S, Bardellini E, Keller E. Clinical and epidemiological study of traumatic root fractures. *Dent Traumatol*. 2002; (18): 77-80.

Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu M Jr, Corrêa LR, Corrêa 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.

Miyagaki DC, Marion J, Randi Ferraz CC. Diagnosis of vertical root fracture with cone-beam computerized tomography in endodontically treated teeth: three case reports. *Iran Endod J.* 2013; 8(2): 75-9.

Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. In vitro assessment of local computed tomography for detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; (103): 825-829.

Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberger R. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod.* 2008; (34): 1006-1010.

Özer T, Kamburoğlu K, Cebeci AR, Yüksel SP, Paksoy CS. Interpretation of chemically created periapical lesions using 2 different dental cone-beam computerized tomography units, an intraoral digital sensor, and conventional film. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2009; 107(3): 426-432.

Pass B, Furkart AJ, Dove SB, McDavid WD, Gregson PH. 6-bit and 8-bit digital radiography for detecting simulated periodontal lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994; 77(4): 406-411.

Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J.* 2013; doi: 10.1111/iej.12109.

Pontual AA, de Melo DP, de Almeida SM, Bóscolo FN, Haiter Neto F. Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39(7): 431-436.

Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Sadig W, Atiyeh F, Ferrari M. The effect of different full-coverage crown systems on fracture resistance and failure pattern of endodontically

treated maxillary incisors restored with and without glass fiber posts. J Endod. 2008; (34): 842-846.

Shintaku WH, Venturin JS, Noujeim M, Dove SB. Comparison between intraoral indirect and conventional film-based imaging for the detection of dental root fractures: an ex vivo study. Dent Traumatol. 2013; 29(6): 445-449.

Soğur E, Baksi BG, Gröndahl HG, Lomcali G, Sen BH. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2009; 38(7): 458-464.

Tamse A, Kaffe I, Lustig J, Ganor Y, Fuss Z. Radiographic features of vertically fractured endodontically treated mesial roots of mandibular molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006; 101(6): 797-802.

Tofangchiha M, Bakhshi M, Fakhar HB, Panjnoush M. Conventional and digital radiography in vertical root fracture diagnosis: a comparison study. Dent Traumatol. 2011; 27(2): 143-6.

Tsesis I, Kamburoğlu 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.

Varshosaz M, Tavakoli MA, Mostafavi M, Baghban AA. Comparison of conventional radiography with cone beam computed tomography for detection of vertical root fractures: an in vitro study. J Oral Sci. 2010; 52(4): 593-597.

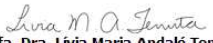
Wang P, Yan XB, Lui DG, Zhang WL, Zhang Y, Ma XC. Detection of dental root fractures by using cone-beam computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 2011; 40(5): 290-298.

Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. 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.* 2009; 108(6): 939-945.

Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Risk factors for a false positive test outcome in diagnosis of caries in approximal surfaces: impact of radiographic modality and observer characteristics. *Caries Res.* 2007; 41(3): 170-176.

Wenzel A, Kirkevang LL. High resolution charge-coupled device sensor vs. medium resolution photostimulable phosphor plate digital receptors for detection of root fractures in vitro. *Dent Traumatol.* 2005; 21(1): 32-36.

ANEXO

	COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	
CERTIFICADO		
O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Detecção de fraturas radiculares verticais em radiografias convencionais e digitais", protocolo nº 027/2012, dos pesquisadores Deborah Queiroz de Freitas e Helena Aguiar Ribeiro do Nascimento, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 30/05/2012.		
The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "Detection of vertical root fractures on conventional and digital radiographies", register number 027/2012, of Deborah Queiroz de Freitas and Helena Aguiar Ribeiro do Nascimento, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 05/30/2012.		
 Profa. Dra. Livia Maria Andalo Tenuta Secretária CEP/FOP/UNICAMP	 Prof. Dr. Jacks Jorge Junior Coordenador CEP/FOP/UNICAMP	
Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição. Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.		