

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENDODONTIA**

SANDRA JOIA MIZRAHI JAKOBSON

**INTERFERÊNCIA DE PINOS METÁLICOS NA DETECÇÃO DE FRATURAS
RADICULARES VERTICAIS POR EXAMES DE IMAGENS**

CURITIBA

2012

SANDRA JOIA MIZRAHI JAKOBSON

**INTERFERÊNCIA DE PINOS METÁLICOS NA DETECÇÃO DE FRATURAS
RADICULARES VERTICAIS POR EXAMES DE IMAGENS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Área de concentração: Endodontia, da Escola de Saúde e Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Everdan Carneiro

CURITIBA

2012

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

J25i 2012	Jakobson, Sandra Joia Mizrahi Interferência de pinos metálicos na detecção de fraturas radiculares verticais por exames de imagens / Sandra Joia Mizrahi Jakobson ; orientadora, Everdan Carneiro. – 2012. 45 f. : il. ; 30 cm Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2012. Inclui bibliografias Texto em português e inglês 1. Pinos dentários. 2. Radiografia computadorizada de feixe cônico. 3. Traumatismos dentários. 4. Intensificação de imagem radiográfica. 5. Odontologia. I. Carneiro, Everdan. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título. CDD 20. ed. – 617.6
--------------	---



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

TERMO DE APROVAÇÃO

SANDRA JÓIA MIZRAHI JAKOBSON

INTERFERÊNCIA DE PINOS METÁLICOS NA DETECÇÃO DE FRATURAS RADICULARES VERTICAIS POR EXAMES DE IMAGENS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de **Doutor em Odontologia**, Área de Concentração em **Endodontia**.

Orientador (a):

Prof. Dr. Everdan Carneiro
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Prof. Dr. Fernando Henrique Westphalen
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Prof. Dr. Antonio Adilson Soares de Lima
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFPR

Profª Drª Ângela Fernandes
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFPR

Curitiba, 18 de junho de 2012.

À minha mãe Regina Assá Mizrahi e ao meu pai Jaques Mizrahi, pelo exemplo de
vida e pelo amor incondicional.
Ao meu marido José, companheiro de todas as horas, por entender meus sonhos e
sonhar comigo, pela paciência e apoio constante.
Às minhas filhas Thaís e Júlia, que são meu maior estímulo no caminho do
crescimento pessoal. Obrigada por me proporcionarem tantas alegrias.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Prof. Dr. Everdan Carneiro, um mestre que sabe transmitir conhecimentos e incentivar a busca pelo saber, agradeço pela amizade, confiança e colaboração ao longo de todo o período de convivência. Seu exemplo de competência, serenidade, simplicidade e gentileza é um estímulo ao meu aperfeiçoamento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Vânia Portela Ditzel Westphalen, coordenadora do Doutorado na área de concentração em Endodontia, amiga e incentivadora, pelo seu exemplo de dedicação e pela colaboração em todas as etapas da pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Sérgio Vieira, pela seriedade e competência na coordenação programa de Pós Graduação em Odontologia da PUCPR.

Aos Professores Dr. Luiz Fernando Fariniuk e Dr. Ulisses Xavier da Silva pelos ensinamentos, pelo estímulo e amizade.

Ao Prof. Dr. Fernando Henrique Westphalen pelas orientações na fase inicial deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sérgio Aparecido Ignácio, pela importante colaboração na análise estatística deste trabalho.

Às Radiologistas Dras Ângela Graciela Deliga Schroeder, Anna Sílvia Setti Rocha e Ana Lúcia Tolazzi, que auxiliaram na interpretação dos exames de imagens e permitiram meu acesso aos seus laboratórios de Radiologia. Sem a competência e valiosa participação de vocês este trabalho não teria sido possível. Muito Obrigada pela paciência, prestatividade e amizade.

Às equipes da clínica DFI - Diagnóstico Facial por Imagem e do laboratório de Radiologia Odontológica – Digital Face Radiologia Odontológica, pela colaboração.

Aos amigos, professores de Endodontia, Dr. Egas Moniz de Aragão, Dr. Alexandre Roberto Heck e Dr. Sérgio Herrero de Moraes, pelo exemplo, pela oportunidade de convivência e pelo incentivo a fazer o mestrado e doutorado.

Aos amigos e colegas endodontistas, professores Ronaldo Carmona de Souza e Guilherme Fadel Nascimento, pela troca de experiências.

À Sra. Neide Borges, secretária da Pós- Graduação em Odontologia, pela dedicação ao trabalho e pela colaboração ao longo de todo o curso.

Aos colegas de doutorado, especialmente àqueles com os quais tive a oportunidade de conviver por mais tempo, Camila Paiva Perin, Vinício Hidemitsu Goto Hirai, Natanael Henrique Mattos e Liliane Roskamp, pela amizade e pelo apoio.

Aos professores do Curso de Odontologia da PUCPR pela atenção e auxílio em todos os momentos em que solicitei.

Aos funcionários do curso de Odontologia da PUCPR, pela prestatividade e solicitude.

À minha amiga Maria Isabel Vieira Dal Lago, pelo seu exemplo de sabedoria e pelo incentivo ao meu crescimento pessoal e profissional.

Às minhas irmãs Jacqueline, Luciane e Denise, minhas grandes amigas e companheiras.

À minha sobrinha Giovanna Mizrahi Carcereri, pela atenção e colaboração.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

“	Polegadas
CBCT	Tomografia computadorizada de feixe cônico
CBCT1	Sistema de tomografia computadorizada de feixe cônico Newtom 3G
	Sistema de Tomografia computadorizada de feixe cônico i-CAT
CBCT2	Next Generation
cm	Centímetros
FOV	<i>Field of View</i> – Campo de Visão
FRV	Fraturas Radiculares Verticais
G	Grupo
kV	Quilovoltagem
kVp	Potência de Quilovoltagem
mA	Miliamperes
MD	Mesio-Distal
mm	Milímetros
RC	Radiografias Convencionais
RD	Radiografias Digitais
VL	Vestíbulo- Lingual

SUMÁRIO

1	ARTIGO	9
1.1	INTRODUÇÃO	9
1.2	MATERIAL E MÉTODO	12
1.3	RESULTADOS	14
1.4	DISCUSSÃO	16
	REFERÊNCIAS.....	19
2	ARTICLE.....	23
2.1	INTRODUCTION.....	24
2.2	MATERIAL AND METHOD	25
2.3	RESULTS.....	28
2.4	DISCUSSION	29
	REFERENCES.....	32
	APÊNDICE A – REGISTRO DE PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FRATURAS ...	35
	APÊNDICE B – ORGANOGRAMA DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO	
	ESTUDO	38
	APÊNDICE C – FIGURAS ILUSTRATIVAS DAS FRATURAS RADICULARES	
	VERTICAIS	39
	ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	40
	ANEXO B – NORMAS DO JOURNAL OF ENDODONTICS	41

1 ARTIGO

Interferência de pinos metálicos na detecção de fraturas radiculares verticais por exames de imagens

Sandra Joia Mizrahi Jakobson, DDS, MSc,* Vânia Portela Ditzel Westphalen, DDS, MSc, PhD,* Luiz Fernando Fariniuk, DDS, MSc, PhD,* Ulisses Xavier da Silva Neto, DDS, MSc, PHD, * Everdan Carneiro, DDS, MSc PhD*

*Departamento de Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR; Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho. CEP: 80215-901. Brasil. e-mail: everdancarneiro@pucpr.br

Resumo

Verificou-se a interferência de pinos metálicos na detecção de fraturas radiculares verticais simuladas (FRV) em 2 sistemas de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT1 – Newtom 3G e CBCT2 – i-CAT Next Generation), radiografias convencionais (RC) e radiografias digitais (RD) e comparou-se os resultados destes exames. Adicionalmente verificou-se a influência do sentido de orientação da fratura na sensibilidade dos exames. Métodos: 100 pré-molares humanos foram divididos em 5 grupos (G): G1 - pinos e FRV vestibulo-linguais (VL); G2 – pinos e FRV mesio-distais (MD); G3 -sem pinos e FRV VL; G 4 – sem pinos e FRV MD; G5 - pinos e sem fraturas). Os dentes foram posicionados em mandíbulas humanas e as imagens foram avaliadas por 2 examinadores calibrados. Resultados: A presença de pinos reduziu a sensibilidade na detecção de fraturas no sistema CBCT1 ($p=0,0244$). Os sistemas CBCT apresentaram maior sensibilidade que as radiografias ($p=0,000$). Nos dentes sem pinos houve diferença entre CBCT1 e CBCT2 ($p=0,0244$). A especificidade dos exames foi respectivamente 92,5%, 82,5% 80% 57,5% para CBCT2, RC, RD e CBCT1. CBCT1 apresentou menor especificidade quando comparado a RC ($p=0,0170$); RD ($p=0,0330$) e CBCT2 ($p=0,0005$). Houve maior detecção de fraturas VL nos dentes com pinos nos exames: RD ($p= 0,0006$), CBCT1 e CBCT2 ($p=0,0236$), e nos dentes sem pinos nas RC e RD ($p=0,000$). Conclusão: A presença de pinos interferiu na detecção de FRV pelo sistema CBCT1. Os sistemas CBCT apresentam maior sensibilidade que as radiografias na detecção de FRV, porém podem apresentar falsos resultados.

Palavras-chave: Fraturas radiculares verticais. Tomografia computadorizada - Feixe cônico. Radiografias convencionais. Radiografias digitais. Pinos metálicos.

1.1 INTRODUÇÃO

As fraturas radiculares verticais (FRV) representam uma séria e frustrante complicação clínica devido à dificuldade em estabelecer o diagnóstico e ao prognóstico desfavorável dos dentes envolvidos, pois resultam, na quase totalidade

dos casos, na perda da raiz ou do dente envolvido. Correspondem a cerca de 2 a 5% de todas as fraturas dentárias (1) e estão presentes em 10 a 20% dos dentes endodonticamente tratados que são extraídos (2).

Estas fraturas apresentam etiologia multifatorial. Estão relacionadas a traumatismos dentários, hábitos parafuncionais, forças oclusais excessivas, doenças ou procedimentos clínicos que ocasionam redução acentuada da estrutura dental, força exagerada durante a condensação da obturação endodôntica ou durante a colocação de retentores intra-radiculares (1,3,4,5), sendo mais frequentes em pacientes com idade avançada (6). Ocorrem em dentes vitais e não vitais, contudo são os pré-molares e molares tratados endodonticamente e portadores de pinos intra-radiculares, os dentes mais acometidos (1,2,3). As fraturas podem ser incompletas ou completas de acordo com a sua extensão e ocorrer no sentido méso-distal (MD) ou vestibulo-lingual (VL), sendo esta última situação a mais frequente (1,7).

O diagnóstico precoce é essencial para que o tratamento adequado seja rapidamente instituído. Em alguns tipos de fraturas é possível adotar medidas terapêuticas a fim de preservar o dente envolvido (8, 9,10). Nos casos em que a exodontia é indicada, quanto mais cedo for realizada, menores serão os danos adicionais às estruturas ósseas adjacentes, resultantes da evolução do quadro inflamatório e infeccioso, que dificultam tratamentos futuros na área afetada (1,10).

As FRV podem apresentar uma grande variedade de sintomas e de sinais clínicos e radiográficos. Nos estágios iniciais os sinais e sintomas mimetizam complicações de origem endodôntica, periodontal ou envolvimento combinado endo-periodontal (1,5), o que dificulta o diagnóstico.

As radiografias periapicais convencionais (RC) e digitais (RD) são os exames de imagem mais realizados na prática endodôntica. Nos casos de FRV revelam diferentes aspectos, variando desde um aspecto de normalidade, até diferentes padrões de lesões radiolúcidas, que podem situar-se na região periapical, lateralmente por mesial, distal, envolvendo ambos os lados da raiz afetada ou sob a forma de um halo circundando a região periapical e estendo-se lateralmente, sendo este o aspecto mais prevalente nos estágios mais avançados (11,12). A linha de fratura raramente pode ser observada nas radiografias, a não ser que o plano da fratura fique paralelo ao feixe de radiação (13), e mesmo nestas situações, pode ser sobreposta pelos núcleos ou materiais obturadores radiopacos (12). A confirmação

da fratura exige, algumas vezes, uma cirurgia exploratória e ainda assim, casos de fratura incompleta envolvendo apenas a parede lingual são de difícil identificação (1,12). Falhas no diagnóstico resultam na indicação de procedimentos inadequados, o que além do custo biológico, gera despesas desnecessárias, desgaste da relação profissional-paciente e sujeita o profissional a complicações legais (15).

Recentes estudos têm demonstrado a efetividade das tomografias computadorizadas de feixe cônico (CBCT) no diagnóstico destas fraturas (16-24). Estes sistemas propiciam imagens tridimensionais de alta qualidade, sem a interferência das estruturas adjacentes, com uma dosagem de radiação bem inferior à utilizada nas tomografias computadorizadas convencionais, que utilizam um feixe de raios X em forma de leque (25). Em endodontia são indicadas para a detecção e acompanhamento de lesões periapicais e reabsorções radiculares, estudo da anatomia dos canais radiculares, planejamento cirúrgico, em casos de traumatismos dentários e na detecção de fraturas radiculares (25-27).

Existem vários sistemas CBCT disponíveis comercialmente, com características variáveis na geração, detecção e reconstrução das imagens. Estas diferenças afetam a qualidade da imagem obtida e conseqüentemente interferem na interpretação dos exames (20,24).

O aparecimento de artefatos de imagem, relacionados à presença de materiais radiopacos na área de interesse, embora menos freqüente nas tomografias computadorizadas de feixe cônico que nas tomografias computadorizadas médicas, é uma limitação desta tecnologia (13,17,19,20).

A interferência de pinos metálicos na detecção dos FRV não está bem estabelecida. Como os dentes endodonticamente tratados e portadores de pino constituem o grupo mais susceptível, o risco da interpretação das imagens tomográficas gerar falsos resultados deve ser investigado por meio de avaliações de sensibilidade (detecção dos casos verdadeiro-positivos na presença da doença) e especificidade (detecção dos casos verdadeiro-negativos na ausência de doença).

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a interferência de pinos metálicos na detecção de FRV simuladas em 2 (dois) sistemas de CBCT, RC e RD e comparar os resultados destes exames na detecção de FRV. Verificou-se adicionalmente a influência do sentido de orientação da fratura, mesio-distal (MD) ou vestibulo-lingual (VL) sobre a detecção das FRV.

1.2 MATERIAL E MÉTODO

Para este estudo foram selecionados 100 pré-molares humanos unirradiculares obtidos do banco de dentes da instituição com aprovação do Comitê de Ética (ANEXO A).

Os dentes foram descontaminados com solução tamponada de formol a 10% e enxaguados em solução salina. Confirmou-se a integridade da porção radicular com um microscópio óptico M900 com aumento de 10 vezes (DF Vasconcellos, Londrina, PR, Brasil). A porção coronária foi removida e os canais foram preparados com o sistema rotatório ProTaper (Dentsply- Maillefer, Petrópolis, RJ, Brasil) até a finalização com o instrumento F3. A obturação foi realizada com gutapercha e cimento AH Plus (Dentsply Detrey, Konstanz, Alemanha).

Em 60 (sessenta) dentes foram realizados preparos para pinos em 2/3 da extensão radicular e pinos metálicos pré-fabricados (Reforpost II -Angelus, Londrina, PR) foram cimentados com fosfato de zinco (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil).

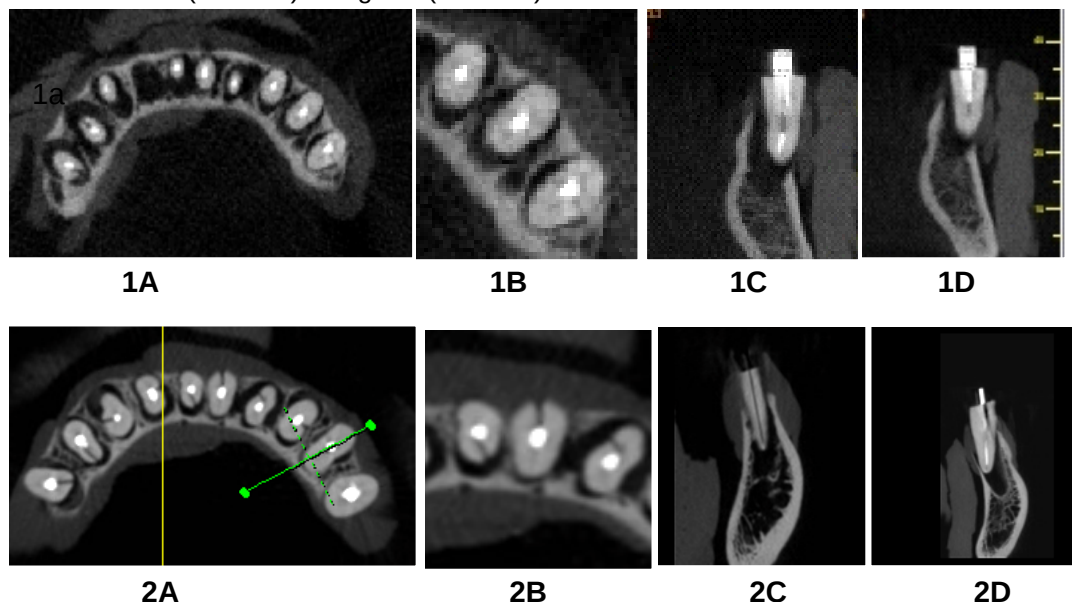
Simulações de FRV incompletas foram realizadas em 80 dentes, dos quais 40 dentes foram fraturados no sentido VL e os demais 40 dentes, no sentido MD (APÊNDICE B). As fraturas foram realizadas ao longo de 2/3 da raiz (APÊNDICE C), estendendo-se em profundidade até as proximidades do canal radicular, sem ultrapassá-lo, com discos de aço diamantados com 22mm de diâmetro por 0,20mm de espessura (DHPro, Paranaguá, PR, Brasil) acoplados a uma peça de mão reta, em baixa rotação, adaptação da metodologia empregada por Goldberg et al (28).

Os dentes foram numerados e divididos aleatoriamente em 5 grupos (G) de 20: G1 – Dentes com pinos e FRV VL; G2 – Dentes com pinos e FRV MD; G3 – Dentes sem pinos e FRV VL; G4 – Dentes sem pinos e FRV MD; G5 – Dentes com pinos e sem fraturas. Conjuntos de 10 dentes contendo amostras dos 5 grupos experimentais foram posicionados em alvéolos de pré-molares, caninos e incisivos direito e esquerdo, em mandíbulas humanas secas, recobertas por tiras de músculo bovino posicionadas por vestibular e lingual para simular o tecido mole (29). Os dentes foram submetidos a 4 tipos de exames de imagens: CBCT1 (NewTom 3G - QR, Verona, Itália), CBCT2 (*i-CAT Next Generation - Imaging Sciences International*, Haltfield, Pennsylvania, EUA), RC e RD.

Foram realizadas 10 tomografias de mandíbula com cada aparelho, com os seguintes protocolos: CBCT1 -110 kVp; 0,3 mA; voxel: 0,2mm; FOV: 6"; 0,5mm de

espessura dos cortes; 0,5mm de distância entre os cortes; CBCT2 -120 kVp; 5mA; voxel 0,2mm; FOV 16 cm de diâmetro por 8 cm de altura; 0,5mm de distância entre os cortes e 0,5mm de espessura dos cortes (FIGURA 1).

Figura 1 – Imagens de cortes axiais (1A e 1B) e sagitais (1C e 1D) com o sistema CBCT1; imagens de cortes axiais (2A e 2B) e sagitais (2C e 2D) com o sistema CBCT2.



Fonte: a autora, 2012

Com os dentes na mesma posição, foram realizadas radiografias periapicais RC e RD em 3 angulações horizontais: orto, mesio e disto-radial, com a ajuda de posicionadores de filmes (Indusbelo, Londrina, Pr, Brasil). Utilizou-se um aparelho Kodak 2200 – Intra-Oral X- Ray System, 7mA, 60 kV, com tempo de exposição de 0,198 segundos para as RC e 0,1 segundos para as radiografias digitais com o sistema Digora (Soredex, Tuusula, Finland). As radiografias convencionais foram realizadas com filmes Kodak Ultraspeed, sensibilidade D (Eastman Kodak Co. Rochester, NY, EUA) e o processamento foi realizado em uma processadora automática A/T 2000 XR (Air Techniques Inc, Georgia, EUA). As radiografias digitais foram realizadas com um sensor CCD 30 x 40mm e analisadas num monitor AOC Deevo 19" L19W31 (AOC, Manaus, Brasil).

A interpretação das imagens dos 4 exames foi realizada por 2 especialistas em Radiologia Odontológica, calibradas, em 4 sessões distintas, uma para cada exame. Um monitor LG 19" W1952TQ (LG Electronics, São Paulo, Brasil) foi utilizado para a análise das imagens geradas pelo sistema CBCT1 (Newtom 3G), com o programa NNT (QR, Verona, Itália) e um monitor LG 22" - Flatron W2252TQ

(LG Electronics, São Paulo, Brasil) para as imagens geradas com o sistema CBCT2 (i-CAT Next Generation), com o programa específico do sistema. As radiografias convencionais foram posicionadas em cartelas escuras e observadas em negatoscópio, em ambiente com luz reduzida.

A presença ou ausência de FRV foi registrada para cada imagem, adotando-se o índice 0 para ausência de fratura e 1 para presença de fratura. Nas radiografias, sempre que a fratura foi observada em pelo menos uma das três angulações, considerou-se a presença de fratura neste exame.

Os dados foram registrados em uma tabela (APÊNDICE A) com o objetivo de verificar a sensibilidade e especificidade de cada exame, nos grupos experimentais. Comparou-se os resultados entre os grupos e entre os exames utilizando-se o teste Z de diferença entre 2 proporções, adotando-se um nível de significância de 5%. Para verificar o nível de concordância entre os observadores foi realizado o teste kappa de Cohen.

1.3 RESULTADOS

O nível de concordância (valor kappa) entre os avaliadores foi 0,45.

A presença de pinos reduziu a sensibilidade na detecção de fraturas no sistema CBCT1 ($p=0,0244$) (TABELA 1). Comparando-se os exames, verificou-se que ambos os sistemas CBCT apresentaram maior sensibilidade que RC e RD nos dentes com e sem pinos ($p=0,000$). Nos dentes sem pinos observou-se diferenças entre CBCT1 e CBCT2 ($p=0,0244$).

A especificidade dos exames foi respectivamente: 92,5% para CBCT2, 82,5% para RC, 80% para RD e 57,5% para CBCT1. O sistema CBCT1 foi o exame que apresentou a menor especificidade, com diferenças significativas quando comparado a RC ($p=0,0170$); RD ($p=0,0330$) e CBCT2 ($p=0,0005$) (TABELA 2).

Analisando-se a influência da orientação das fraturas, no sentido VL ou MD, observou-se maior detecção de fraturas VL, com diferenças significativas nos dentes com pinos nos exames: RD ($p=0,0006$), CBCT1 e CBCT2 ($p=0,0236$), e nos dentes sem pinos nos exames: RC e RD ($p=0,000$) (TABELA 3).

Tabela 1 – Valores Globais de Sensibilidade, Diferenças entre os Exames nos Dentes com Pinos e sem Pinos e Influência dos Pinos na Sensibilidade dos Exames

Exames		RC	RD	CBCT1	CBCT2
Dentes com pinos G1 e G2	Sensibilidade	50	44	75	77
		62,5%	55%	93,75%	96,25%
	RC	x	0,336	0,000	0,000
	RD	0,336	x	0,000	0,000
	Valor p**	0,000	0,000	x	0,509
Dentes sem pinos G3 e G4	CBCT1	0,000	0,000	0,519	x
	CBCT2	0,000	0,000	x	
	Fraturas Detectadas (VP)*	52	46	80	75
	Sensibilidade	65%	57,5%	100%	93,75%
	RC	x	0,331	0,000	0,000
Diferenças entre dentes com e sem pinos - Valor p***	RD	0,331	x	0,000	0,000
	CBCT1	0,000	0,000	x	0,024
	CBCT2	0,000	0,000	0,024	x

Fonte: a autora, 2012

*Resultados verdadeiro-positivos.

** Teste Z de Diferença entre 2 proporções para verificar diferenças entre os exames.

*** Teste Z de diferença entre 2 proporções para verificar diferenças entre dentes com pinos e sem pinos.

Tabela 2 – Valores Globais de Especificidade e Diferenças entre os Exames no Grupo 5

Exames		RC	RD	CBCT1	CBCT2
Ausências de Fraturas*		33	32	23	37
Especificidade		82,5%	80%	57,5%	92,5%
Valores p **	RC	X	0,7753	0,0147	0,1989
	RD	0,7753	x	0,0330	0,1086
	CBCT1	0,0170	0,0366	x	0,0005
	CBCT2	0,1802	0,0929	0,0005	x

Fonte: a autora, 2012

*Resultados verdadeiro - negativos.

**Teste Z de diferença entre 2 proporções.

Tabela 3 – Influência do Sentido de Orientação da Fratura na Sensibilidade Global dos Exames

Grupos	Exames	RC	RD	CBCT1	CBCT2
G1 Pinos FRV VL	Fraturas detectadas *	26	30	40	40
	Sensibilidade	65%	75%	100%	100%
G2 Pinos FRV MD	Fraturas detectadas*	24	14	35	35
	Sensibilidade	60%	35%	87,5%	87,5%
	Valor p**	0,6455	0,0006	0,0236	0,0236
G3 Sem pinos FRV VL	Fraturas detectadas*	36	35	40	38
	Sensibilidade	90%	87,5%	100%	95%
G4 Sem pinos FRV MD	Fraturas detectadas*	16	11	40	37
	Sensibilidade	40%	27,5%	100%	92,5%
	Valor p**	0,000	0,000	1	0,5579

Fonte: a autora, 2012

*Resultados verdadeiro- positivos

**Valores p do Teste de Diferença entre 2 Proporções

1.4 DISCUSSÃO

As vantagens da tomografia de feixe cônico como recurso complementar aos exames radiográficos convencionais no planejamento e diagnóstico em endodontia estão bem estabelecidas. Seu uso vem aumentando significativamente nas situações clínicas de maior complexidade, nas quais os benefícios de sua utilização superam os riscos potenciais (25-27).

Entre as diversas indicações para sua utilização está a detecção de fraturas radiculares verticais (16-27). Estudos *in vivo* (16,21) e *in vitro* (13,17-20,23) observaram resultados superiores dos sistemas CBCT em comparação às radiografias periapicais convencionais e digitais na detecção de FRV, o que está de acordo com os resultados encontrados em nosso estudo. Por outro lado Kambungton et al. (30) comparando um sistema CBCT a RC e RD não encontrou diferenças significativas entre os exames, possivelmente devido diferenças na metodologia e à qualidade de imagem do tomógrafo utilizado.

Nos dentes endodonticamente tratados e portadores de pinos metálicos, uma questão a ser esclarecida é a interferência de artefatos causados pela presença destes materiais na interpretação das imagens dos sistemas CBCT. Nestas situações clínicas existem dúvidas quanto à validade de submeter o paciente a exames com sistemas de tomografia de feixe cônico, pois artefatos podem levar a falsos resultados, quando mimetizam linhas de fratura ou mascaram fraturas presentes (13,19,20,32,33). É necessário esclarecer se existe uma relação custo-benefício favorável do ponto de vista biológico e financeiro.

Artefatos são distorções ou erros de imagem, não relacionados ao material em estudo (27). Ocorrem devido a diferenças na atenuação do feixe de radiação por materiais de alta densidade que absorvem significativamente os raios X, resultando em perda de dados, ausência de homogeneidade e baixa definição da imagem. Artefatos metálicos podem ser reduzidos por ajustes nos parâmetros de aquisição e reconstrução de imagens, contudo ainda assim representam uma limitação na qualidade da imagem (31-33). Costa et al. (34) verificaram *in vitro* que a presença de pinos metálicos reduziu significativamente a acurácia de um sistema CBCT na detecção de fraturas horizontais.

Estudos avaliando a capacidade de detecção de FRV por diferentes exames em dentes com e sem obturação endodôntica demonstraram a influência do materla

obturador sobre os resultados. A presença de obturação endodôntica não alterou a sensibilidade, mas reduziu significativamente a especificidade de um sistema CBCT e de RD (13) e de 5 sistemas CBCT(24).

Resultados de um estudo avaliando a interferência de pinos na detecção de FRV por um sistema CBCT, RC e RD demonstraram que o sistema CBCT apresentou maior sensibilidade e especificidade que os demais exames na presença de pinos (23). Por outro lado Melo et al. (20) não observaram diferenças estatísticas na detecção de FRV entre dentes com pinos não cimentados, dentes com cones únicos de gutapercha e dentes sem preenchimento do canal, utilizando um sistema CBCT.

No presente estudo os dentes foram obturados com cimento e gutapercha a fim de reproduzir a situação encontrada clinicamente. O grupo com pinos e sem fraturas foi incluído para verificarmos a especificidade dos exames. As radiografias convencionais e digitais foram realizadas em 3 angulações, para reduzir as limitações da representação bidimensional. Apenas no sistema CBCT1 houve redução na detecção de FRV na presença de pinos. O sistema CBCT1 foi também o exame que apresentou a menor especificidade em dentes com pinos. Estes resultados podem estar relacionados à qualidade e aos parâmetros de reconstrução de imagem deste sistema. Os sistemas CBCT utilizados neste estudo apresentam diferentes tipos de sensores de imagem. Enquanto o Newtom 3G utiliza como receptor da imagem um tubo intensificador de imagem acoplado a um dispositivo de carga acoplada, o i-Cat possui um detector de tela plana que proporciona uma maior qualidade de imagem com melhor contraste e resolução espacial e menor formação de artefatos (24). Muitos sistemas de tomografia de feixe cônico estão disponíveis comercialmente, com diferenças na sensibilidade e especificidade na detecção de FRV, como já foi demonstrado (20, 24). Portanto, os resultados proporcionados pelos sistemas CBCT testados neste estudo não devem ser extrapolados para os demais sistemas CBCT.

Analisando-se a influência da orientação das fraturas observou-se maior detecção de fraturas VL nos dentes com pinos nos exames RD, CBCT1 e CBCT2, e nos dentes sem pinos nos exames RC e RD. Nas radiografias, devido à dificuldade de se posicionar o feixe de radiação paralelo à linha de fratura quando esta ocorre no sentido MD, espera-se uma maior detecção de fraturas VL, o que já foi confirmado por estudos anteriores (13,24). Por outro lado, nos sistemas CBCT, por

permitirem a observação das áreas estudadas tridimensionalmente, espera-se insensibilidade à orientação das fraturas. É possível que nossos resultados estejam relacionados às dificuldades de interpretação ocasionadas por artefatos de imagem, gerados pela presença de pinos metálicos.

Conclui-se que, respeitadas as limitações da metodologia empregada, os sistemas CBCT apresentam maior sensibilidade que as radiografias na detecção das FRV em dentes com pinos e são úteis como recursos auxiliares para o diagnóstico destas fraturas, porém podem apresentar falsos resultados. Portanto, o resultado da interpretação das imagens deve ser avaliado com cautela e o diagnóstico deve basear-se na somatória de dados obtidos com a anamnese, exame clínico e exames de imagens.

REFERÊNCIAS

1. COHEN, S.; BLANCO, L.; BERMAN, L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. **J Am Dent Assoc**, v. 134, n. 4, p. 434-441, apr. 2003.
2. COPPENS, C. R. M.; DEMOOR, R. J. G. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. **Int Endod J**, v. 36, p. 926, 2003.
3. FUSS, Z. et al. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. **J Endod**, v. 27, n. 1, p. 46-48, jan. 2001.
4. LERTCHIRAKARN, V.; PALAMAR, J. E. A.; MESSER, H. H. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. **J Endod**, v. 29, n. 8, p. 523-528, aug. 2003.
5. PECIULIENE, V.; RIMKUVIENE, J. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey. **Stomatologija**, v. 6, n. 3, p. 77-80, 2004.
6. MIREKU, A. S. et al. Vertical fracture of root filled teeth restored with posts: the effects of patient age and dentine thickness. **Int Endod J**, v. 43, n. 3, p. 218-225, mar. 2010.
7. RIVERA, E.; WALTON, R. E. Longitudinal root fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. **Endodontic Topics**, v. 16, p. 82-111, 2009.
8. OZER, S.; ÜNLÜ, G.; DEGER, Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three cases reports with two year follow-up. **J Endod**, v. 37, n. 1, p. 97-102, jan. 2011.
9. FLORATOS, S. G.; KRATCHMAN, S. I. Surgical management of vertical root fractures for posterior teeth: report of four cases. **J Endod**, v. 38, n. 4, p. 550-555, apr. 2012.
10. AILOR JR, J. E. Managing incomplete tooth fractures. **J Am Dent Assoc**, v. 131, n. 8, p. 1168-1174, aug. 2000.
11. TAMSE, A. et al. Radiographic features of vertically fractured, endodontically treated maxillary premolars. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 88, n. 3, p. 348-352, sep. 1999.

12. TAMSE, A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth diagnostic signs and clinical management. **Endodontic Topics**, v. 13, n. 1, p. 84-94, mar. 2006.
13. HASSAN, B.; METSKA, M. E.; OZOK, A. R. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. **J Endod**, v. 35, n. 5, p. 719-22, may 2009.
14. COHEN, S. et al. A Demographic analyses of vertical root fractures. **J Endod**, v. 32, n. 12, p. 1160-1163, dec. 2006.
15. ROSEN, E. et al. Medico-legal aspects of vertical root fractures in root filled teeth. **Int Endod J**, v. 45, n. 1, p. 7-11, jan. 2012.
16. BERNARDES, R. A. et al. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 108, n. 2, p. 270-277, aug. 2009.
17. OZER, S. Y. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. **J Endod**, v. 36, n. 7, p. 1245-1249, jul. 2010.
18. VARSHOSAZ, M. et al. Comparison of conventional radiography with cone beam computed tomography for detection of vertical root fractures: an *in vitro* study. **J Oral Sci**, v. 52, n. 4, p. 593-597, jan. 2010.
19. MELO, S. L. et al. Diagnostic ability of a cone beam computed tomography scan to asses longitudinal root fractures in prostetically treated teeth. **J Endod**, v. 36, n. 11, p. 1879-1882, nov. 2010.
20. KAMBUROGLU, K. et al. Detection of vertical root fracture using cone-beam computerized tomography: an in vitro assessment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod** 2010; 109(2):74-81.
21. EDLUND, M.; NAIR, M. K.; NAIR, U. P. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. **J Endod**, v. 37, n. 6, p. 768-772, jun. 2011.
22. TSESIS, I. Comparison of digital with conventional radiography in detection of vertical root fractures in endodontically treated maxillary premolars: an ex vivo study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 106, n. 1, p. 124-128, jul. 2008.

23. VALIZADEH, S.; KHOSRAVI, M.; AZIZI, Z. Diagnostic accuracy of conventional, digital and cone beam ct in vertical root fracture detection. **J Endod**, v. 6, n. 1, p. 15-20, 2011.

24. HASSAM, B. et al. Comparison of five cone beam computed tomography systems for detection of vertical root fractures. **J Endod**, v. 36, n. 1, p. 126-129, jan. 2010.

25. DE VOS, W.; CASSELMAN, J.; SWENNEN, G. R. J. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. **Int. J. Oral Maxillofac Surg**, v. 38, n. 6, p. 609-625, jun. 2009.

26. USE of cone-beam computed tomography in endodontics Joint position statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 111, n. 2, p. 234-237, feb. 2011.

27. SCARFE, W. C. et al. Use of cone beam computed tomography in endodontics. **Int J Dent**, v. 2009, p. 6345-6367, 2009.

28. GOLDBERG, F. et al. The Evaluation of Four Electronic Apex Locators in Teeth with Simulated Horizontal Oblique Root Fractures. **J Endod**, v. 34, n. 12, p. 1497-1499, dec. 2008.

29. WESTPHALEN, V. P. D. et al. Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 33, n. 4, p. 233-235, jul. 2004.

30. KAMBUNGTON, J. et al. Assessment of vertical root fractures using three imaging modalities: cone beam CT, intraoral digital radiography and film. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 41, n. 2, p. 91-95, feb. 2012.

31. SCHULZE, R. et al. Artefacts in CBCT: a review. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 40, p. 265-273, 2011.

32. DEEPAK, B. S. et al. Imaging Techniques in Endodontics: An Overview. **J Clin Imaging Sci**, v. 2, n. 13, p. 1-8, mar. 2012.

33. BUENO, M. R. et al. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. **J Endod**, v. 37, n. 1, p. 85-90, jan. 2011.

34. COSTA, F. F. et al. Detection of Horizontal Root Fracture with Small-volume Cone-Beam Computed Tomography in the Presence and Absence of Intracanal Metallic Post. **J Endod**, v. 37, n. 10, p. 1456-1459, oct. 2011.

2 ARTICLE

Interference of metal posts in the detection of vertical root fractures in imaging exams

Sandra Joia Mizrahi Jakobson, DDS, MSc,* Vânia Portela Ditzel Westphalen, DDS, MSc, PhD,** Luiz Fernando Fariniuk, DDS, MSc, PhD,** Ulisses Xavier da Silva Neto, DDS, MSc, PHD**, Ângela Graciela Deliga Schroeder, DDS, MSc,*** Everdan Carneiro, DDS, MSc, PhD**

* Doctoral student in Dentistry, area of concentration in Endodontics, of the School of Health and Biosciences at the Pontifical Catholic University of Parana – PUCPR; Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho. CEP: 80215-901. Brazil. E-mail: sandrajakobson@uol.com.br

** Department of Endodontics, Pontifical Catholic University of Paraná – PUCPR; Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho. CEP: 80215-901. Brazil. E-mail: everdancarneiro@pucpr.br

*** Private Clinic and Digital Face Dental Imaging Center, Curitiba, Paraná, Brazil

Abstract

Introduction: The presence of metallic intracanal posts may represents an additional difficulty in early diagnostic of vertical root fractures (VRF). The aim of this study was to assess the interference of posts in detection of simulated vertical root fractures in different imaging methods - 2 cone-beam computed tomography systems (CBCT1 – NewTom 3G and CBCT2 – i-CAT Next Generation), conventional radiographs (CR) and digital radiographs (DR). The sensitivity and specificity of the exams in detection of VRF were compared. **Methods:** 100 human uniradicular pre-molars were endodontically treated and divided in 5 groups (G): G1 – posts and vestibular-lingual VRFs (VL); G2 – posts and mesio-distal VRFs (MD); G3 – without posts and VRFs VL; G4 – without posts and VRFs MD; G5 – posts and without VRFs. The teeth were placed in human mandibles and submitted to 4 types of examinations. The interpretation of the images was performed by 2 experienced observers. **Results:** The presence of posts reduced sensitivity in the CBCT1 system ($p=0.0244$). The CBCT systems showed greater sensitivity than the radiographs ($p=0.000$). In the teeth without posts there was difference between CBCT1 and CBCT2 ($p=0.0244$). The specificity of the exams was 92.5%, 82.5%, 80% and 57.5% for CBCT2, CR, DR and CBCT1, respectively. CBCT1 showed lower specificity when compared with CR, ($p=0.0170$); DR ($p=0.0330$) and CBCT2 ($p=0.0005$). **Conclusions:** The presence of metallic intracanal posts interfered in the detection of VRF by the CBCT1 system. CBCT systems showed greater sensitivity in detecting VRF than the radiographs, but presented false results.

Key words: Vertical root fractures. Cone-beam computed tomography. Conventional radiographs. Digital radiographs. Metal posts.

2.1 INTRODUCTION

Vertical root fractures (VRF) correspond to approximately 2% to 5% of all dental fractures (1) and are present in 10% to 20% of endodontically treated teeth that are extracted (2).

These fractures are related to dental trauma, parafunctional habits, excessive occlusal forces, diseases or clinical procedures that cause an accentuated reduction of the tooth structure, exaggerated force during the condensation procedure of endodontic filling or when placing intraradicular retainers (1, 3, 4, 5), which occur more frequently in older patients (6). Fractures may occur in the mesiodistal (MD) or vestibular-lingual (VL) direction, the latter being the most frequent situation (1, 7).

Early diagnosis is essential so that extraction or adequate treatment can be performed quickly (8, 9, 10).

Conventional (CR) and digital (DR) periapical radiographs are the most frequent imaging exams performed in endodontic practice. In cases of VRF, the images reveal different aspects that vary from an aspect of normality through to different patterns of radiolucent lesions (11, 12). The fracture line may rarely be observed (13). Diagnostic failures result in the indication of inappropriate procedures which, in addition to the biological cost, cause unnecessary expenses, can place strain on the professional/patient relationship and subject the professional to legal complications (15).

Recent studies have shown the effectiveness of cone-beam computed tomography (CBCT) in the diagnosis of root fractures (16-27), but imaging artifacts, related to the presence of radiopaque materials in the area of interest may represent a limitation of this technology (13, 17, 19, 20). Since endodontically treated teeth and teeth with posts are the most susceptible group (1, 2, 3), the risk of the interpretation of CBCT images generating false results must be investigated.

The main objective of the present study was to assess the interference of intracanal metallic posts in the detection of simulated VRFs in 2 CBCT systems, CR and DR and compare the VRF detection results of these exams. In addition, the influence of the direction of the fracture orientation (MD or VL) on the detection of VRF was verified.

2.2 MATERIAL AND METHOD

For this study, 100 human uniradicular premolars were selected. The teeth were radiographed to observe the root canal anatomy. The integrity of the root was confirmed with the light microscope M900 at 10X magnification (DF Vasconcellos, Londrina, PR, Brazil). Teeth with root caries, pulp calcifications, resorption, cracks or root fractures were excluded. The premolars were decontaminated with 10% buffered formol solution and rinsed in a saline solution. The coronal portion was removed at the cement-enamel junction using low speed stainless steel disks with diamond coating (DHPro, Paranaguá, PR, Brazil) and the canals were prepared with the ProTaper rotary system (Dentsply- Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) until finalization with the F3 instrument of the system. The root canal filling was performed with F3 gutta-percha cones (Dentsply- Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) and AH Plus sealer (Dentsply Detrey, Konstanz, Germany).

In 60 teeth preparations for posts were performed in 2/3 of the root extension with 28- mm Gates-Glidden burs No 2 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil) and largo burs No 2 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, RJ, Brazil). Pre-fabricated metallic posts (Reforpost II - Angelus, Londrina, PR) were cemented with zinc phosphate cement (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brazil).

Simulations of incomplete VRF were performed in 80 teeth, in the VL direction in 40 teeth and in the MD direction in the other 40 teeth. Fractures were performed along 2/3 of the root, extending in depth close to the root canal without exceeding it, using steel diamond coated disks 22mm in diameter and 0.20 mm thick (DHPro, Paranaguá, Paraná, Brazil) coupled to a straight handpiece at low speed, in an adaptation of the methodology used by Goldberg et al (28).

The teeth were numbered and randomly divided into 5 groups (G) of 20 specimens each: G1 – teeth with posts and VL VRF; G2 – teeth with posts and MD VRF; G3 – teeth without posts and VL VRF; G4 –teeth without posts and MD VRF; G5 – teeth with posts and without fractures. Ten sets of 10 teeth were randomly selected, which were placed in the premolar, canine and left and right incisor sockets in the dry human mandibles. The mandibles were covered with bovine muscle cut into strips approximately 1.5mm thick and placed in the vestibular and lingual directions to simulate the soft tissue (29). The root fractures were randomly placed in the sockets in the vestibular, lingual, mesial or distal direction. The teeth were

submitted to 4 types of imaging exams: CBCT1 (NewTom 3G - QR, Verona, Italy), CBCT2 (i-CAT Next Generation - Imaging Sciences International, Haltfield, Pennsylvania, USA), CR, and DR.

The exams with the CBCT systems were performed using the following protocols: CBCT1 -110 kVp; 0.3 mA; voxel: 0.2mm; FOV: 6", 0.5 mm thick cuts and at a distance of 0.5 mm between the cuts; CBCT2 -120 kVp; 5mA; voxel 0.2 mm; FOV 16 cm in diameter x 8 cm high; 0.5 mm thick cuts and at a distance of 0.5 mm between the cuts (Figure 1).

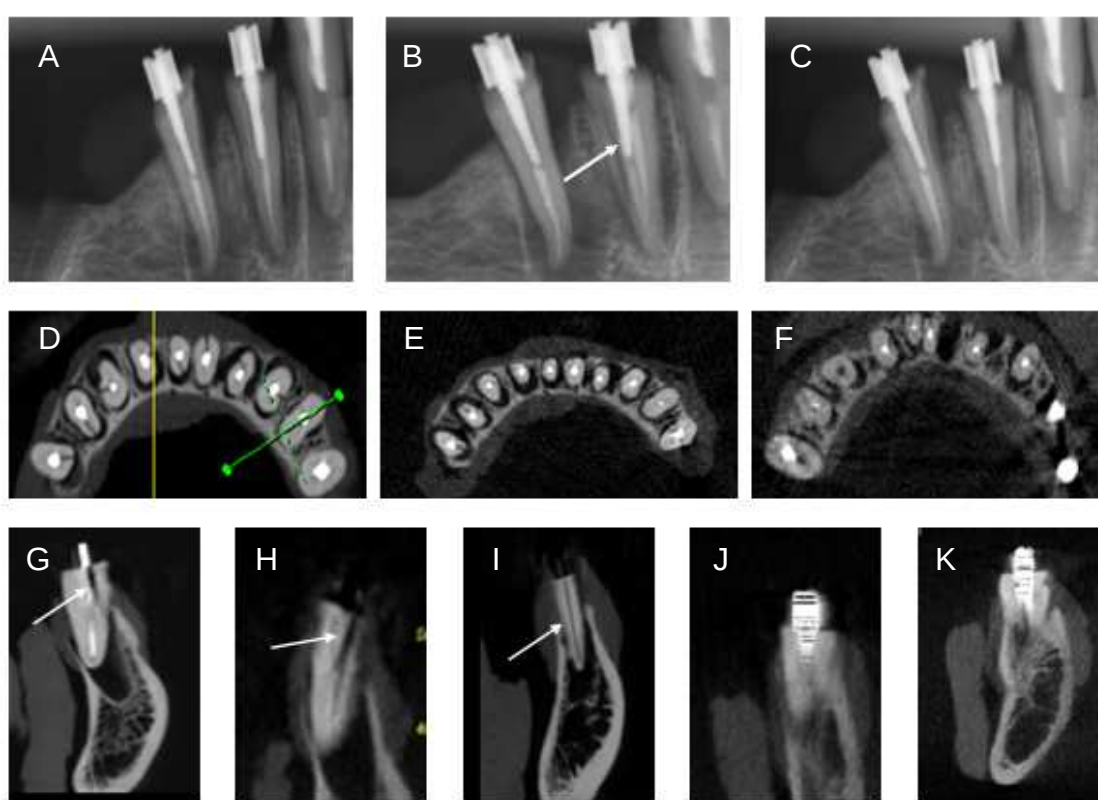


Figure 1: Radiographic imaging of teeth 11 and 21 in orthoradial(A), distoradial (B) – FRV can be observed- and mesiodistal (C) aspects. CBCT2 (D) and CBCT1(E) axial views. The arrow shows artifacts associated to metallic posts that mimics VRFs in tooth without VRF (E). CBCT2 axial view shows the presence of metallic artifacts associated with metallic posts. CBCT2 (G) and CBCT1 (H) sagittal views shows the VRF. CBCT1 cross-sectional views shows artifacts associated to metallic posts (J, K).

With the teeth in the same position, conventional (CR) and digital (DR) periapical radiographs were taken in an orthoradial, mesioradial and distoradial aspect with the use of film positioners (Indusbelo, Londrina, Pr, Brazil). To obtain the mesioradial and distoradial radiographs the horizontal angle was modified by approximately 15 degrees. The radiographs were taken with the Kodak 2200

appliance (Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) with 7mA, 60 kV. Exposure time was 0.198 seconds for CR and 0.1 second for the digital radiography. The conventional radiographies were taken with Ultraspeed Kodak films, sensitivity D (Eastman Kodak Co. Rochester, NY, USA) and processing was performed in the A/T 2000 XR automatic processing unit (Air Techniques Inc, Georgia, USA). The digital radiographs were obtained with the Digora phosphor plate system of 30mm x 40mm (Soredex, Tuusula, Finland). After exposure, the sensors were read by the Digora system and then the images were analyzed on the AOC Deevo 19" L19W31 monitor (AOC, Manaus, Brazil). No tools were used to manipulate the images.

The interpretation of the images of the 4 types of exams was performed in a blind study by 2 experienced specialists in Dental Radiology in 4 different sessions, one for each type of exam. Both examiners received training during a calibration session and the criteria for detecting the VRF with the various types of exams were clearly defined. The presence or absence of VRF was recorded for each image, adopting the index 0 for the absence of fracture and 1 for the presence of fracture. In radiographs, whenever the fracture was observed in at least one of the three angles, the presence of fracture was considered for this exam. In the analysis of the images generated by the CBCT systems, the presence of fracture was considered whenever the fracture line was observed in at least 2 images of the slices selected. The sequence of observation of the images and the use of tools of imaging software was optional.

A 19" LG monitor W1952TQ (LG Electronics, São Paulo, Brazil) was used to analyze the images generated by the CBCT1 system (NewTom 3G) using the NNT software (QR, Verona, Italy) and a 22" LG monitor - Flatron W2252TQ (LG Electronics, São Paulo, Brazil) for the images generated with the CBCT2 system (Next Generation i-CAT) using the specific software of the system. The conventional radiographs were placed on black cards and observed in the negatoscope in a room with reduced lighting.

The data were recorded with the purpose of verifying the sensitivity and specificity of each exam in the experimental groups. The Z test for difference between the 2 proportions was used to compare the results among the groups and the 4 types of exams. The level of significance adopted was 5%. The Kappa-Cohen test was used to verify the level of agreement between the observers.

2.3 RESULTS

The level of agreement (Kappa value) between observers was 0.45 for the all the data. Considering the different exams, the level of agreement was 0.264; 0.334; 0.362 and 0.751 for CR, DR, CBCT1 and CBCT2, respectively.

In the teeth with posts there was a reduction in sensitivity to detect fractures in the CBCT1 system ($p=0.0244$) (Table 1). When comparing the exams, it was found that both CBCT systems showed greater sensitivity than the CR and DR in teeth with and without posts ($p=0.000$). In the teeth without posts, differences were found between CBCT1 and CBCT2 systems ($p=0.0244$).

Table 1: Overall values of sensitivity, differences among exams in teeth with and without posts, and influence of posts on the sensitivity of the exams.

Exams		CR	DR	CBCT1	CBCT2
Teeth	Fractures detected	50	44	75	77
with	Sensitivity	62.5%	55%	93.75%	96.25%
posts	CR	x	0.336	0.000	0.000
G1 & G2	DR	0.336	x	0.000	0.000
	P value*	CBCT1	0.000	0.000	x
		CBCT2	0.000	0.000	0.469
Teeth	Fractures detected	52	46	80	75
without	Sensitivity	65%	57.5%	100%	93.75%
posts	CR	x	0.331	0.000	0.000
G3 & G4	DR	0.331	x	0.000	0.000
	P value*	CBCT1	0.000	0.000	x
		CBCT2	0.000	0.000	0.024
Differences among teeth					
with and without posts – P value**		0.742	0.750	0.024	0.469

* Z test for difference between 2 proportions to verify differences among exams.

** Z test for difference between 2 proportions to verify differences among teeth with and without posts.

The specificity of the exams in the teeth with posts was 92.5% for CBCT2, 82.5% for CR, 80% for DR, and 57.5% for CBCT1. The CBCT1 system was the exam that showed lowest specificity with significant differences when compared with CR ($p= 0.0170$); DR ($p= 0.0330$) and CBCT2 ($p= 0.0005$).

When analyzing the influence of the fracture orientation in the VL or MD direction, it was found that more VL fractures were detected in the teeth with posts in the DR ($p = 0.0006$), CBCT1 and CBCT2 ($p = 0.0236$) and in the teeth without posts in the CR and DR ($p = 0.000$) with significant differences (Table 2).

Table 2: Influence of the direction of fracture orientation on the overall sensitivity of the exams

Groups	Exams	CR	DR	CBCT1	CBCT2
G1 posts VL VRF	Fractures detected	26	30	40	40
	Sensitivity	65%	75%	100%	100%
G2 posts MD VRF	Fractures detected	24	14	35	35
	Sensitivity	60%	35%	87.5%	87.5%
	P-value*	0.6455	0.0006	0.0236	0.0236
G3 without posts VL VRF	Fractures detected	36	35	40	38
	Sensitivity	90%	87.5%	100%	95%
G4 without posts MD VRF	Fractures detected	16	11	40	37
	Sensitivity	40%	27.5%	100%	92.5%
	P-value*	0.000	0.000	1	0.5579

* Z test for difference between 2 proportions

2.4 DISCUSSION

In the present study, the root canals were filled with gutta-percha and AH Plus sealer and metallic posts were cemented, in order to reproduce the situation found clinically. The group with posts and without fractures was included to verify the specificity of the exams. Conventional and digital radiographs were taken at 3 angles to reduce the limitations of bi-dimensional representation. Two CBCT systems were used to verify possible differences between them. The results showed that the CBCT systems presented greater sensitivity in detecting VRFs than the conventional and digital periapical radiographs, which is in agreement with the results of *in vitro* (13,17-20, 23) and *in vivo* studies (16, 21). In contrast, Kambungton et al (30) found no differences among CBCT system, CR and DR in VRF detection, which may be attributed to the differences in the methodology used.

The CBCT1 system showed a reduction in VRF detection in the presence of posts and the lowest specificity in teeth with posts, possibly due to the quality of the image generated by this system, which is in agreement with other studies (24,31).

Artifacts are image distortions or errors that are not related to the material under study (27). They occur due to the differences in attenuation of the radiation beam by high-density materials that significantly absorb the X-rays, resulting in data loss, lack of homogeneity and low image resolution (32-3).

VRF detection by different types of exams in teeth with or without endodontic filling and with metallic intracanal posts demonstrated the influence of the filling material on the results (13, 24). The presence of endodontic filling did not alter the sensitivity, but it significantly reduced the specificity of the CBCT system and DR (13) and of 5 CBCT systems (24). On the other hand the presence of metallic posts did not interfere in VRF detection by CBCT systems in two *in vitro* studies (23, 20).

In this study the images generated by CBCT systems led to false-negative results in 5 and 3 teeth for CBCT2 and CBCT1, respectively, while there were 5 false-negative results for the teeth without posts in the images generated by the CBCT2 system. These results may lead to the extraction of a tooth that could have been maintained. Therefore, the images generated by these systems cannot be read outside the context of the dental history, evaluation of signs and symptoms present and the responses to the tests traditionally used in endodontics (34). Results of *in vivo* studies and clinical practice may be higher than those obtained in *in vitro* studies because, in addition to observing the fracture line, other findings may be a sign of the fracture, such as bone loss in the middle region of the root and the presence of intact bone in the apical and coronal area of the defect; absence of the vestibular bone plate in axial and coronal cuts or in 3D reconstruction; a radiolucent area around the root where the posts ends and the space between the vestibular and/or lingual bone plate and the root surface (35).

It was unexpected that the detection of VRF by the CBCT systems would be influenced by the orientation of fractures, since these systems allow the three-dimensional observation of the areas studied. It is possible that the results obtained are related to the difficulties in the interpreting the images, generated by the presence of the metal posts.

It was concluded that within the limitations of the methodology used, the CBCT systems showed greater sensitivity in detecting VRF in teeth with posts than

radiographs, and are useful as auxiliary resources for the diagnosis of these fractures. However, the CBCT systems may present false results. Therefore, the diagnosis of VRFs should be based on the sum of data obtained from anamnesis, clinical examination and imaging exams.

REFERENCES

1. Cohen S, Blanco L, Berman L. Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc* 2003;134:434-41.
2. Coppens CRM, DeMoor RJG. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J* 2003;6:926.
3. Fuss Z, Lusting J, Katz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod* 2001; 27:46-8.
4. Lertchirakarn V, Palamar JEA, Messer HH. Patterns of vertical root Fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod* 2003; 29:523-8.
5. Peciuliene V, Rimkuvienė J. Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey. *Stomatologija* 2004; 6:77-80.
6. Mireku AS, Romberg E, Fouad AF, Arola D. Vertical fracture of root filled teeth restored with posts: the effects of patient age and dentine thickness. *Int Endod J* 2010; 43:218-25.
7. Rivera E, Walton RE. Longitudinal root fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endodontic Topics* 2009; 16:82-111.
8. Ozer S, Ünlü G, Deger Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three cases reports with two year follow-up. *J Endod* 2011; 37:97-102.
9. Floratos SG, Kratchman SI. Surgical management of vertical root fractures for posterior teeth: report of four cases *J. Endod* 2012; 38:550-5.
10. Ailor JE Jr. Managing incomplete tooth fractures. *J Am Dent Assoc* 2000; 131:1168-74.
11. Tamse A, Fuss Z, Lustig J, Ganor Y, Israel K. Radiographic features of vertically fractured, endodontically treated maxillary premolars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88:348-52.
12. Tamse A. Vertical root fractures in endodontically treated teeth diagnostic signs and clinical management. *Endodontic Topics* 2006; 13:84-94.
13. Hassan B, Metska ME, Ozok AR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod* 2009; 35:719-22.
14. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A demographic analyses of vertical root fractures. *J Endod* 2006; 32:1160-3.
15. Rosen E, Tsesis I, Tamse, A Bjorndal, Taschieri S, Givol N. Medico-legal aspects of vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J* 2012; 45:7-11.

16. Bernardes RA, Moraes IG, Duarte MAH, Azevedo BC, Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 108:270-7.
17. Ozer SY. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod* 2010; 36:1245-9.
18. 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; 52:593-7.
19. Melo SL, Bortoluzzi EA, Abreu Jr M, Corrêa LR, Corrêa M. Diagnostic ability of a cone beam computed tomography scan to asses longitudinal root fractures in prostetically treated teeth. *J Endod* 2010; 36:1879-82.
20. Kamburoglu K, Murat S, Yuksel SP, Cebeci AR, Horasan S. Detection of vertical root fracture using cone-beam computerized tomography: an in vitro assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109:74-81.
21. Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod* 2011; 37:768-72.
22. Tsesis I, Kamburoglu K, Katz A, Tamse A, Kaffe I, Kfir A. Comparison of digital with conventional radiography in detection of vertical root fractures in endodontically treated maxillary premolars: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:124-8.
23. Valizadeh S, Khosravi M, Azizi Z. Diagnostic accuracy of conventional, digital and cone beam ct in vertical root fracture detection. *J Endod* 2011; 6:15-20.
24. Hassam B, Metska ME, Ozok AR, Van Der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for detection of vertical root fractures. *J Endod* 2010; 36:126-9.
25. De Vos W, Casselman J, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int. J. Oral Maxillofac Surg* 2009; 38:609-25.
26. Use of cone-beam computed tomography in endodontics. Joint position statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011; 111:234-7.
27. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; 2009:6345-67.

28. Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseño-Marroquin B. The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. *J Endod* 2008; 34:1497-9.
29. Westphalen VPD, Moraes IG, Westphalen FH, Martins WD, Souza PHC. Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33:233-5.
30. 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; 41:91-5.
31. Metska ME, Aartman IHA, Wesselink PR, Özok AR. Detection of vertical root fractures *in vivo* in endodontically treated teeth by cone-beam computed tomography scans. *J Endod* 2012; 38:1344-7.
32. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in cbct: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; 40:265-73.
33. Deepak BS, Subashi TS, Narmatha VJ, Anamica T, Snehil TK, Nandini DB. Imaging techniques in endodontics: an overview. *J Clin Imaging Sci* 2012; 2:1-8.
34. Tsai P, Torabinejad M, Azevedo A. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in detecting small periapical lesions. *J Endod* 2012; 38:965-70.
35. Fayad MI, Ashkenaz PJ, Johnson BR. Different representations of vertical root fractures detected by cone-beam volumetric tomography: a case series report. *J Endod* 2012; 38:1435-42.

APÊNDICE A – REGISTRO DE PRESENÇA E AUSÊNCIA DE FRATURAS

	RC		RD		CBCT1		CBCT2	
	Radiografia convencional		Radiografia digital		Tomo Newtom3G		Tomo i-CAT	
Dentes	Obs 1	Obs 2	Obs1	Obs 2	Obs1	Obs 2	Obs1	Obs 2
1	1	0	0	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	1	1	1	1
4	1	0	1	0	1	1	1	1
5	0	0	1	0	1	1	1	1
6	1	0	1	0	1	1	1	1
7	1	0	1	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	1	0	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	0	1	1	1	1	1	1
13	0	1	0	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	0	1	0	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	0	0	0	1	1	1	1
22	0	1	0	1	1	1	1	0
23	1	0	1	0	0	0	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	0	0	0	1	1	1	1
27	1	0	0	0	1	1	1	1
28	1	0	0	0	1	1	1	1
29	1	0	1	0	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	0	1
31	0	0	1	0	1	1	1	1
32	0	0	0	0	1	1	1	1
33	1	0	0	0	1	1	1	1

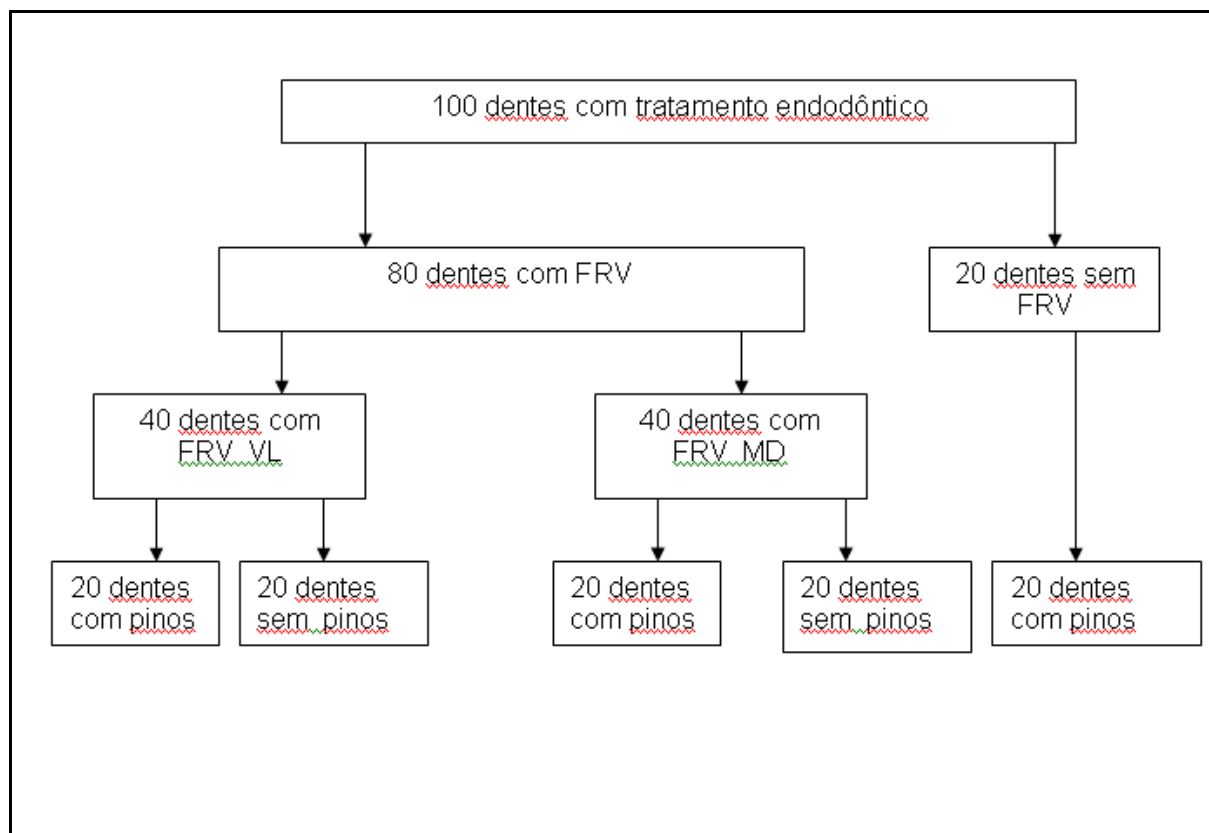
34	0	0	0	0	1	0	1	0
35	1	0	0	0	1	1	1	1
36	1	1	0	0	1	1	1	1
37	1	1	0	1	1	1	1	1
38	1	1	1	0	1	0	1	1
39	1	1	1	0	1	1	1	1
40	1	0	1	0	0	1	0	0
41	1	1	1	0	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1
47	1	0	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	0	1	1	0	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1	1	1	1
53	1	0	1	0	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1	1	0	1
56	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1
59	1	0	1	0	1	1	1	1
60	1	0	1	0	1	1	1	1
61	0	0	0	1	1	1	0	1
62	1	1	0	0	1	1	0	1
63	1	1	0	1	1	1	1	1
64	0	0	0	0	1	1	1	1
65	1	0	1	0	1	1	1	1
66	1	0	1	0	1	1	1	1
67	1	0	0	0	1	1	0	1
68	0	0	0	0	1	1	1	1
69	1	1	0	1	1	1	1	1
70	0	0	0	0	1	1	1	1
71	0	0	0	0	1	1	1	1
72	1	0	1	1	1	1	1	1
73	1	0	0	0	1	1	1	1

74	1	0	1	0	1	1	1	1
75	1	0	1	0	1	1	1	1
76	1	0	0	0	1	1	1	1
77	1	0	0	0	1	1	1	1
78	0	0	1	0	1	1	1	1
79	1	0	1	0	1	1	1	1
80	0	0	0	0	1	1	1	1
81	0	0	0	0	1	0	0	0
82	0	0	0	0	1	0	1	1
83	1	0	0	0	0	0	0	0
84	1	0	0	0	1	1	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0
86	0	0	1	0	1	0	0	0
87	1	0	0	0	1	1	0	1
88	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	1	0	0	0
90	0	0	0	0	1	0	0	0
91	0	0	1	1	1	0	0	0
92	1	0	1	0	1	0	0	0
93	1	0	1	0	1	0	0	0
94	1	0	1	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	1	0	0	0
96	1	0	1	1	1	0	0	0
97	0	0	0	0	1	0	0	0
98	0	0	0	0	1	0	0	0
99	0	0	0	0	1	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0

0 - Ausência de Fratura

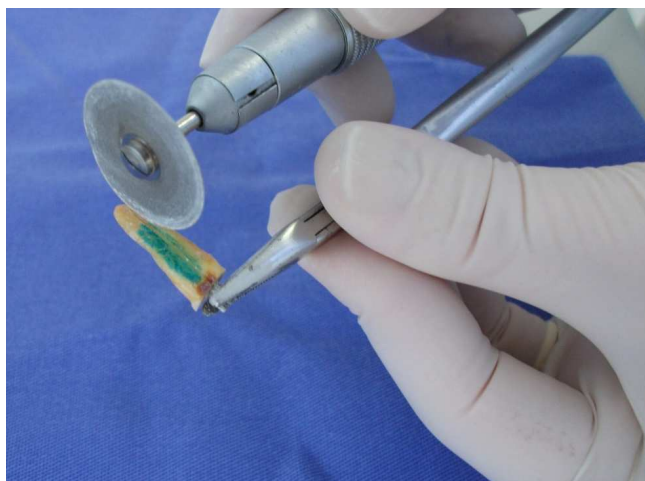
1 - Presença de Fratura

APÊNDICE B – ORGANOGRAMA DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DO ESTUDO



APÊNDICE C – FIGURAS ILUSTRATIVAS DAS FRATURAS RADICULARES VERTICAIS

Simulação das Fraturas



Fratura Vertical no Sentido Vestíbulo-Lingual (A) e Mesio-Distal (B)



ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
Núcleo de Bioética
Comitê de Ética em Pesquisa
Ciência com Consciência

Você já pode consultar o seu projeto em qualquer versão via internet.
Acesse o endereço:
<http://www.pucpr.br/cep>

PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROTOCOLO DE PESQUISA

Parecer Nº **0003752/10**

Protocolo CEP Nº **5503**

Título do projeto **EFETIVIDADE DA TOMOGRAFIA DE FEIXE CÔNICO NO DIAGNÓSTICO DAS FRATURAS RADICULARES VERTICAIS...**

Grupo

Protocolo CONEP **0038.0.084.000-10**

Pesquisador responsável **EVERDAN CARNEIRO**

Versão **1**

Instituição **PUCPR-CCBS - Curitiba**

Objetivos

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é comparar a efetividade da tomografia computadorizada de feixe cônico e das radiografias periapicais na detecção de fraturas radiculares verticais em dentes tratados endodonticamente portadores de pinos metálicos intra-radulares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se existe diferença na precisão do diagnóstico entre os tomógrafos testados.
- Verificar se existe diferença na detecção de fraturas verticais que ocorrem no sentido méso-distal e vestibulo-lingual.

Comentários e considerações

Não existem estudos até o presente momento investigando a intensidade e possível influência de artefatos de imagem na detecção das fraturas verticais em dentes tratados endodonticamente portadores de pinos metálicos. Como estes dentes representam o grupo mais comumente envolvido, o propósito deste trabalho é avaliar a efetividade da tomografia de feixe cônico no diagnóstico de fraturas radiculares verticais nestes casos.

Termo de consentimento livre e esclarecido e/ou Termo de compromisso para uso de dados.

TCE: não se aplica.

TCD: adequado, sem ressalvas.

Conclusões

Projeto aprovado, sem ressalvas de ordem ética.

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **24/03/2010**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado**.

Situação Aprovado

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 24 de Março de 2010.

Prof. Dr. Sergio Surugi de Siqueira
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
PUC PR



ANEXO B – NORMAS DO JOURNAL OF ENDODONTICS

Guidelines for Publishing Papers in the JOE

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The *JOE* publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the *JOE* has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

General Points on Composition

Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (e.g., spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:

a. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c”, below), or sentences with little to no transition within a paragraph.

b. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors’ names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, “In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals” can be edited to: “Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983)”. In this example, the paragraph’s subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.

c. Sentences are stronger when written in the active voice, i.e., the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as “was,” “were,” “could,” etc. For example: “Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation”, can be edited to: “Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation”. Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.

d. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)

e. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, “Formerly, Endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method”, can be edited to “Formerly, Endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation”. The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.

f. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the statement, “Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used”, can be edited to “Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study”.

g. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph’s theme.

General Points on the Organization of Original Research Manuscripts

a. **Please Note:** *Starting in 2009, all abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., Introduction, Methods, Results, Conclusions, etc., and should not exceed more than 250 words in length.*

b. **Title Page:** The title should describe the major conclusion of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at www.icmje.org).

c. **Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (e.g., PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.

d. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be described. Authors should realize that

this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to provide sufficient detail. However, many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals.

e. **Material and Methods:** The objective of the methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The three components to this section are the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the particular aspects used in the present study. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a commercial product, the manuscript should state that they either followed manufacturer’s protocol or specify any changes made to the protocol. Studies on humans should conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB approved the protocol and that informed consent was obtained. Studies involving animals should state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis, drop-outs from clinical trials, etc.

f. **Results:** Only experimental results are appropriate in this section (i.e., neither methods nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study. Do not include all available data without justification, any repetitive findings will be rejected from publication. All Figs./Charts/Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings.

Figures: There are two general types of figures. The first type of figure includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (i.e., about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing on your part given the small size of each panel, you will only be able to illustrate the most important feature of each photomicrograph. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (e.g., “A”, “B”, etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Chang, et al, (*JOE* 28:90, 2002), Hayashi, et al, (*JOE* 28:120, 2002) and by Davis, et al (*JOE* 28:464, 2002). At the Editor’s discretion, color figures may be published at no cost to the authors. However, the Editor is limited by a yearly allowance and this offer does not include printing of reprints.

The second type of figure are graphs (i.e., line drawings) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen treated

group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

Tables: Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not necessary:

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100
1	5	100
3	5	100

Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001–0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03–3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

g. **Discussion:** The conclusion section should describe the major findings of the study. Both the strength and weaknesses of the observations should be discussed. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions? How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion.

h. **References:** The reference style follows Index Medicus and can be efficiently learned from reading past issues of the *JOE*. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

Page Limitations for Manuscripts in the Category of Basic Science/Endodontic Techniques

- a. **What is the limitation?** Original research reports in the category of basic science/endodontic techniques are limited to no more than 2,000 words (total for the abstract, introduction, methods, results and conclusions), and a total of three Figs./Charts/Tables. If a composite figure is used (as described above), then this will count as two of the three permitted Figs./Charts/Tables.

- b. **Does this apply to me?** Manuscripts submitted to the *JOE* can be broadly divided into several categories including review articles, clinical trials (e.g., prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies excluding the use of human teeth for technique studies), basic science/biology (animal or culture studies on biological research related to endodontics, or relevant pathology or physiology), and basic science/techniques (e.g., stress/strain/compression/strength/failure/composition studies on endodontic instruments or materials). Manuscripts submitted in this last category are the only category subject to these limitations. If you are not sure whether your manuscript falls within this category please contact the Editor by e-mail at jendodontics@uthscsa.edu.
- c. **Why page limitations?** Most surveyed stakeholders of the *JOE* desire timely publication of submitted manuscripts and an extension of papers to include review articles and other features. To accomplish these goals, we must reduce the average length of manuscripts since increasing the *JOE*'s number of published pages is prohibitively expensive. Although a difficult decision, restricting this one category of manuscripts accomplishes nearly all of these goals since ~40–50% of published papers are in this category.
- d. **How do I make my manuscript fit these limitations?** Adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor will reject manuscripts that exceed these limitations.

Available Resources:

- e. Strunk W, White EB. The Elements of Style. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X
- f. Day R.. How to Write and Publish a Scientific Paper. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1–7356–164–9
- g. Woods G. English Grammar for Dummies. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar)
- h. Alley M. The Craft of Scientific Writing. Springer, 3rd edition 1996 SBN 0–387–94766–3.
- i. Alley M. The Craft of Editing. Springer, 2000 SBN 0–387–98964–1.