

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**CAPACIDADE DIAGNÓSTICA DA RADIOGRAFIA DIGITAL NA
AVALIAÇÃO DE REABSORÇÕES RADICULARES INTERNAS SIMULADAS
COM DESMINERALIZAÇÃO ÁCIDA**

PRISCILA FERNANDA DA SILVEIRA

PORTO ALEGRE

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

**CAPACIDADE DIAGNÓSTICA DA RADIOGRAFIA DIGITAL NA AVALIAÇÃO
DE REABSORÇÕES RADICULARES INTERNAS SIMULADAS COM
DESMINERALIZAÇÃO ÁCIDA**

Linha de Pesquisa
Diagnóstico de Afecções Buco-Faciais

PRISCILA FERNANDA DA SILVEIRA

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

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como pré-requisito final para a obtenção do título de Doutora em Clínica Odontológica/Radiologia.

PORTO ALEGRE

2016

CIP - Catalogação na Publicação

Da Silveira, Priscila Fernanda

Capacidade diagnóstica da radiografia digital na
avaliação de reabsorções radiculares internas
simuladas com desmineralização ácida / Priscila
Fernanda Da Silveira. -- 2016.
85 f.

Orientadora: Heloísa Emília Dias da Silveira.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Odontologia, Programa de
Pós-Graduação em Odontologia, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. Reabsorções Radiculares Internas. 2.
Radiografia Digital. 3. Filtros de processamento. I.
Silveira, Heloísa Emília Dias da, orient. II. Título.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.”

Paulo Freire

Agradecimento Especial

A **Deus**, que me fortalece, acompanha e me guia nos caminhos.

Aos meus pais, **Rosali e Luiz Fernando**, fontes de amor e dedicação incondicionais. Agradeço por apoiarem minhas decisões e pelo esforço para proporcionar as melhores condições para o alcance dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, **Carina e Matheus**, meus companheiros de todas as horas. Agradeço por estarem ao meu lado, pelo carinho e por sempre torcerem por mim.

Ao meu avô, **Sydney**, um exemplo de amor e sabedoria. Agradeço por sempre me amparar e pelos conselhos de vida, de simplicidade e de paz.

Ao meu marido **Fábio**, meu parceiro de sonhos e conquistas. Agradeço por todo amor, dedicação e paciência neste período.

Agradecimentos

À minha orientadora, *Profª Drª **Heloísa Emília Dias da Silveira***, exemplo de dedicação e comprometimento. Agradeço por toda atenção dedicada, especialmente por guiar meus passos e ser pessoa essencial à minha formação profissional e acadêmica.

Ao *Prof Dr **Rení Raimundo Dalla Bona***, pelo carinho de sempre e pelos conselhos de vida.

Ao *Prof Dr **Heraldo Luís Dias da Silveira***, pela disponibilidade e ajuda nesta pesquisa, especialmente pelos momentos de alegre convivência.

À *Profª Drª **Nádia Arus***, agradeço pela disponibilidade nesta pesquisa, e principalmente pela amizade e incentivo, como madrinha na radiologia e na vida.

Ao Doutorando ***Mathias Fontana***, meu querido colega de mestrado e doutorado. Agradeço por compartilhar os momentos desta caminhada acadêmica, pela amizade e disponibilidade de sempre.

Ao *Prof. Dr **Francisco Montagner***, pela amizade e pela atenção dedicada à etapa inicial desta pesquisa. Agradeço pelas orientações científicas na área da Endodontia.

À Mestre ***Michele Machado Vidor***, minha querida colega de pós-graduação na radiologia. Agradeço pela ajuda na aquisição das imagens para esta pesquisa, mas especialmente pela amizade e companhia especial em muitos momentos.

À *Profª Drª **Mariana Vizzotto***, pelas discussões científicas e apoio de sempre. Agradeço pela amizade e carinho em toda minha caminhada.

À *Profª Drª **Gabriela Liedke***, colega de pós-graduação e de anos na equipe da Radiologia. Agradeço pela amizade e disponibilidade de sempre.

Aos meus colegas ***Pós-Graduandos em Radiologia – UFRGS, Alessandra, Luize, Fernando, Rodrigo, Daniele, Henrique, Tanara, Niege e Juliana***, pelo agradável convívio, pela amizade construída neste período e pelo apoio às questões que envolviam o doutorado.

Aos bolsistas de Iniciação Científica, colegas de equipe da Radiologia, ***Eduarda e Felipe*** Agradeço pelo apoio no período de convívio no LAPID (Laboratório de Processamento de Imagem Digital).

A todos os ***professores do Programa de Pós-Graduação da FO-UFRGS***, pelos ensinamentos prestados durante as aulas e, em especial, a todos os ***colegas da turma de Doutorado***, pela alegre convivência durante a pós-graduação.

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

A todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Lista de abreviaturas e siglas

RRI (IRR) – Reabsorção Radicular Interna (*Internal Root Resorption*)

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

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

mm – milímetros

% - porcentagem

2D – duas dimensões

3D – três dimensões

mm³ - milímetros cúbicos

s – segundos

° – graus

h - hora

kVp – kilovolt pico

mA – miliampere

cm – centímetro

GEE - Equações de Estimação Generalizadas

Sumário

Resumo	20
Abstract	22
Antecedentes e Justificativa	24
Objetivos	35
Artigo 1	36
Artigo 2	59
Considerações Finais	89
Referências	90

Resumo

Introdução: As reabsorções radiculares internas (RRI) são lesões de prognóstico difícil e o seu diagnóstico é baseado, principalmente, em exames de imagem. Tanto lesões pequenas quanto perfurações em lesões extensas são situações críticas e um desafio para o diagnóstico. As poucas pesquisas que investigaram a detecção de RRI e de perfurações causadas pelas mesmas, simularam as lesões com uso de brocas, criando cavidades com forma e limites definidos diferentes da realidade clínica. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade diagnóstica das radiografias digitais, com diferentes filtros, em duas situações clínicas: na detecção de RRI pequenas; e na visualização das paredes dentinárias remanescentes e na detecção de perfurações em RRI simuladas, com desmineralização ácida. **Materiais e métodos:** Foram simuladas lesões de RRI com desmineralização ácida nos condutos radiculares de 42 dentes monorradiculares, seccionados no sentido coronal, reposicionados e colocados em alvéolos de uma mandíbula seca. Radiografias digitais com placas de fósforo (Vista Scan - Dürr Dental, Germany) com dissociação foram realizadas, em momentos diferentes para os objetivos, Obj.1: antes (GC) e após (GT) a simulação de RRI pequenas; Obj.2: após a simulação de lesões extensas com remanescente de parede dentinária (GC) e com perfuração da parede lateral da raiz (GT). Todas as imagens foram exportadas e 7 filtros de processamento foram aplicados para a análise mais a imagem original (sem filtro). Três examinadores utilizando uma escala Likert de 5 pontos avaliaram as imagens quanto: Obj.1, a presença/ausência de RRI; Obj.2, a presença/ausência de perfuração. O índice Kappa intra e inter-examinadores foi calculado para avaliar a reprodutibilidade. Testes de diagnóstico e AcROC foram calculados para cada grupo (GT e GC) e para cada filtro de imagem. A distância do escore determinado na escala até o valor do padrão-ouro foi utilizado para mensurar a certeza/incerteza no diagnóstico. Equações de Estimção Generalizadas (GEE) foram utilizadas para a análise estatística, com significância de 0,05%. **Resultados:** Valores moderados de Kappa-inter (0,403-0,620) e altos de intra-examinadores (0,757-0,915) foram observados. Para Obj.1: Maior percentual de acertos ocorreu no GC, significativamente ($p < 0,05$). Imagens originais apresentaram maior sensibilidade e AcROC (0,595-0,750) e o filtro Endo apresentou maior especificidade (0,952), em relação às demais imagens, sem diferença estatística entre elas ($p > 0,05$). Os filtros *Inversion* e *Pseudo3D* causaram maior incerteza no diagnóstico das RRI, estatisticamente significativa para o GC com o filtro *Pseudo3D* ($p < 0,05$). Para Obj.2: Imagens com o filtro *Pseudo3D* resultaram em mais escores de dúvida (73,5-78%), e maiores distâncias do padrão ouro, gerando maior incerteza no diagnóstico, significativamente ($p < 0,05$), em relação aos demais filtros. Maior acROC (0,615) foi relacionada ao filtro *Perio*, sem diferença estatística ($p > 0,05$). Maiores distâncias, refletindo

maiores incertezas nos diagnósticos, foram observadas no GC para todas as imagens. O percentual de acerto foi menor conforme diminuiu a espessura da parede remanescente, com 31% de acerto para as espessuras de 0,2mm. **Conclusões:** Para as lesões de RRI pequenas: os filtros *Inversion* e *Pseudo3D* são contraindicados, pois geram muitas incertezas aumentando a probabilidade de erros de diagnóstico. Em casos de dúvida, a imagem sem filtro (Original) deve ser buscada, pois apresenta maior capacidade diagnóstica e permite maior certeza na avaliação. Para as lesões de RRI extensas, com suspeita de perfuração: o filtro *Pseudo3D* deve ser evitado pois gera maior incerteza no diagnóstico e filtro *Perio* deve ser incentivado, pois facilita a avaliação, aumentando as chances de diagnósticos corretos. Deve-se ter em mente que nos casos diagnosticados como perfuração, ainda pode existir uma camada de parede dentinária remanescente.

Palavras-chave: reabsorção da raiz, radiografia dentária digital, diagnóstico (DeCS).

Abstract

Introduction: Internal root resorption (RRI) are difficult to predict injuries and its diagnosis is mainly based on imaging studies. Both minor injuries as punctures in extensive lesions are critical situations and a challenge for diagnosis. The few studies that investigated the detection of RRI and punctures caused by them, simulated lesions with use of drills, creating cavities with different shape and defined limits of clinical reality. The objective of this study was to evaluate the diagnostic ability of digital radiographs with different filters in two clinical situations: small RRI detection; and in view of the remaining dentin walls and to detect perforations in RRI simulated with acid demineralization. **Methods:** RRI injuries were simulated with acid demineralization in root canals of 42 teeth monoradicular, sectioned coronally repositioned and placed in wells of a dry jaw. digital radiographs with phosphor plates (Vista Scan - Dürr Dental, Germany) and dissociation were taken at different times for the purposes, Aim 1: Before (CG=control group) and after (TG=test group) simulating small RRI; Aim 2: after simulation with extensive lesions reminiscent of dentinal wall (CG) and perforation on the lateral wall of the root (GT). All images were exported and 7 processing filters were applied to the analysis over the original image (no filter). Three examiners using a 5-point Likert scale images evaluated as Aim 1, the presence / absence of RRI; Aim 2, the presence / absence of perforation. The Kappa intra and inter-examiner was calculated to assess reproducibility. Diagnostic tests and AcROC were calculated for each group (CG and TG) and for each image filter. The distance determined score on the scale to the value of the gold standard was used to measure the certainty / uncertainty in diagnosis. Generalized Estimating Equations (GEE) were used for statistical analysis with significance level of 0.05%. **Results:** moderate values of Kappa-inter (0.403 to 0.620) and high intra-rater (0.757 to 0.915) were observed. For objective 1: A higher percentage of hits occurred in the GC, significantly ($p < 0.05$). Original images showed higher sensitivity and AcROC (0.595 to 0.750) and Endo filter showed higher specificity (0.952), compared to other images, with no statistical difference between them ($p > 0.05$). The filter Inversion and Pseudo3D caused greater uncertainty in the diagnosis of RRI statistically significant GC with the filter Pseudo3D ($p < 0.05$). For the purpose of 2: Images with the filter Pseudo3D resulted in more scores of doubt (from 73.5 to 78%), and greater distances from the gold standard, leading to greater uncertainty in the diagnosis, significantly ($p < 0.05$) compared to other filters. Most acROC (0.615) was related to the filter Perio, with no statistical difference ($p > 0.05$). Greater distances, reflecting greater uncertainty in diagnosis were observed in the control group for all the images. The hit percentage was lower as decreased the thickness of the remaining wall, with 31% accuracy for thickness of 0.2 mm. **Conclusions:** Paras small lesions RRI: Inversion and the Pseudo3D filters are contraindicated because they generate

too many uncertainties increasing the probability of misdiagnosis. In cases of doubt, the image without filter (Original) must be sought, because it has greater diagnostic capacity and allow greater certainty in the assessment. the extensive RRI injuries, suspected of drilling: the Pseudo3D filter should be avoided because it creates greater uncertainty in the diagnosis and filter Perio should be encouraged as it facilitates the evaluation, increasing the chances of correct diagnoses. It should be borne in mind that in cases diagnosed as drilling, there may still be a remaining dentin wall layer.

Key Words: Root resorption, Radiography dental digital, diagnosis (DeCS).

Antecedentes e Justificativa

As reabsorções radiculares são complicações que podem resultar em ruim prognóstico para o paciente, levando à necessidade de extração dentária. Por este motivo, é de extrema importância um diagnóstico correto e precoce com o intuito de preconizar o tratamento e manutenção do elemento dental.

Estas são classificadas pela literatura, basicamente, devido a sua localização, como internas ou externas, na dependência do processo reabsortivo iniciar-se a partir das paredes internas do canal radicular ou a partir da superfície externa da raiz, respectivamente (FERNANDES et al., 2013) (1).

As reabsorções dentárias também podem ser classificadas de acordo com o mecanismo de manutenção e evolução, em inflamatórias e por substituição. As reabsorções radiculares internas (RRI) estão relacionadas às reabsorções inflamatórias, as quais são mantidas por mediadores inflamatórios que estimulam as unidades ósseas multicelulares, onde as células clásticas reabsorvem a superfície de dentina livre de odontoblastos. Especificamente, a RRI acontece por morte celular odontoblástica, com manutenção da vitalidade pulpar. Segundo o autor, usar este método de classificação leva a um raciocínio automático do provável plano de tratamento com um prognóstico mais preciso (CONSOLARO, 2013) (2).

FUSS et al. (2003) (3) apresentam os fatores de estímulo a partir dos quais as reabsorções podem ser classificadas em: reabsorções por infecção pulpar, por infecção periodontal, por pressão (movimentação ortodôntica, dentes impactados e tumores de característica expansiva) ou por anquilose. A identificação do agente de estímulo para a reabsorção radicular é importante para se determinar o tratamento baseado na remoção do fator etiológico.

As células descritas como responsáveis pela reabsorção radicular, externa ou interna, são os odontoclastos e dentinoclastos. Havendo alguma injúria ou irritação à dentina, cemento ou ligamento periodontal, a superfície mineralizada fica desnuda e susceptível a ação das células clásticas que serão atraídas para as áreas afetadas (PIERCE et al., 1989; GUNRAJ et al., 1999) (4,5). O processo é resultado de complexas interações entre odontoclastos,

cementoclastos, odontoblastos, macrófagos, monócitos e células indiferenciadas do ligamento periodontal que, por meio de citocinas, atuam na degradação dos tecidos mineralizados (PATEL et al., 2010) (6). Segundo WANG et al. (2011) (7), a compreensão dos mecanismos que controlam o desenvolvimento e ativação das células clásticas irá fornecer informações para a detecção precoce e deve ser estímulo para futuras pesquisas.

As lesões de RRI, especificamente, constituem-se da destruição do tecido duro dentário pela atividade clástica sob o pressuposto de uma inflamação pulpar e requerem uma polpa dentária parcialmente vital (PATEL et al., 2010)(6). Em um estudo, no qual RRI foi produzida experimentalmente em incisivos de macacos, comprovou-se que a inflamação pulpar é causa primária das reabsorções radiculares internas e que é necessário um constante estímulo inflamatório para a ocorrência de RRI progressiva, com perda da matriz orgânica de pré-dentina (WEDENBERG E LINDSKOG, 1985) (8).

Em uma revisão de literatura sobre RRI, Patel et al. (2010) (6) expuseram que a maioria dos trabalhos que existem são na forma de relatos de casos e que há apenas um limitado número de estudos que tentaram analisar as manifestações histológicas e os aspectos biológicos da doença. Reforçaram também que, até o momento, o tratamento endodôntico continua a ser a terapêutica de escolha em dentes diagnosticados com RRI. Uma vez que o defeito da reabsorção é resultado de uma polpa inflamada, e que as células clásticas são recrutadas predominantemente através dos vasos sanguíneos, controlar o processo de RRI é conceitualmente fácil, via corte do fornecimento de sangue para a reabsorção, com a terapia endodôntica convencional. Estes resultados são semelhante aos de Fuss et al. (2003) (3), que indicaram a pulpectomia como uma forma previsível de tratamento neste tipo de reabsorção, pois irá remover o tecido de granulação e fornecimento de sangue às células reabsortivas de origem pulpar.

Contudo, este evento é considerado relativamente raro, mesmo que a prevalência ainda não esteja bem esclarecida pela literatura. Poucos estudos avaliaram a ocorrência de reabsorção radicular interna em amostras comprovadas com padrão histológico. Cabrini et al. (1957) (9) detectaram RRI

por análise histopatológica em 8 dos 28 dentes (28%) da sua amostra após pulpotomia e ação de hidróxido de cálcio.

GABOR et al. (2012) (10) avaliaram dentes extraídos por meio de MEV mostrando que é significativamente diferente a presença de reabsorções radiculares internas entre um grupo de dentes saudáveis e outro com alterações pulpares. Metade dos dentes com histórico de pulpíte apresentaram reabsorções internas e nos dentes com necrose pulpar a prevalência foi de 77%, a maioria delas detectadas no terço médio da raiz seguido pelo terço apical. Além disso, os autores observaram que a quantidade de reabsorção foi sempre inferior a 100µm de profundidade e que o comprimento das lesões variou de 200µm a 1mm. Esta informação contrasta com a maioria dos estudos *in vitro* publicados, que simulam reabsorções radiculares utilizando tamanhos e profundidades maiores do que estas e, com isso, possivelmente mais fáceis de serem detectadas.

O tratamento endodôntico em defeitos de RRI é difícil, pois a barreira mecânica das paredes das lesões prejudica a ação das soluções desinfetantes no interior do conduto, mesmo com sistemas mais modernos de irrigação (TOPCUOGLU et al., 2014) (11). Já em relação à obturação dos canais radiculares, um estudo com cavidades experimentais de RRI observou que o resultado das obturações é significativamente melhor quando se usa a condensação vertical em comparação a outras técnicas baseadas na gutapercha (KELES et al., 2014) (12).

A reabsorção radicular é assintomática e sintomas dolorosos não aparecem até um estágio avançado da lesão. Desta forma, a capacidade clínica de detectar esta patologia depende fortemente da utilização de exames por imagem, sendo diagnosticada geralmente durante exames radiográficos de rotina.

Tradicionalmente este diagnóstico vem sendo baseado em exames radiográficos, convencionais ou digitais. As radiografias são de acesso facilitado, simples execução e baixo custo, além de gerarem uma dose de radiação inferior, em relação a outros exames de imagem. No entanto,

características inerentes às imagens em duas dimensões, como a sobreposição de estruturas, devem ser consideradas na interpretação do exame. Algumas alterações dos dentes e tecidos circundantes são visualizadas apenas no plano mesio-distal (proximal) e têm maior chance de serem detectadas nas radiografias. Contudo, quando estas se apresentarem no plano vestibulo-lingual, podem não ser claramente observadas.

Numa tentativa de diminuir as limitações das radiografias convencionais, exposições adicionais com 10-20 graus de mudança na angulação horizontal (princípio do paralaxe) podem ser utilizadas (CLARK, 1910) (13). SILVA et al. (2014) (14) demonstraram a importância da dissociação radiográfica para o aumento da capacidade diagnóstica das radiografias intrabucais na investigação de fraturas radiculares.

Mais recentemente os sistemas digitais vêm substituindo os filmes radiográficos por sensores intra-orais como placa de fósforo fotoestimulável (PSP), Dispositivo de Placa Acoplada (CCD) e Semicondutores de Oxido de Metal Complementar (CMOS). Uma vantagem destes receptores é que, comparados aos filmes convencionais, são mais sensíveis à radiação e, portanto, necessitam de menor dose de exposição para obtenção das imagens (VAN DER STELT, 2008) (15). Em relação à técnica radiográfica, os sensores rígidos geram maior desconforto durante a aquisição das imagens, enquanto as placas de fósforo foram relatadas pelos pacientes como mais confortáveis e mais semelhantes aos filmes convencionais (GONÇALVES et al., 2009) (16).

Em relação às imagens, as radiografias digitais são uma realidade na prática odontológica e vêm sendo amplamente utilizadas como exame complementar no diagnóstico das condições dentárias (WENZEL E KIRKEVANG, 2005; WHITE E PHAROAH, 2008) (17,18). Além da vantagem em relação à redução da dose de radiação, outras destacadas são as facilidades de processamento e armazenamento, aliadas à rapidez da troca de informação entre os profissionais (KITAGAWA et al., 2003) (19). Ainda, a tecnologia dos sistemas digitais propicia grande variação nas opções de filtros de processamento, possibilitando mais recursos para a visualização das

imagens (MOL, 2000; ANALOUI, 2001) (20, 21). Alguns autores relatam que a manipulação da imagem digital pode melhorar a reprodutibilidade e o desempenho diagnóstico da interpretação radiográfica, pois as estruturas são mais claramente visualizadas (WENZEL E HINTZE, 1993) (22). Pesquisas utilizando filtros com alteração de densidade, contraste e nitidez já provaram melhorar o diagnóstico de cárie (WENZEL et. al., 1995; NAIR et. al., 2001; HAITER-NETO et. al., 2009) (23, 24, 25), de alterações no osso alveolar e peri-implantar (DE AZEVEDO VAZ et al, 2012) (26) e de alterações endodônticas em geral (KAMBUROGLU et al., 2010; NASCIMENTO et. al., 2015) (27, 28) .

Em contrapartida, outros estudos destacam que as radiografias digitais e convencionais são igualmente úteis para a prática clínica, e que o uso de filtros pode melhorar o aspecto da imagem, mas não alterar significativamente o diagnóstico em relação às imagens sem filtros (FRIEDLANDER et al., 2002; HADLEY et al., 2008; MOHTAVIPOUR et al., 2011; SILVA et al., 2014)(14, 29, 30, 31). Destaca-se que, inclusive, alguns filtros não devem ser utilizados para a análise de restaurações metálicas ou áreas próximas a elas, reforçando que a radiografia convencional continua a ser o padrão-ouro (YALCINKAYA et. al., 2006; LIEDKE et. al., 2014).(32-33)

Em relação às RRI, Kamburoglu, Barenboim e Kaffe (2008) (34), em estudo *in vitro*, simularam reabsorções radiculares internas em dentes extraídos e compararam a capacidade diagnóstica da radiografia convencional e de sistemas de radiografia digital com e sem filtros. Concluíram que, à exceção das placas de fósforo, que tiveram pior desempenho, não existe diferença estatisticamente significativa entre os tipos de imagem analisadas, com ou sem a presença dos filtros.

Já outros autores avaliaram o uso da subtração radiográfica comparada às imagens tradicionais em reabsorções simuladas internas e externas e perceberam pouco ganho no diagnóstico com a subtração (STEPHANOPOULOS et al., 2011; ONO et al., 2011) (35,36). Ainda, sabe-se que a interpretação de uma radiografia é subjetiva, independente do fato de ser convencional ou digital e características do examinador, como anos de

experiência e familiaridade com determinado sistema digital, têm maior impacto (TEWARY, LUZZO E HARTWELL, 2011) (37).

Além dos filtros de processamento, outros parâmetros das imagens digitais, como resolução espacial (pares de linha) e contraste de resolução (bits), podem interferir nas avaliações. Oliveira et al. (2012) (38) concluíram que a combinação de alta resolução espacial e alto contraste, de um filtro endodôntico, é recomendada para a determinação de medidas na endodontia, quando placas de armazenamento de fósforo são utilizadas.

Patel et al. (2009) (39) apresentaram considerações sobre as imagens endodônticas relacionadas aos sistemas radiográficos. Os autores descreveram as limitações das radiografias para o diagnóstico em endodontia como: compressão da anatomia tridimensional em bidimensional; distorção geométrica devida às angulações das técnicas radiográficas (bisettriz e paralelismo), que podem aumentar ou diminuir o comprimento das raízes e das lesões periapicais; ruído anatômico, quando características anatômicas podem obscurecer a área de interesse resultando em dificuldade na interpretação; e perspectiva temporal, pois as imagens radiográficas representam um momento exato no tempo das áreas avaliadas, e a comparação com imagens de diferentes momentos é realizada.

Técnicas de imagem alternativas têm sido sugeridas para superar as limitações das radiografias intraorais em endodontia, como o uso da ultrassonografia, da imagem por ressonância magnética e, mais popularmente, da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC).

Com o advento da TCFC, as comparações entre as imagens radiográficas em duas dimensões (2D) e as tomográficas em três dimensões (3D) foram estudadas, demonstrando uma superioridade da TCFC em relação ao diagnóstico das reabsorções radiculares (PATEL et al., 2009 ; DURACK et al., 2011; D'ADDAZIO et al., 2011; BERNARDES et al., 2011; KAMBUROGLU et al., 2011) (40, 41, 42, 43, 44).

Em geral, a TCFC é um avanço para a Odontologia e vem sendo utilizada para complementação do diagnóstico e plano de tratamento nas diversas especialidades (SCARFE et al., 2009) (45). Notadamente na área da endodontia, o uso da TCFC vem sendo destacado (COTTON et al., 2007; PATEL et al., 2007) (46, 47) pela qualidade das imagens e pelo real ganho no diagnóstico das afecções radiculares e perirradiculares. O diagnóstico com as imagens da TCFC, na investigação do sistema de canais radiculares, na qualidade das obturações, na detecção de fraturas radiculares e de reabsorções internas e externas da raiz, tem apresentado melhora significativa (LIEDKE et al., 2009; SHEMESH et al., 2011; DA TYNDALL e H KOHLTFARBER, 2012; DA SILVEIRA et al., 2013; VIZZOTTO et al., 2013) (48, 49, 50, 51, 52).

Em estudo *in vivo*, Patel et al. (2009) (40) compararam a acurácia da radiografia periapical com a TCFC na detecção e manejo de reabsorções radiculares. Foram investigados cinco pacientes com reabsorção interna, cinco com reabsorção externa e comparados com cinco pacientes controle, sem lesões. A partir da análise da curva ROC para a determinação da acurácia, a TCFC se mostrou mais eficaz em detectar a presença de lesões de reabsorção, embora a radiografia tenha apresentado um aceitável nível de precisão. A amostra pequena pode ter contribuído para uma diferença estatisticamente significativa e, por isso, estes resultados devem ser avaliados com cautela.

Já em estudo utilizando 90 dentes incisivos inferiores extraídos, Kamburoglu et al. (2011) (44) simularam reabsorções internas e externas em 50 deles (25 – reabsorções internas/25 – reabsorções externas) e utilizaram os 40 restantes como controle. Os dentes foram colocados em alvéolos de um crânio seco, em grupos de seis elementos. Imagens radiográficas convencionais e tomográficas de alta resolução, voxel 0,2mm, foram adquiridas e avaliadas por três examinadores. Os resultados mostraram que o valor da área sob a curva ROC da TCFC foi estatisticamente superior que o da radiografia convencional. Além disso, o estudo mostrou que as reabsorções externas foram mais corretamente detectadas do que as internas, independente do examinador e do tipo de imagem.

Em relação às RRI, poucos estudos avaliaram a capacidade diagnóstica de diferentes exames de imagem na detecção destas lesões (HOLMES et al., 2001; KAMBUROGLU et al., 2008; PATEL et al., 2009; KAMBUROGLU & KURSUN, 2010; KAMBUROGLU et al., 2011; STEPHANOPOULOS et al., 2011; MADANI et al., 2016; LIMA et al., 2016) (53,34,40,54,44,35,55,56). A maioria desses estudos são *in vitro*, pois a repetição de tomadas radiográficas não pode ser feita em pacientes por princípios éticos e de radioproteção.

Assim, os estudos simulam as lesões de RRI seguindo o princípio do protocolo de Andreasen et al. (1973) (57), com a utilização de brocas, alterando-o apenas para confeccionar as cavidades nas paredes internas dos condutos radiculares. O autor, na sua pesquisa original, realizou a simulação de reabsorções externas radiculares em pré-molares inferiores, com tamanhos pequeno, médio e grande, localizadas nos terços cervical, médio e apical das superfícies proximais e livres. As cavidades possuíam 0,6, 1,2 e 1,8 mm de diâmetro e 0,3, 0,6 e 0,9 mm de profundidade, respectivamente. Para esta metodologia foram utilizadas brocas esféricas com diâmetros 0,6, 1,2 e 1,8 mm colocadas em peça reta acoplada a uma braçadeira de metal que garantia a precisão e reprodutibilidade das cavidades com a mesma profundidade.

Os estudos realizados até o momento se basearam neste protocolo, no qual as reabsorções radiculares simuladas, externas ou internas, são promovidas por brocas, de tamanhos diversos, mas que acabam gerando uma cavidade muito particular. Apesar da boa padronização, a utilização de brocas gera cavidades simuladas com aspectos diferentes das lesões clínicas (AL-NAZHAN E SPANGBERG, 1995; GUNRAJ et al., 1999; GABOR et al., 2012) (5,10,58) e, conseqüentemente, pode influenciar nos resultados dos testes de diagnóstico.

A partir desta deficiência, Da Silveira et al. (2014) (59) desenvolveram uma nova metodologia para simulação de reabsorção radicular interna para estudos *in vitro*, baseada na desmineralização ácida. Os autores empregaram um protocolo com o uso de ácido nítrico 5% e provocaram lesões de

reabsorção radicular interna de diferentes tamanhos conforme o tempo de contato do ácido com a estrutura dentinária. As lesões simuladas com esta metodologia, em estudos *in vitro* podem trazer novas perspectivas para o entendimento da capacidade diagnóstica dos exames por imagem, especialmente em lesões de RRI pequenas, nas quais a definição das bordas (no caso das simulações com brocas) pode contribuir para a sua detecção e diferenciação da anatomia do canal radicular, gerando resultados diferentes da realidade clínica.

Contudo, nos exames por imagem, tão importante quanto a capacidade diagnóstica na detecção das RRI é a qualidade da visualização das características da lesão. Mesmo após o diagnóstico estabelecido, é a determinação do tamanho da lesão, o qual se espera que seja o mais aproximado do real, que irá guiar a decisão do profissional quanto ao plano de tratamento. Nesse sentido, a observação do comprometimento de estrutura dentinária adjacente à RRI é fator importante para a tomada de decisão clínica, que poderá incluir manutenção ou não do elemento dentário. Em estudo avaliando medidas volumétricas de RRI, observou-se que diferentes protocolos de TCFC interferem nas medidas de volume e na visualização das lesões, podendo subestimar a real extensão da reabsorção (DA SILVEIRA et al., 2014) (60).

Em casos em que as lesões iniciais de RRI não foram detectadas precocemente e ficaram sem tratamento, permanece o potencial de crescimento e eventual perfuração da raiz. Assim, a fase de detecção da lesão interfere diretamente no prognóstico em longo prazo, pois, quando a reabsorção radicular interna é detectada cedo, geralmente o tratamento é bem sucedido. Apenas quando existe grande perda de estrutura dentinária, com proximidade da parede lateral externa da raiz, há um maior enfraquecimento do dente e um prognóstico mais negativo (PATEL et al., 2010) (6). O tratamento de lesões de RRI sem perfurações tem maior chance de sucesso do que casos nos quais existem perfuração e comunicação com o ligamento periodontal (CALLSCAN E TURKUN, 1997) (61). Nessa situação, o tratamento convencional pode ser ineficaz e ser preterido pelo tratamento cirúrgico.

Tratamentos específicos para perfurações resultantes de RRI extensas, como a terapia com uso de hidróxido de cálcio (FRED, 2001) (62), vêm sendo realizados a fim de estimular o reparo do tecido ósseo adjacente à perfuração. Mais recentemente o MTA (agregado trióxido mineral) tem se destacado pelas propriedades de osteoindução e biocompatibilidade, aumentando o índice de sucesso no tratamento de casos com perfurações radiculares (EMRE ALTUNDASAR et al., 2009; HSIANG-CHI HSIEN et al., 2003; JACOBOVITZ E DE LIMA, 2008) (63,64,65), inclusive restabelecendo novo ligamento periodontal na região adjacente à perfuração (MAARTEN MEIRE et al., 2008) (66).

Em relação ao diagnóstico de perfuração em RRI, a literatura apresenta poucos estudos e a maioria são casos clínicos, que relatam o uso de imagens tridimensionais para a avaliação da lesão e para determinação do plano de tratamento (BRITO-JÚNIOR et al., 2010; BHUVA et al., 2011; KOTHARI E KUMAR, 2013) (67,68,69).

As perfurações radiculares podem ocorrer não apenas em razão de uma RRI, mas também como resultado do preparo do canal durante um tratamento endodôntico. Shemesh et al. (2011) (49) compararam a sensibilidade e especificidade da TCFC e das radiografias periapicais digitais na detecção de rasgos e perfurações, após o tratamento endodôntico em molares inferiores. Observaram que o risco de falsos diagnósticos é alto para ambos os métodos de imagem, sem diferença estatística entre eles, na detecção das perfurações.

Nilson et al. (2003) (70) concluíram que a avaliação da RRI por TCFC possibilitou melhor visualização de defeitos como perfurações e proporcionou escolha de tratamentos mais adequados. Khojastepour et al. (2015) (71) avaliaram a acurácia TCFC na detecção de pequenas perfurações em cavidades de RRI simuladas. Foram utilizadas brocas para a simulação das lesões. Os resultados mostraram sensibilidade e especificidade de mais de 80%, concluindo que as imagens de TCFC podem ser usadas para a detecção de perfuração em defeitos de RRI.

Contudo, TCFC apresenta alta dose de radiação e maior custo, e, por esses motivos, a sua indicação deve ser criteriosa e individualizada para cada caso. Além disso, lesões extensas de RRI são de fácil diagnóstico pela radiografia, que, como exame de investigação inicial, também pode indicar a presença de perfuração, especialmente quando as faces laterais (mesial e distal) das raízes estão envolvidas e associadas a perdas ósseas adjacentes (LYROUDIA et al., 2002) (72). Até o momento, não há pesquisas que tenham investigado a detecção de perfurações em lesões de RRI simuladas com exames radiográficos, permanecendo uma lacuna sobre o conhecimento da sua capacidade diagnóstica.

Frente ao exposto, este estudo se apresenta relevante, pois tem os objetivos de avaliar a capacidade diagnóstica das radiografias digitais, com a aplicação de diferentes filtros de processamento, em lesões de RRI simuladas com desmineralização ácida, em duas situações: lesões pequenas, visando à detecção precoce, e lesões extensas, buscando a visualização da parede dentinária remanescente e a identificação de perfurações.

Objetivos

Geral

Avaliar a capacidade diagnóstica das radiográficas digitais, com diferentes filtros de imagem, na detecção de reabsorções radiculares internas pequenas e na detecção de perfurações em reabsorções radiculares internas extensas, simuladas com desmineralização ácida, em dentes humanos monorradiculares.

Específicos

1. Avaliar a capacidade diagnóstica da radiografia digital, com diferentes filtros de pós-processamento, na detecção de reabsorções radiculares internas pequenas simuladas com desmineralização ácida (Artigo 1).
2. Avaliar a capacidade diagnóstica da radiografia digital, com diferentes filtros de pós-processamento, na visualização das paredes dentinárias remanescentes e na detecção de perfurações em reabsorções radiculares internas simuladas com desmineralização ácida (Artigo 2).

Artigo 1

Capacidade diagnóstica da radiografia digital na detecção de pequenas reabsorções radiculares internas simuladas com desmineralização ácida

Priscila Fernanda da Silveira

Formatação para publicação - periódico *Journal of Endodontics*,

RESUMO

Introdução: O prognóstico das reabsorções radiculares internas (RRI) pode ser ruim e o tamanho da lesão interfere diretamente no sucesso do tratamento. RRI pequenas são mais fáceis de tratar, mas o diagnóstico precoce é um desafio. Radiografias periapicais são a principal ferramenta para a detecção de RRI e, mais recentemente, as imagens digitais vêm sendo amplamente utilizadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade diagnóstica das radiografias digitais, com diferentes filtros, na detecção de RRI pequenas simuladas com desmineralização ácida, semelhantes às lesões fisiológicas.

Materiais e métodos: 42 dentes humanos extraídos foram seccionados no plano coronal, reposicionados, colocados em uma mandíbula seca e radiografados com o sistema digital de placas de fósforo (Vista Scan - Dürr Dental, Germany), formando o grupo controle (GC). Após, lesões pequenas de RRI foram simuladas nos terços médios dos condutos radiculares por meio da desmineralização, com ácido nítrico 5%, e as aquisições radiográficas foram repetidas, para a formação do grupo teste (GT). Todas as imagens foram exportadas e 7 filtros de processamento foram aplicados para a análise mais a imagem original (sem filtro). Três examinadores utilizando uma escala Likert de 5 pontos avaliaram as imagens quanto à presença/ausência de RRI. O índice Kappa intra e inter-examinadores foi calculado para avaliar a reprodutibilidade. Testes de diagnóstico e AcROC foram calculados para cada grupo (GT e GC) e para cada filtro de imagem. A distância do escore determinado na escala até o valor do padrão-ouro foi utilizada para mensurar a certeza/incerteza no diagnóstico. Equações de Estimação Generalizadas (GEE) foram utilizadas para a análise estatística, com significância de 0,05%. **Resultados:** Valores moderados de Kappa-inter (0,403-0,620) e altos de intra-examinadores (0,757-0,915) foram observados. Maior percentual de acertos ocorreu no GC, significativamente ($p < 0,05$). Imagens originais apresentaram maior sensibilidade e AcROC (0,595-0,750) e o filtro Endo apresentou maior especificidade (0,952), em relação às demais imagens, sem diferença estatística entre elas ($p > 0,05$). Os filtros *Inversion* e *Pseudo3D* causaram maior incerteza no diagnóstico das RRI, estatisticamente significativa para GC com o filtro *Pseudo3D* ($p < 0,05$). **Conclusões:** Os filtros *Inversion* e *Pseudo3D* são contraindicados na avaliação das RRI pequenas, pois geram muitas incertezas aumentando a probabilidade de erros de diagnóstico. Frente à existência de dúvida quanto à presença destas lesões, a imagem sem filtro (Original) deve ser buscada, pois apresenta maior capacidade diagnóstica e permite maior certeza na avaliação.

Palavras-chave: Reabsorção radicular interna, radiografia digital, filtros de processamento.

INTRODUÇÃO

As reabsorções radiculares internas (RRI) são lesões com etiologia relacionada a processo inflamatório pulpar ou traumatismo^(1,2). A manifestação clínica raramente pode ser dor, mas muitas vezes as RRI se apresentam assintomáticas^(3,4). A lesão de RRI é resultado da perda de estrutura dentinária, a partir das paredes do canal radicular, pela ação das células clásticas de origem pulpar^(5,6). Se não tratada, a progressão da lesão pode resultar em perda prematura do elemento dentário⁽⁷⁾. Assim, a detecção precoce de lesões pequenas, iniciais, é de relevante importância para melhor viabilidade do tratamento endodôntico^(8,9) e aumento da chance de sucesso da terapia⁽¹⁰⁾.

Imagens radiográficas periapicais são os exames de primeira escolha para a investigação de dentes com suspeita de lesões de RRI, as quais podem, até mesmo, ser um achado radiográfico⁽²⁾. Em relação às imagens, as radiografias digitais são uma realidade na odontologia, apresentando vantagens como redução da dose de radiação e eliminação dos erros de processamento químico⁽¹¹⁻¹³⁾. A possibilidade de pós-processamento com a aplicação dos filtros de imagem vem sendo foco de investigação como ferramenta auxiliar no diagnóstico das diversas alterações orais⁽¹⁴⁻²⁰⁾. Em relação às RRI, poucos estudos têm analisado a capacidade diagnóstica dos diferentes tipos de imagem⁽²¹⁻²⁸⁾ e, em especial, a aplicação de diferentes

filtros em radiografias digitais, permanecendo como uma dúvida não esclarecida pela literatura.

Em geral, estudos com objetivo de comparar a capacidade diagnóstica de diferentes exames por imagem são estudos *in vitro*, pois a repetição de tomadas radiográficas não pode ser feita em pacientes, por princípios éticos e de radioproteção. Esses estudos^(21,22,24-27) simulam as lesões de RRI seguindo o princípio do protocolo de Andreasen et al. (1973)⁽²⁹⁾, com a utilização de brocas, alterando-o apenas para fazer as cavidades nas paredes internas dos condutos radiculares. Contudo, apesar da boa padronização, a utilização de brocas gera cavidades simuladas com aspectos diferentes das lesões clínicas^(1,30,31) e, conseqüentemente, podem influenciar nos testes de diagnóstico das imagens. Frente a essa deficiência, uma nova metodologia de simulação de lesões de RRI para estudos *in vitro* foi desenvolvida⁽³²⁾ baseada na desmineralização ácida e com a capacidade de gerar lesões mais próximas às fisiológicas. Contudo, avaliações de diagnóstico ainda não foram realizadas com esta metodologia.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia diagnóstica da radiografia digital, com a aplicação de diferentes filtros de imagem, na detecção de pequenas lesões de RRI simuladas *in vitro* com desmineralização ácida.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (nº Protocolo 23378). Quarenta e dois dentes humanos

monorradiculares extraídos, caninos e pré-molares inferiores, foram seccionados em duas partes iguais, no sentido mésio-distal, com um disco de diamante (Buehler Diamond Cut-Off Wheels, nº 114243, Buehler, Lake Bluff, USA) acoplado a uma cortadeira elétrica (IsoMet, Low Speed Saw, Buehler, Lake Bluff, USA). Foram utilizados na amostra apenas dentes hígidos, sem restaurações, sem tratamento endodôntico, sem sinais de trincas ou fraturas radiculares e com câmara pulpar e canal radicular sem alterações visíveis. Após o corte, as metades dos dentes foram justapostas e inseridas em alvéolos produzidos em uma mandíbula humana seca, coberta com camada de cera de 5mm para a simulação dos tecidos moles. Os dentes foram radiografados e as imagens compuseram o grupo controle (GC, n=42). Após a simulação das lesões de RRI pequenas, os dentes foram novamente radiografados e as imagens formaram o grupo teste (GT, n=42). Assim, os exames radiográficos foram adquiridos antes e após a simulação das lesões, de igual forma no GC e GT. O posicionamento dos dentes, individualmente, foi o mesmo em todas as aquisições.

Simulação das RRI pequenas

Lesões pequenas de RRI foram simuladas no terço médio radicular, nas duas metades do dente, seguindo o protocolo de um dia de desmineralização ácida já estabelecido na literatura (32). A simulação ocorreu com o uso de: ácido nítrico a 5%, durante 12 horas; hipoclorito de sódio 8%, durante 10 minutos; e, ácido nítrico a 5%, durante mais 12 horas. Os resíduos foram removidos com imersão de 24 horas em água deionizada. Esse protocolo produz lesões simuladas de RRI de, aproximadamente, 2mm de diâmetro e

0,2mm de profundidade. Para fins de comparação, foi utilizada profundidade já adotada e considerada pequena em estudos anteriores – *in vitro* ⁽²²⁾, mas com o diâmetro maior, obtendo-se características mais próximas daquelas encontradas frequentemente em lesões - *in vivo* ⁽³¹⁾.

Aquisição das imagens

Todos os dentes do GC e do GT foram radiografados. A mandíbula humana seca, com os dentes da amostra posicionados nos alvéolos, foi estabilizada em uma superfície plana para a aquisição radiográfica. Um dispositivo posicionador foi utilizado para assegurar o paralelismo entre o dente e o receptor, com uma distância foco-receptor de 30cm. A angulação vertical usada foi perpendicular à superfície vestibular e a dissociação horizontal foi realizada com três aquisições, ortogonal (0°), mesial e distal (15°). Assim, três aquisições foram executadas em cada dente do GT e GC. Foi utilizado o sistema digital de placas de armazenamento de fósforo (Vista Scan - Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany) no mesmo aparelho de raio X (DabiAtlante, Spectre 70X, 127V, 8A, 50/60Hz), com tempo de exposição de 0.4s. As radiografias foram pós-processadas com aplicação dos filtros de imagem *Original (sem filtro)*, *Fine*, *Caries 1*, *Caries 2*, *Endo*, *Perio*, *Inversion* e *Pseudo-3-Dimensional (3D)* disponíveis no software DBSWIN (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) e exportadas em formato *Tagged Image File Format *(tiff)*. Exemplo de imagens dos filtros utilizados, em um dente com lesão de RRI pode ser visualizado na figura 1.

As radiografias do GC e do GT foram processadas com 7 filtros de imagem, mais a imagem *Original*, resultando 1.008 imagens em cada grupo e

2.016 imagens no total para serem avaliadas.

Avaliação das imagens

As imagens ortogonal, mesial e distal foram apresentadas em grupos codificados, randomizados em sequência aleatória (por sorteio) e cegados para o grupo amostral e filtro. As radiografias digitais foram visualizadas em um monitor de tela plana, a partir do Visualizador de Imagens do Windows (Microsoft®), em uma sala com iluminação controlada. O uso da ferramenta de zoom estava disponível.

Três examinadores especialistas em radiologia odontológica analisaram as imagens. Antes, os mesmos receberam instrução sobre o estudo e sobre o preenchimento da planilha com a escala de pontuação. A avaliação das imagens se baseou numa escala Likert de 5 pontos, com a classificação: (1) certamente há reabsorção radicular interna; (2) provavelmente há reabsorção radicular interna; (3) incerto; (4) provavelmente não há reabsorção radicular interna; (5) certamente não há reabsorção radicular interna. Dez por cento da amostra foi reavaliada para analisar a reprodutibilidade dos examinadores.

Análise dos Dados

A análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS versão 22 (SPSS, Chicago, IL, EUA) ao nível de significância de 0,05. O Índice Kappa foi utilizado para analisar a reprodutibilidade intra e inter examinador (aos pares), com relação às pontuações repetidas de 10% da amostra. A moda (avaliação mais frequente) entre as avaliações dos três examinadores foi usada para as demais análises.

O percentual de acerto dos examinadores em cada filtro, nos grupos sem lesões de RRI (GC) e com lesões de RRI (GT) foi verificado. Os valores dos testes diagnósticos (Sensibilidade, Especificidade) e a área sob a curva ROC (acROC), com seus respectivos intervalos de confiança de 95% (CI), foram calculados para cada filtro. Para comparação entre os filtros, se utilizou os modelos de Equações de Estimação Generalizadas (GEE), uma vez que cada dente foi avaliado nos mesmos filtros e grupos (GT e GC), configurando uma estrutura de dependência entre as unidades amostrais.

Para estimar a certeza nos diagnósticos, possibilitada pelo uso da escala Likert de 5 pontos, foi averiguada a distância do valor atribuído ao valor do padrão-ouro. Inicialmente, verificou-se o valor mediano da resposta entre os três examinadores e, posteriormente, calculou-se a distância deste valor até o valor correto.

RESULTADOS

A consistência das medições entre os examinadores pode ser verificada por meio do Índice Kappa (Tabela 1). Observa-se que o Kappa-interexaminador foi maior entre os Ex1 e Ex3, enquanto que, em relação ao Ex2, o índice cai. Os valores de Kappa-intraexaminador se apresentaram maiores, entre 0,757 e 0,915, comparados aos valores inter-examinadores. Em relação à concordância com o padrão-ouro, o Ex2 apresentou um escore maior que os demais. Para diluir as diferenças entre os observadores a moda e mediana das análises foram empregadas.

Pela Tabela 2, é possível observar que os filtros apresentaram

percentuais de acerto bastante semelhantes dentro de cada grupo. No GC, percebe-se que o percentual de acerto foi superior no filtro *Inversion*. Por outro lado, esse filtro apresentou um menor percentual de acerto no GT. Assim, pode-se dizer que o filtro *Inversion* teve a maior especificidade, contudo, por outro lado, apresentou a pior sensibilidade para a detecção de RRI em relação aos demais.

A avaliação dos valores dos testes diagnósticos (Tabela 3), mostra altos valores de especificidade e valores médios de sensibilidade, para todos os filtros, de maneira geral. Entretanto, observa-se que as imagens originais, ou seja, sem filtro, apresentaram maior valor de sensibilidade (0,595) e de área sob a curva ROC (0,750) em relação às demais, com filtros, contudo não foi observada diferença estatisticamente significativa ($p>0.05$). Em acréscimo, não houve diferença estatística ($p>0,05$) entre os filtros em relação às áreas sob a curva ROC ($p=0,533$). Entre os grupos, com e sem lesões de RRI, os percentuais de acertos foram diferentes significativamente ($p<0,01$). O grupo sem lesão de RRI apresentou um percentual de acerto superior do que o grupo com lesão, ou seja, os valores de especificidade foram estatisticamente superiores aos valores de sensibilidade, independente do filtro utilizado.

A Tabela 4 mostra que as distâncias maiores do valor atribuído (escala Likert) ao valor do padrão-ouro foram observadas quando o dente apresentava a lesão de RRI (GT), sinalizando maior incerteza no diagnóstico da presença de lesão do que da ausência de lesão (GC), com diferença estatisticamente significativa ($p<0.05$). Dentro do grupo dos dentes sem lesão de RRI (GC), o filtro que apresentou a distância menor, demonstrando valores médios mais próximos do correto e, portanto, maior certeza, foi o *Endo*, enquanto que o pior

filtro (com maior distância) e, assim, maior incerteza, foi o *Pseudo3D*. Em contrapartida, quando o dente apresentava a lesão de RRI (GT), a imagem que apresentou a distância menor e, por conseguinte, maior certeza, foi a original sem filtro. Já a imagem com o filtro que exibiu uma distância maior, mostrando maior incerteza, foi a com o filtro *Inversion*.

A tabela 4 também demonstra que, de acordo com as comparações múltiplas de Bonferroni, não houve diferença significativa entre as distâncias médias dos filtros nas imagens de dentes com RRI (GT), ou seja, nenhum filtro causou maior ou menor certeza no diagnóstico da presença de lesão. Contudo, em relação aos dentes sem lesões de RRI (GC), o filtro *Pseudo3D* apresentou uma distância média significativamente maior que os filtros *Inversion*, *Perio*, *Caries 2* e *Endo*.

DISCUSSÃO

Sabe-se que a detecção de pequenas lesões de RRI é de grande relevância para o sucesso no tratamento endodôntico e na manutenção do elemento dental⁽⁸⁻¹⁰⁾. O objetivo principal deste estudo foi avaliar a acurácia dos primeiros exames de imagem comumente utilizados para o diagnóstico da suspeita de RRI, as radiografias periapicais e, em especial, as radiografias digitais. Estas proporcionam o pós-processamento das imagens e possibilitam a investigação com as ferramentas dos diferentes filtros, o que amplia a exploração pelo exame radiográfico, com possibilidade de auxiliar no diagnóstico. Nesta investigação, radiografias digitais com oito filtros diferentes foram testadas na detecção de lesões de RRI pequenas, simuladas com ácido, em dentes humanos extraídos.

Os examinadores avaliaram as imagens e, com o uso de uma escala Likert de 5 pontos, identificaram presença ou ausência de RRI. Na avaliação da concordância intra e interexaminador foram observados valores moderados do índice Kappa e similares a estudos anteriores (23, 25, 27). Os maiores índices intra-examinador (0,757–0,915) do que interexaminador (0,403-0,620) sugerem que, além dos filtros de imagem, a percepção do avaliador poderia influenciar no diagnóstico. Neste estudo, as avaliações foram executadas por três examinadores experientes e especialistas em radiologia odontológica para diminuir o viés de interpretação individual e os valores de moda e mediana foram empregados nas análises.

Todas as imagens digitais avaliadas, independente do filtro utilizado, apresentaram maior especificidade (0,905 a 0,100) do que sensibilidade (0,452 a 0,595), de forma significativa ($p < 0,01$). Ou seja, o percentual de diagnósticos corretos foi maior no GC (Tabela 2). Isso ocorreu porque os profissionais classificaram grande parte das imagens como sem reabsorção (Escores 4 e 5 da escala Likert), pois não conseguiram distinguir as pequenas lesões de RRI de alterações morfológicas normais dos condutos radiculares. Possivelmente, os menores valores de sensibilidade diagnóstica se devem ao tamanho e, mais especificamente, às características das lesões de RRI simuladas neste estudo. A metodologia de simulação baseada na desmineralização ácida em detrimento do uso de brocas gera lesões mais próximas das encontradas clinicamente, com limites indefinidos e, portanto, com maior dificuldade diagnóstica. Estudos anteriores que avaliaram lesões de RRI pequenas simuladas por brocas encontraram valores de diagnóstico superiores, entretanto, isso pode ser em virtude da forma mais definida das cavidades o

que torna mais fácil a sua identificação^(25,26).

Um crescente uso de imagens tri-dimensionais vem sendo observado, especialmente para as alterações endodônticas⁽³³⁾, contudo, as vantagens da TCFC devem ser contrapostas com as desvantagens de custo e alta dose de radiação em relação aos exames radiográficos. A radiografia periapical deve ser sempre o exame inicial na investigação, pois tem fácil acesso, baixo custo e está aliada à menor dose de radiação para o paciente.

Pesquisas que encontraram valores baixos ou moderados de acurácia diagnóstica para as radiografias, em comparação à TCFC, justificaram os achados em virtude das dificuldades inerentes das imagens em duas dimensões, como a sobreposição de estruturas^(23,25,27,28). Cientes das limitações das radiografias periapicais, o presente estudo procurou expandir as possibilidades de visualização do conduto radicular com a utilização de três imagens, uma ortogonal e duas dissociadas, para mesial e distal, ampliando a exploração pela técnica radiográfica.

As lesões de RRI foram simuladas no terço médio radicular, pois este é o sítio de maior frequência das lesões observadas clinicamente⁽³¹⁾. Estudos anteriores simularam lesões em dois ou três terços da raiz e encontraram diferenças na detecção destas nos terços cervical e apical^(21,22), já outros não observaram esta interferência⁽²⁷⁾.

No geral, os valores de acurácia encontrados foram semelhantes entre os filtros de imagem utilizados. Este achado corrobora com outros estudos que avaliaram outras situações clínicas^(24,34). No entanto, pode-se observar que o filtro que apresentou a maior porcentagem de acerto no grupo sem lesão (GC) foi o filtro *Inversion*, mas também este foi o filtro com pior acerto no grupo com

lesão de RRI (GT). Isso mostra que este filtro *Inversion* tem alta especificidade e baixa sensibilidade, possivelmente por causar maior dificuldade na avaliação e, com isso, os examinadores acabam por diagnosticar mais ausências. Estudo de Nastaran Farhadi et al. (2015)⁽³⁵⁾ avaliaram negativamente o uso do filtro *Inversion* em radiografias digitais, para a acurácia na determinação de medidas em endodontia. Também para o diagnóstico de cáries proximais, a inversão das imagens radiográficas foi contra-indicada⁽³⁴⁾.

Nesta investigação, a imagem que apresentou maiores valores de sensibilidade foi a original, ou seja, a imagem pura sem a aplicação de filtro. Mesmo sem diferença estatística em relação àquelas com filtros, observou-se uma grande tendência de superioridade nos valores diagnósticos das imagens originais e isso corrobora com outras pesquisas que sugerem o uso dessas imagens para o aumento da capacidade diagnóstica frente a outras situações clínicas^(15,17). Os resultados do presente estudo apontam para a importância do conhecimento pelo profissional destes achados, uma vez que as imagens digitais já são disponibilizadas ao observador com o uso de filtro, o que torna necessária a busca da imagem original, não sendo esse um processo automático ofertado pelos sistemas digitais.

A presença de materiais radiopacos, como restaurações e próteses, pode causar artefatos de imagem e prejudicar o diagnóstico quando filtros de realce são utilizados⁽²⁰⁾. Nesta investigação todos os dentes eram hígidos e, portanto, sem restaurações ou próteses, o que talvez justifique o fato de alguns filtros de realce não terem apresentado grande interferência no diagnóstico e na avaliação das imagens.

Apesar de não mudar o diagnóstico final, a escala Likert de 5 pontos

proporciona a avaliação de maior ou menor certeza no diagnóstico. Neste estudo, pode-se observar que a avaliação com o filtro *Endo* resultou em diagnósticos mais convictos de ausência de lesão do que os demais filtros. Já o filtro *Pseudo-3D* apresentou maiores dúvidas na detecção da ausência de RRI. Maior certeza no diagnóstico da presença de RRI foi observada na imagem original e o filtro *Inversion* causou maior dúvida na avaliação das lesões de RRI presentes no grupo teste.

Frente aos resultados encontrados neste estudo é possível perceber que a confiança do examinador na detecção de reabsorções radiculares internas pequenas pode sofrer a interferência dos filtros de imagem, como o *Pseudo-3D* e *Inversion* que geram muitas incertezas e podem levar a diagnósticos equivocados. Filtros mais específicos, como o *Endo*, trazem maior segurança aos examinadores, pois permitem maior certeza no diagnóstico. Por outro lado, o profissional deve ser alertado de que, frente à dúvida quanto à existência da RRI, pode lançar mão da imagem original, sem filtro, para a investigação, pois esta permite maior certeza e acurácia no diagnóstico e, portanto, um desfecho clínico mais adequado.

Tabela 1: Índice Kappa ponderado intra e inter-examinadores.

Inter-Ex	<i>Ex1</i>	<i>Ex2</i>	<i>Ex3</i>
<i>Ex3</i>	0,620	0,403	
<i>Ex1</i>		0,547	0,620
Intra-Ex	0,839	0,915	0,757
Padrão-Ouro	0,397	0,591	0,357

Tabela 2: Percentual de acerto em cada etapa e filtro

Grupo	Filtro	Percentual de Acerto
Sem RRI (GC)	<i>Original</i>	0,90
	<i>Fine</i>	0,93
	<i>Carie 1</i>	0,93
	<i>Carie 2</i>	0,93
	<i>Endo</i>	0,95
	<i>Perio</i>	0,93
	<i>Inversion</i>	1,00
	<i>Pseudo3D</i>	0,90
Com RRI (GT)	<i>Original</i>	0,60
	<i>Fine</i>	0,50
	<i>Carie 1</i>	0,50
	<i>Carie 2</i>	0,45
	<i>Endo</i>	0,50
	<i>Perio</i>	0,50
	<i>Inversion</i>	0,45
	<i>Pseudo3D</i>	0,48

Tabela 3: Média dos valores de Sensibilidade, Especificidade e a área sob a curva ROC (acROC) IC=95% da moda entre os 3 examinadores para cada filtro.

Filtro	Esp	Sen	Área (acROC)	IC 95%
<i>Original</i>	0,905	0,595	0,750	(0,642; 0,857)
<i>Fine</i>	0,929	0,500	0,714	(0,602; 0,826)
<i>Carie 1</i>	0,929	0,500	0,714	(0,602; 0,826)
<i>Carie 2</i>	0,929	0,452	0,690	(0,575; 0,805)
<i>Endo</i>	0,952	0,500	0,726	(0,615; 0,836)
<i>Perio</i>	0,929	0,500	0,714	(0,602; 0,826)
<i>Inversion</i>	1,000	0,452	0,726	(0,615; 0,836)
<i>Pseudo3D</i>	0,905	0,476	0,690	(0,575; 0,805)
<i>*p=0,377(>0.05)</i>		<i>**p<0,01</i>	<i>***p=0,533(>0.05)</i>	

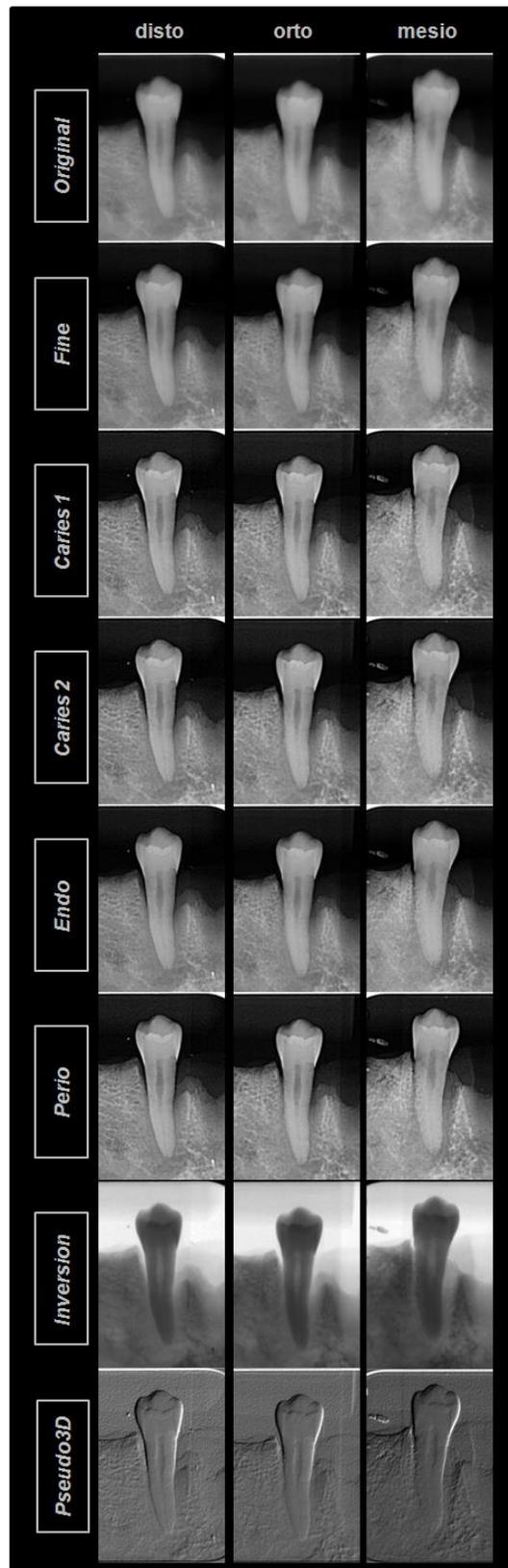
Modelos de Equações de Estimação Generalizadas (GEE): *fator de interação entre o grupo e o filtro ($p=0,377$); **diferença entre os GT (sensibilidade) e GC (especificidade) ($p<0,01$). ***diferença entre os filtros como fator principal ($p=0,533$); Esp = Especificidade; Sen = Sensibilidade; acROC = área sob a curva ROC (receiver operating characteristics); IC = intervalo de confiança

Tabela 4 - Distância média de cada filtro até o valor correto (padrão-ouro) e comparações múltiplas de Bonferroni nos grupos sem RRI (GC) e com RRI (GT).

Grupo	Filtro	Distância Média	DP*	EP**	CMB
Sem RRI (GC)	<i>Original</i>	0,381	0,91	0,139	AB
	<i>Fine</i>	0,333	0,90	0,138	AB
	<i>Caries 1</i>	0,333	0,90	0,138	AB
	<i>Caries 2</i>	0,262	0,83	0,126	B
	<i>Endo</i>	0,238	0,73	0,111	B
	<i>Perio</i>	0,286	0,83	0,127	B
	<i>Inversion</i>	0,310	0,47	0,071	B
	<i>Pseudo3D</i>	0,690	0,64	0,098	A
Com RRI (GT)	<i>Original</i>	1,929	1,49	0,227	A
	<i>Fine</i>	2,071	1,64	0,251	A
	<i>Caries 1</i>	2,167	1,54	0,236	A
	<i>Caries 2</i>	2,095	1,56	0,238	A
	<i>Endo</i>	2,119	1,61	0,246	A
	<i>Perio</i>	2,071	1,60	0,244	A
	<i>Inversion</i>	2,238	1,25	0,190	A
	<i>Pseudo3D</i>	2,167	1,23	0,187	A

*DP = Desvio-Padrão; **EP = Erro-Prado; CMB = comparações múltiplas de Bonferroni; Mesma letra indica que não houve diferença estatística significativa ($p>0,05$), letras diferentes indicam diferença estatística significativa ($p<0,05$)

Figura 1: Imagens radiográficas de um dente da amostra com lesão de RRI na imagem original e nos diferentes filtros de processamento.



REFERÊNCIAS

- 1 - Gunraj MN. Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 1999;88:647-653.
- 2 - Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009; 42:447–462.
- 3 - Nilsson E, Bonte E, Bayet F, Lasfargues J. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. *Int J Dent* 2013; 1-7.
- 4 - M. Fernandes, I. de Ataide, and R. Wagle, Tooth resorption part I— pathogenesis and case series of internal resorption. *J Conserv Dent* 2013; 16:4–8.
- 5 - Haapasalo M, Endal U. Internal inflammatory root resorption: the unknown resorption of the tooth. *Endod Topics* 2006;14:60–79.
- 6 - Consolaro A. The four mechanisms of dental resorption initiation. *Dental Press J Orthod* 2013;18:7-9.
- 7 - Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption-diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatol* 2003;19:175-182.
- 8 - Topçuoğlu HS, Düzgün S, Ceyhanlı KT, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J* 2015; 48:309–316.
- 9 - Keles A, Ahmetoglu F, Uzun I. Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J* 2014; 40: 131–135
- 10 - Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod* 2010;36:1107-1121.

11 - Wenzel A, Hintze H. Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for detectability of dental disease. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:131-134.

12 - Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2010;68:106–114.

13 - de Oliveira ML, Pinto GCdS, Ambrosano GMB, Tosoni GM. Effect of combined digital imaging parameters on endodontic file measurements. *J Endod* 2012; 38:1404-1407.

14 - Yalcinkaya S, Kunzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of digitally filtered radiographs acquired by the Dürr Vistascan system compared with conventional radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101: 643–651.

15 - Haiter-Neto F, Casanova MS, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:116-21.

16 - Belém MDF, Tabchoury CPM, Ferreira-Santos RI, Groppo FC, Haiter-Neto F. Performance of a photostimulable storage phosphor digital system with or without the sharpen filter and cone beam CT for detecting approximal enamel subsurface demineralization. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 20120313.

17 - de Azevedo Vaz SL, Neves FS, Figueiredo EP, Haiter-Neto F, Campos PS. Accuracy of enhancement filters in measuring in vitro peri-implant bone level. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1074-7.

18 - Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison

of enhanced digital images with dental X-ray film. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25:202-206.

19 - Nascimento HAR, Ramos ACA, Neves FS, de-Azevedo-Vaz SL, Freitas DQ. The 'Sharpen' filter improves the radiographic detection of vertical root fractures. *Int Endod J* 2015; 48: 428–434.

20 - Liedke GS, Spin-Neto R, Vizzotto MB, da Silveira PF, da Silveira HE, Wenzel A. Diagnostic accuracy of conventional and digital radiography for detecting misfit between the tooth and restoration in metal-restored teeth. *J Prosthet Dent*. 2014;113:39-47.

21 - Holmes JP, Gulabivala K, van der Stelt PF. Detection of simulated internal tooth resorption using conventional radiography and subtraction imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:249-254.

22 - Kamburoglu K, Barenboim SF, Kaffe I. Comparison of conventional film with different digital and digitally filtered images in the detection of simulated internal resorption cavities--an ex vivo study in human cadaver jaws. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2008;105:790-797.

23 - Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography—an in vivo investigation. *Int Endod J* 2009;42:831-838.

24 - Kamburoglu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J* 2010;43:798-807.

25 - Kamburoglu K, Kursun S, Yuksel S, Oztas B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod* 2011;37:168-175.

26 - Stephanopoulos G, Mikrogeorgis G, Lyroudia K. Assessment of simulated internal resorption cavities using digital and digital subtraction radiography: a comparative study. *Dent Traumatol* 2011;27:344-349.

27 - Madani ZS, Moudi E, Bijani A, Mahmoudi E. Diagnostic Accuracy of Cone-Beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Internal Root Resorption. *Iran Endod J* 2016;11:51-56.

28 - Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J* 2016; 18: doi: 10.1111/adj.12407. [Epub ahead of print]

29 - Andreasen FM, Sewerin I, Mandel U, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:21-27.

30 - Al-Nazhan SA e Spangberg LW. Light and SEM observation of internal root resorption of atraumatized permanent central incisor. *Int Endod J* 1995; 28:133-136.

31 - Gabor C, Tam E, Shen Y, Haapasalo M. Prevalence of internal inflammatory root resorption. *J Endod* 2012;38:24-27.

32 - Da Silveira PF, Vizzotto MB, Montagner F, da Silveira HL, da Silveira HE. Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod* 2014; 40:211–216.

33 - Venskutonis T, Daugela, P, Strazdas M, Juodzbaly, G. Accuracy of Digital Radiography and Cone Beam Computed Tomography on Periapical

Radiolucency Detection in Endodontically Treated Teeth. J Oral Maxillofac Res 2014;5:1-7.

34 - Belém MDF, Ambrosano GMB, Tabchoury CPM, Ferreira- Santos RI, Haiteir-Neto F. Performance of digital radiography with enhancement filters for the diagnosis of proximal caries. Braz Oral Res 2013;27:245–251.

35 - Farhadi N, Shokrane A, Mehdizadeh M. Contrast Inversion in Endodontic File Length Determination. J Clin Diagn Res 2015; 5:doi: 10.7860/JCDR/2015/11767.5988 Epub 2015

Artigo 2

Capacidade diagnóstica da radiografia digital na visualização das paredes

**dentinárias remanescentes e na detecção de perfurações em reabsorções
radiculares internas simuladas com desmineralização ácida**

Priscila Fernanda da Silveira

Formatação para publicação - periódico *Journal of Endodontics*,

RESUMO

Introdução: A perfuração em lesões de reabsorção radicular interna (RRI) é um evento de ruim prognóstico, pois a comunicação com o ligamento periodontal diminui as chances de sucesso no tratamento. O seu diagnóstico é baseado especialmente nos exames de imagem, mas poucas pesquisas investigaram a detecção de perfurações. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade diagnóstica das radiografias digitais, com diferentes filtros,

na visualização das paredes dentinárias remanescentes e na detecção de perfurações em RRI simuladas com desmineralização ácida. **Materiais e métodos:** RRI com desmineralização ácida foram simuladas em 42 dentes monorradiculares, seccionados no sentido coronal. As paredes mesial e distal das raízes foram consideradas individualmente, quando perfuradas pertencendo ao grupo teste (GT=33) e quando não perfuradas, com diferentes espessuras de parede remanescente, pertencendo ao grupo controle (GC=51). Todos os dentes foram radiografados com placas de fósforo (Vista Scan - Dürr Dental, Germany) com dissociação horizontal. Imagem original, mais sete filtros de processamento foram aplicados às radiografias, totalizando 8 imagens de cada dente. Três examinadores cegados avaliaram as imagens respondendo uma escala Likert de 5 pontos, para a presença/ausência de perfuração. Testes de diagnóstico e área sob a curva ROC (acROC) foram calculados. A certeza/incerteza no diagnóstico foi mensurada pelas distâncias entre os escores atribuídos e o padrão ouro. Equações de Estimação Generalizadas (GEE) foram utilizadas para a análise estatística, com significância de 0,05%. Foi avaliado o percentual de acerto do GC em relação às espessuras das paredes remanescentes. **Resultados:** Imagens com o filtro *Pseudo3D* resultaram em mais escores de dúvida (73,5-78%) e maiores distâncias do padrão ouro, gerando maior incerteza no diagnóstico, significativamente ($p < 0,05$), em relação aos demais filtros. Maior acROC (0,615) foi relacionada ao filtro *Perio*, sem diferença estatística ($p > 0,05$). Maiores distâncias, refletindo maiores incertezas nos diagnósticos, foram observadas no GC para todas as imagens. O percentual de acerto foi menor conforme diminuiu a espessura da parede remanescente, com 31% de acerto para as espessuras de 0,2mm. **Conclusões:** Filtro *Pseudo3D* deve ser evitado, pois gera maior incerteza no diagnóstico. Uso do filtro *Perio* deve ser incentivado, pois facilita a avaliação e aumenta as chances de diagnósticos corretos. Nos casos diagnosticados como perfuração, ainda pode existir uma camada de parede dentinária remanescente.

Palavras-chave: Reabsorção radicular interna, perfuração; radiografia digital, filtros de processamento.

INTRODUÇÃO

A reabsorção radicular interna (RRI) é uma condição relativamente rara do conduto radicular e se constitui da destruição do tecido duro dentário, pela atividade clástica, sob o pressuposto de inflamação pulpar com manutenção da

vitalidade (1,2). Em muitos casos, a RRI é assintomática e os sintomas dolorosos não aparecem até um estágio mais avançado da lesão, quando a grande perda de estrutura dentinária pode, potencialmente, perfurar a raiz (3,4).

A perfuração é um evento de ruim prognóstico e geralmente altera o planejamento do tratamento, de forma que a fase de detecção da lesão está diretamente relacionada aos resultados da terapia. A comunicação da RRI com o ligamento periodontal, em uma perfuração, é um fator que diminui as chances de sucesso e, nesses casos, o tratamento convencional pode ser preterido pelo cirúrgico (5). Apesar disso, novas técnicas endodônticas de preparo, com uso de ultrassom (6,7) e preenchimento da cavidade da RRI com mistura de cimento enriquecido em cálcio (8,9) e trióxido mineral agregado (MTA), tem alcançado uma selagem bem sucedida do defeito perfurante (10-16), com taxa de sucesso de mais de 70% (17,18).

Em relação aos aspectos imaginológicos, alguns casos clínicos relatam o uso de imagens tomográficas, em especial a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), para a avaliação de perfurações em RRI (12,15, 16,19,20). Entretanto, a TCFC representa maior dose de radiação e maior custo para o paciente e, por esses motivos, a sua indicação deve ser criteriosa e individualizada para cada caso.

Além disso, lesões extensas de RRI são de fácil diagnóstico radiográfico e este exame de investigação inicial também pode indicar a presença de perfuração, especialmente quando as faces laterais (mesial e distal) das raízes estão envolvidas e associadas a perdas ósseas adjacentes (21,22). As

radiografias digitais são amplamente utilizadas na prática odontológica, com a vantagem da baixa dose de radiação e das ferramentas de pós-processamento, como a aplicação de filtros, trazendo novas possibilidades para a visualização das imagens (23-25). Mas, até o momento, poucas pesquisas investigaram a detecção de perfurações em lesões de RRI (26), permanecendo uma lacuna sobre o conhecimento da capacidade diagnóstica dos exames por imagem e, especialmente, não há estudos sobre a investigação radiográfica.

Assim, os objetivos deste estudo foram avaliar a acurácia diagnóstica da radiografia digital, com diferentes filtros de imagem, na detecção de perfuração e na identificação da estrutura dentinária remanescente, em lesões de RRI simuladas com desmineralização ácida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Quarenta e dois dentes monorradiculares extraídos, caninos e pré-molares inferiores, foram selecionados para a realização de um protocolo de simulação de RRI, já definido em outro estudo (27), baseado na desmineralização ácida.

Os dentes foram seccionados em duas metades, no plano coronal, com disco de diamante (Buehler Diamond Cut-Off Wheels, nº 114243, Buehler, Lake Bluff, USA) e as lesões foram simuladas no terço médio radicular, equidistante nas metades radiculares. O tempo do protocolo de desmineralização foi determinado para cada dente, a partir da observação da extensão da lesão e da pretendida perfuração resultante nas paredes dentinárias. Como não há

controle sobre a ação do ácido, são provocadas lesões irregulares, de morfologias diferentes, representando mais fielmente a realidade clínica. Foi buscado o estabelecimento de dois grupos: um com estrutura de parede dentinária ainda remanescente (sem perfuração) e outro com a perfuração constituída. Os grupos de dentes com e sem perfuração foram determinados, conforme a ocorrência dessa, pela livre ação do ácido. As perfurações resultantes nas faces mesial e distal das superfícies radiculares da amostra ocorreram: nas duas faces (mesial e distal), em uma face apenas (mesial ou distal) ou em não nenhuma das faces (sem perfuração). Assim, as paredes laterais (mesial e distal) foram consideradas separadamente para a composição dos grupos teste (GT) e grupo controle (GC), totalizando 84 faces para avaliação. Um período de 8 a 15 dias de uso do protocolo de desmineralização ácida resultou em: 51 paredes radiculares laterais com perfuração (GT) e 33 paredes sem perfuração (GC), com diferentes espessuras de dentina remanescente. A mensuração das paredes remanescentes adjacentes às lesões foi realizada com um espécimetro cirúrgico manual (Golgran 008-M, Brasil), nas duas secções do dente (vestibular e lingual) e a menor medida das duas foi adotada. As espessuras das paredes laterais às lesões variaram de 0,2 a 0,5mm.

Aquisição das imagens

Após a simulação das lesões de RRI com e sem perfurações, os fragmentos homólogos dos dentes foram reposicionados e unidos com fita adesiva, sem interferência na imagem resultante. Uma mandíbula humana seca foi preparada com fresas de carbureto de tungstênio (nº Komet 78, corte 10, Edenta AG Dentalprodukte, Hauptrasse 7, Suíça) e motor de baixa rotação

para a confecção de 6 alvéolos, 3 em cada hemi-arcada, onde os dentes foram posicionados para a aquisição das radiografias. Uma camada de 5mm de cera foi utilizada para recobrir a mandíbula e simular os tecidos moles. Cada dente da amostra teve um posicionamento definido e todas as imagens foram adquiridas no mesmo alvéolo.

As tomadas radiográficas foram realizadas com a mandíbula disposta em superfície plana e estável, com a utilização de aparelho de raios X (Dabi Atlante, Spectro 70X, 127V, 8A, 50/60Hz) e placas de armazenamento de fósforo (PSP) nº2 do sistema digital Vista Scan (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany). Um posicionador foi utilizado para manter o paralelismo entre dente-receptor, com distância focal de 30 cm. Três imagens foram adquiridas de cada dente, uma ortogonal (0°) e duas dissociadas (15°), mesial e distal, em relação à angulação horizontal, com tempo de exposição de 0,4s. As placas foram processadas pelo *scanner* (VistaScan Mini, Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Germany) e 7 filtros de pós-processamento foram aplicados na imagem original, totalizando 8 apresentações da mesma imagem: *Original (sem filtro)*, *Fine*, *Caries 1*, *Caries 2*, *Endo*, *Perio*, *Inversion* e *Pseudo-3-Dimensional(3D)*. As imagens foram exportadas do software DBSWIN (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) em formato *Tagged Image File Format (*tiff)*. Portanto, 1008 imagens foram obtidas para análise. O exemplo de um dente da amostra com os filtros de pós-processamento utilizados no estudo pode ser observado na figura 1.

Avaliação das imagens

Para a avaliação das imagens, cada face lateral da raiz (mesial e distal) foi considerada de forma independente, quanto às possibilidades de ter ou não

perfuração, totalizando, assim, 2.016 imagens para análise. Considerou-se que não existe interferência da parede contralateral na detecção de perfuração. As três tomadas radiográficas (ortogonal, mesial e distal) foram apresentadas ao mesmo tempo, com o mesmo filtro de imagem, de forma aleatória (por sorteio), codificadas, sem informações adicionais para manter o cegamento dos examinadores. As imagens foram visualizadas em monitores padronizados com o software Visualizador de Imagens do Windows (Microsoft®), em ambiente com iluminação reduzida. Apenas o uso da ferramenta de zoom foi disponibilizado.

Três examinadores (especialistas em radiologia odontológica, 2 doutores e 1 estudante de doutorado) avaliaram as imagens. Para cada face da raiz (mesial e distal), preencheram uma planilha com as possibilidades de classificação, seguindo uma escala Likert de 5 pontos: (1) certamente há perfuração; (2) provavelmente há perfuração; (3) incerto; (4) provavelmente não há perfuração; (5) certamente não há perfuração. Para verificar a reprodutibilidade dos examinadores, 10% da amostra foi reavaliada em imagens repetidas durante o estudo.

Análise dos Dados

Foi calculado o índice Kappa ponderado, intra e interexaminadores, dos escores de diagnóstico. A análise estatística foi realizada com o uso do software SPSS v.22 (SPSS, Chicago, IL, EUA). O nível de significância foi fixado em 0.05.

A porcentagem da distribuição das respostas, em cada escore de classificação da escala Likert, por filtro de imagem, foi apresentada na **Tabela 1**. Para as análises seguintes, as respostas 1, 2 e 3 passaram a ser

consideradas como “há perfuração”, enquanto que as respostas 4 e 5 como “não há perfuração”. O agrupamento da resposta 3 justifica-se pois em caso de dúvida o profissional tende a agir considerando o pior desfecho clínico, neste caso a perfuração.

Assim, para resumir a informação dos três avaliadores, considerou-se a medida mais frequente (moda) entre os três. Foram calculados os valores de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo de cada um dos filtros, além de verificar o percentual de acerto (Área-acROC) e Intervalo de Confiança (95%) (**Tabela 2**).

Para comparar o percentual de acerto entre os filtros e nas situações de perfuração e sem perfuração, utilizaram-se as Equações de Estimação Generalizadas (GEE), considerando que cada lado do dente foi avaliado em mais de um filtro, configurando uma estrutura de dependência (**Tabela 3**).

Como medida representativa dos três examinadores, utilizou-se a mediana das três avaliações (escores da escala Likert) e, a partir disso, calculou-se a distância do valor da resposta ao valor do padrão-ouro. Logo, quanto maior o valor da distância, maior a incerteza (erro) no diagnóstico. Foram analisadas 84 faces radiculares na imagem original e com sete filtros distintos, resultando em 672 avaliações, 408 com a parede do dente perfurada (GT) e 264 com a parede sem perfuração (GC). A comparação da distância média entre os filtros e as situações perfuração/não perfuração, foi realizada por meio de Equações de Estimação Generalizadas (GEE) (**Tabelas 4 e 5**).

Nas paredes radiculares sem perfuração (GC; n=33), foi mensurada a menor espessura dentinária remanescente adjacente à lesão. As 33 unidades nessa condição, repetidas pelos sete filtros mais a imagem original, totalizaram

264 avaliações. O percentual de acerto (não perfuração) para cada espessura da estrutura dentinária remanescente foi observado e exibido na **Tabela 6**. O **Gráfico 2** mostra o percentual de acerto conforme a espessura da parede remanescente em relação aos filtros.

RESULTADOS

Os valores de Kappa inter-examinadores, aos pares, ficaram entre 0,403-0,620, já os valores intra-examinador, para todos, foram maiores que 0,700.

A **Tabela 1** mostra a distribuição do percentual de respostas em cada classificação da escala Likert, nos grupos com perfuração (GT) e sem perfuração (GC). De modo geral, observa-se maior porcentagem de escolha dos escores 1 e 2, indicando presença de perfuração, para todos os filtros. Em especial, destaca-se a alta porcentagem de escores 3 (incerto) para os diagnósticos do filtro *Pseudo3D*, tanto para o grupo teste (78%) como para o grupo controle (73, 53%).

A **Tabela 2** mostra a capacidade diagnóstica de cada filtro, onde se pode verificar que os valores de sensibilidade foram maiores que os valores de especificidade, de forma geral. Em relação à sensibilidade, o filtro *Pseudo3D* apresentou um valor maior, mas ao mesmo tempo, obteve o menor valor para a especificidade em relação aos demais filtros. O maior valor de área sob a curva ROC foi relacionado ao filtro *Perio*.

A comparação por meio das Equações de Estimação Generalizadas mostrou diferença significativa no fator de interação entre filtro e grupo ($p < 0,01$). Assim, foi comparado o percentual de acerto de cada um dos filtros

em cada uma das situações (com e sem perfuração), conforme mostra a **Tabela 3**. É possível verificar, pelo sistema de letras segundo as comparações múltiplas de Bonferroni, que para a situação de perfuração, o filtro *Pseudo3D* apresentou um percentual de acerto significativamente superior do que os filtros *Original*, *Fine*, *Caries 1*, *Caries 2*, *Endo* e *Perio*, sendo que os demais não diferiram entre si. Já quando a situação era sem perfuração, o filtro *Pseudo3D* só não apresentou pior desempenho que os filtros *Inversion*, *Original* e *Caries 1*. Em relação às situações (com e sem perfuração), para os filtros *Inversion* e *Pseudo3D*, o percentual de acerto foi maior na situação com perfuração; nos demais, o teste não teve poder suficiente para captar a diferença, caso ela exista, não havendo diferença significativa (**Gráfico 1**).

A **Tabela 4** mostra as distâncias médias dos escores atribuídos, de cada um dos filtros, nas distintas situações. É possível verificar que, em todos os filtros, a distância média é maior na situação sem perfuração, mas o filtro *Pseudo3D* apresentou um valor médio semelhante em ambas situações. Utilizando GEE, verificou-se que existe diferença significativa da distância média na interação entre os filtros e situações ($p=0,019$). Sendo assim, foram realizadas comparações entre os filtros em cada situação e também entre as situações em cada filtro, utilizando as comparações múltiplas de Bonferroni (**Tabela 5**). Observa-se que, na situação de perfuração, o *Pseudo3D* apresentou uma distância média significativamente maior, pior que os demais filtros, que também não apresentaram diferença média entre si. Na situação sem perfuração, não houve diferença significativa entre os filtros.

A **Tabela 6** mostra, descritivamente, que o percentual de acerto cresce conforme o tamanho da parede remanescente aumenta. O percentual de

acerto aumentou de 31%, nos casos com paredes remanescente de 0,2mm de espessura, para 50%, nos casos de remanescentes de 0,4-0,5mm de espessura. É importante ressaltar que o número de observações em cada filtro é pequeno, sendo demonstrado o percentual de acerto de cada um dos filtros pelo **Gráfico 2**. Observa-se que a grande maioria dos filtros apresentou um padrão de crescimento no percentual de acerto conforme aumentou o tamanho das paredes remanescentes, com exceção do filtro *Caries 1*, que diminuiu o percentual de acerto da espessura 0,3mm para a 0,4mm ou mais, que foi a categoria com menos paredes avaliadas.

DISCUSSÃO

Quando a RRI é detectada cedo o tratamento geralmente é bem sucedido (5). Contudo, quando há grande perda de estrutura, com redução de espessura da parede radicular e possível perfuração, ocorre um maior enfraquecimento do dente e o prognóstico torna-se pior (2). Para o diagnóstico das perfurações em RRI, sinais clínicos como dor e fístula, mas especialmente os exames de imagem, são fundamentais. Poucos estudos têm testado a capacidade diagnóstica de exames por imagem na avaliação de tais lesões (26) e, especificamente, não existem pesquisas sobre a investigação radiográfica de perfurações em RRI. Por isso, este estudo procurou avaliar a capacidade diagnóstica da radiografia digital, com diferentes filtros de imagem, na visualização das paredes dentinárias remanescentes e na detecção de perfuração em lesões de RRI simuladas, *in vitro*, com a utilização de desmineralização ácida.

Os resultados mostraram altos valores de sensibilidade e baixos valores

de especificidade da radiografia digital na detecção de perfurações em lesões de RRI, independentemente do filtro utilizado. Isso se deve ao fato dos examinadores determinarem, na maioria dos casos, os escores 1 ou 2 (há perfuração/ provavelmente há perfuração) da escala Likert. A exceção foi o filtro *Pseudo3D* que, em ambas as situações, com e sem perfuração, gerou dúvidas e resultou em mais de 70% das respostas como escore 3 (incerto). Isso se refletiu no alto valor de sensibilidade do mesmo filtro, pelo agrupamento do escore 3 (incerto) nos diagnósticos positivos para presença de perfuração e, com isso, este resultado precisa ser interpretado com cautela. O filtro com maior área sob a curva ROC (AcROC) foi o *Perio* (0,615), que, aliando valores médios de sensibilidade e especificidade, pode ser considerado o mais adequado para a visualização de perfuração em RRI em comparação aos demais.

Nas tabelas 4 e 5 se observam as certezas/incertezas nos diagnósticos de perfuração, em virtude da escolha do escore da escala Likert e a distância deste valor até o padrão-ouro. Observa-se que o filtro *Pseudo3D* apresentou a maior distância, logo, gerou mais dúvida na detecção de perfuração (GT), significativamente, em comparação aos demais filtros. No geral, observaram-se maiores distâncias no grupo sem perfuração (GC) do que no com perfuração (GT). A relação mostra que as imagens digitais, independente do filtro utilizado, causam maior dúvida para o diagnóstico de ausência do que de presença de perfuração em RRI, e, conseqüentemente, geram detecções equivocadas.

A observação desse grande número de diagnósticos falsos positivos pode sugerir que as radiografias digitais superestimam o tamanho das lesões e levam os examinadores a detectarem perfuração, mesmo onde não existe. Os

diagnósticos atribuídos no grupo sem perfurações (GC) relacionados com as espessuras de parede remanescentes reforçam este achado. Em quase 70% dos casos nos quais ainda havia estrutura dentinária adjacente à RRI, de pelo menos 0,2mm de espessura, esta parede não foi visualizada pelo examinador e a falha no diagnóstico ocorreu. A acuidade visual em relação às imagens digitais observadas no presente estudo corrobora com a conhecida capacidade de resolução do olho humano estabelecida no limiar aproximado de 0,2mm (28). Assim, é importante o conhecimento da possibilidade de existência, ainda que não visualizada nas radiografias, de uma parede dentinária remanescente de, ao menos, 0,2mm de espessura, entre a lesão de RRI e o ligamento periodontal. A informação é de relevância clínica, pois traz uma nova perspectiva na avaliação das imagens, mesmo quando a hipótese de perfuração é considerada.

Outro fator que altera a visualização do tamanho real da lesão é a sua delimitação. A metodologia de simulação de RRI utilizada neste estudo, baseada na desmineralização ácida, proporciona lesões de limites irregulares e mais próximas das reais do que aquelas realizadas com o uso de brocas. Além disso, o contato com o ácido altera a estrutura da parede dentinária remanescente, que permanece fisicamente, mas com alguma perda mineral. Possivelmente esta camada mais externa da raiz, desmineralizada, é mais difícil de ser diagnosticada. Portanto, os valores de diagnóstico estabelecidos com pesquisas em que as lesões de RRI foram simuladas com brocas devem ser interpretados com cuidado. Em estudo anterior, utilizando a metodologia de simulação das lesões de RRI com ácido, foram avaliadas medidas volumétricas em TCFC e observou-se que as imagens mostraram uma maior extensão da

lesão do que o limite físico das paredes (29).

O Gráfico 2 mostra que os resultados de acertos dos diagnósticos das ausências de perfuração, ou seja, nos quais houve a visualização das paredes remanescentes, não são uniformes entre os filtros de imagem. Isso sugere que, além da espessura da parede, também o filtro usado pode influenciar no percentual de acertos. Uma dificuldade encontrada neste estudo foi que devido ao reduzido número de visualização dos filtros em cada valor de espessura de parede, essa interferência não pode ser mensurada com segurança. Assim, espera-se que esses resultados sirvam de estímulo para novos estudos que avaliem as paredes remanescentes em lesões de RRI extensas, em uma amostra maior, utilizando apenas um filtro de imagem.

Alguns estudos avaliaram a acurácia de radiografias digitais na detecção de perfurações provocadas por instrumentação endodôntica (30-32), que são lesões diferentes e mais bem definidas do que as perfurações decorrentes de RRI. Shemesh et al. (2011) (30) compararam sensibilidade e especificidade da TCFC e da radiografia digital na detecção de faixas e perfurações causadas pelo preparo do canal, simuladas em dentes com posterior obturação endodôntica. Ainda que a TCFC tenha apresentado maior número de falsos positivos em relação às radiografias, ambos os métodos de imagem foram mais específicos do que sensíveis e levaram à conclusão de que, na detecção de tais perfurações, não há diferença significativa entre eles. Outro estudo (31) comparou as diferentes situações clínicas, com e sem obturação dos canais, para a detecção de perfurações causadas pelo preparo endodôntico. Os autores concluíram que, quando a obturação está presente, existe uma queda na acurácia da TCFC e uma superioridade das imagens radiográficas digitais.

Outras investigações mostram a interferência dos materiais na acurácia das imagens tridimensionais (33,34). Portanto, os resultados encontrados na literatura valorizam ainda mais a investigação inicial pelos exames radiográficos, que apresentam melhor acurácia nestes casos, com menos artefatos de imagem e menor dose de radiação para o paciente.

Khojastepour et al.(2015) (26) avaliaram a acurácia TCFC na detecção de pequenas perfurações em cavidades de RRI simuladas. Brocas foram utilizados para a simulação das lesões, permanecendo as paredes não perfuradas com 0,1 a 0,2mm de estruturas dentinária remanescente. Foram observados valores de sensibilidade e especificidade maiores que 80% e os autores concluíram que as imagens de TCFC podem ser usadas para a detecção de perfuração em RRI. Contudo, a interferência dos artefatos não estava presente, as lesões foram simuladas com brocas e não houve a comparação com exames radiográficos.

Antes da investigação por TCFC devem ser esgotadas as possibilidades de diagnóstico com as imagens radiográficas, de mais fácil acesso, menor custo e, principalmente, menor dose de radiação. No presente estudo, a dissociação radiográfica foi utilizada, pois aumenta significativamente a chance de detecção de perfurações e outras alterações (35-37). Desse modo, a pesquisa pode ser otimizada com a avaliação de mais de uma tomada em angulações diferentes, aumentando a capacidade diagnóstica do exame radiográfico inicial e diminuindo a necessidade de complementação com exames que geram maior dose de radiação. Muitos casos de RRI com perfurações foram diagnosticados e tratados apenas com imagens radiográficas (9,10,17). Nesses casos, as informações de sinais e sintomas

clínicos, como dor e fístulas, e sinais radiográficos, como perda óssea adjacente ao local de perfuração das raízes, auxiliaram no diagnóstico. A falta das características é uma deficiência desta e de todas as pesquisas *in vitro*, pois não é possível reproduzir a situação clínica perfeitamente.

Assim, a partir dos resultados deste estudo pode-se concluir que os filtros apresentam comportamentos diferentes na avaliação da espessura da parede dentinária remanescente e na detecção de perfuração em RRI. Por gerar maior incerteza no diagnóstico, o uso do filtro *Pseudo3D* deve ser evitado. Já o uso do filtro *Perio* deve ser incentivado, pois facilita a avaliação e aumenta as chances de diagnósticos corretos. Deve-se destacar que, mesmo o profissional diagnosticando a presença de perfuração, na maioria dos casos ainda pode existir uma camada de parede dentinária remanescente.

Tabela 1: Percentual da moda das respostas da escala Likert entre os três avaliadores, para os diferentes filtros, nos grupos sem e com perfuração.

Grupo	Filtro	Escala Likert (%)				
		1	2	3	4	5
Sem	<i>Original</i>	21,21	33,33	6,06	24,24	15,15

Perfuração (GC) n= 33	<i>Fine</i>	21,21	30,3	0	36,36	12,12
	<i>Caries 1</i>	24,24	33,33	3,03	27,27	12,12
	<i>Caries 2</i>	30,3	21,21	0	36,36	12,12
	<i>Endo</i>	30,3	24,24	0	36,36	9,09
	<i>Perio</i>	30,3	21,21	0	33,33	15,15
	<i>Inversion</i>	16,67	41,67	8,33	22,22	11,11
	<i>Pseudo3D</i>	2,94	8,82	73,53	5,88	8,82
Com Perfuração (GT) n= 51	<i>Original</i>	43,14	23,53	1,96	29,41	1,96
	<i>Fine</i>	45,1	27,45	0	23,53	3,92
	<i>Caries 1</i>	31,37	37,25	1,96	27,45	1,96
	<i>Caries 2</i>	37,25	31,37	3,92	21,57	5,88
	<i>Endo</i>	45,1	23,53	0	25,49	5,88
	<i>Perio</i>	43,14	31,37	0	23,53	1,96
	<i>Inversion</i>	45,83	27,08	10,42	16,67	0
<i>Pseudo3D</i>	4	12	78	6	0	

Tabela 2: Capacidade diagnóstica em cada filtro.

Filtro	Sen	Esp	Área (acROC)	IC (95%)
<i>Original</i>	0,686	0,394	0,540	0,413-0,667
<i>Fine</i>	0,725	0,485	0,605	0,479-0,731
<i>Caries 1</i>	0,706	0,394	0,550	0,423-0,677
<i>Caries 2</i>	0,725	0,485	0,605	0,479-0,731
<i>Endo</i>	0,686	0,455	0,570	0,444-0,697

<i>Perio</i>	0,745	0,485	0,615	0,490-0,740
<i>Inversion</i>	0,804	0,303	0,553	0,426-0,681
<i>Pseudo3D</i>	0,941	0,152	0,546	0,418-0,675

Sen = Sensibilidade; Esp = Especificidade; acROC = área sob a curva ROC (receiver operating characteristics); IC=Intervalo de Confiança

Tabela 3 - Comparação do percentual de acerto entre os filtros em cada situação, com perfuração (GT) e sem perfuração (GC).

Perfuração (GT)			Sem Perfuração (GC)		
Filtro	% Acerto (EP)	Letras	Filtro	% Acerto (EP)	Letras
<i>Original</i>	0,69 (0,065)	A	<i>Pseudo3D</i>	0,15 (0,062)	A
<i>Endo</i>	0,69 (0,065)	A	<i>Inversion</i>	0,30 (0,080)	AB
<i>Caries 1</i>	0,71 (0,064)	A	<i>Original</i>	0,39 (0,085)	AB

<i>Fine</i>	0,73 (0,062)	A	<i>Caries 1</i>	0,39 (0,085)	AB
<i>Caries 2</i>	0,73 (0,062)	A	<i>Endo</i>	0,45 (0,087)	B
<i>Perio</i>	0,75 (0,061)	A	<i>Fine</i>	0,48 (0,087)	B
<i>Inversion</i>	0,8 (0,056)	AB	<i>Caries 2</i>	0,48 (0,087)	B
<i>Pseudo3D</i>	0,94 (0,033)	B	<i>Perio</i>	0,48 (0,087)	B

*EP = Erro-Padrão; Mesma letra indica que não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$), letras diferentes indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$)

Gráfico 1: Intervalo de Confiança das médias das distâncias entre os filtros e situações (com e sem perfuração).

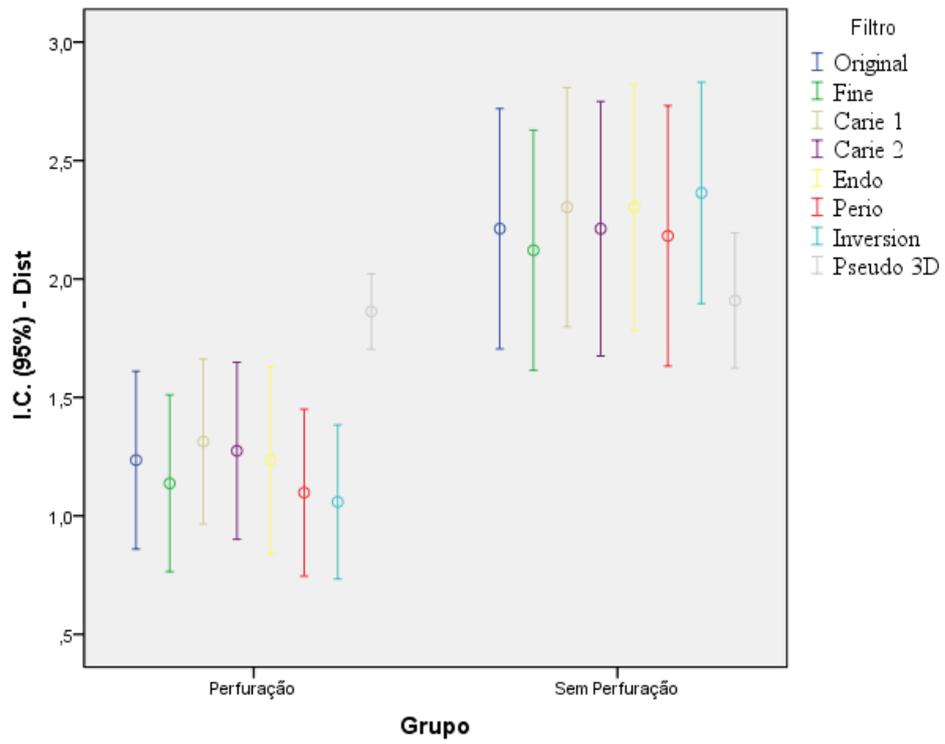


Tabela 4 - Estatísticas Descritivas da distância média entre os filtros nas situações (com e sem perfuração).

Grupo	Filtro	Média	Desvio-Padrão
Sem perfuração (n=33)	<i>Original</i>	2,212	1,4309
	<i>Fine</i>	2,121	1,4309
	<i>Caries 1</i>	2,303	1,4249
	<i>Caries 2</i>	2,212	1,5157
	<i>Endo</i>	2,303	1,4681
	<i>Perio</i>	2,182	1,5503
	<i>Inversion</i>	2,364	1,3186
	<i>Pseudo3D</i>	1,909	0,8048
Com perfuração (n=51)	<i>Original</i>	1,235	1,3355
	<i>Fine</i>	1,137	1,3269
	<i>Caries 1</i>	1,314	1,2408
	<i>Caries 2</i>	1,275	1,3278
	<i>Endo</i>	1,235	1,4084
	<i>Perio</i>	1,098	1,2531
	<i>Inversion</i>	1,059	1,1561
	<i>Pseudo3D</i>	1,863	0,5664

Tabela 5 - Comparações múltiplas entre os filtros em cada situação (com e sem perfuração).

Com Perfuração			Sem Perfuração		
Filtro	Média (EP)	Letras	Filtro	Média (E-P)	Letras
<i>Inversion</i>	1,059 (0,160)	A	<i>Pseudo3D</i>	1,909 (0,138)	
<i>Perio</i>	1,098 (0,174)	A	<i>Fine</i>	2,121 (0,245)	
<i>Fine</i>	1,137 (0,184)	A	<i>Perio</i>	2,182 (0,266)	
<i>Original</i>	1,235 (0,185)	A	<i>Original</i>	2,212 (0,245)	*
<i>Endo</i>	1,235 (0,195)	A	<i>Caries 2</i>	2,212 (0,260)	
<i>Caries 2</i>	1,275 (0,184)	A	<i>Caries 1</i>	2,303 (0,244)	
<i>Caries 1</i>	1,314 (0,172)	A	<i>Endo</i>	2,303 (0,252)	
<i>Pseudo3D</i>	1,863 (0,079)	B	<i>Inversion</i>	2,364 (0,226)	

EP = Erro-Padrão; Mesma letra indica que não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$), letras diferentes indicam diferença estatística significativa ($p < 0,05$). *=todas as letras iguais, sem diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

Tabela 6 – Percentual de acerto por espessura de parede remanescente nos dentes sem perfuração (GC; n=33).

Tamanho (mm)	Número de paredes por filtro	Número de avaliações	% de acerto
0,2	11	88	31
0,3	16	128	41
0,4 ou mais	6	48	50
<i>Total</i>	33	264	

Gráfico 2: Percentual de acerto das espessuras da parede remanescente por filtro.

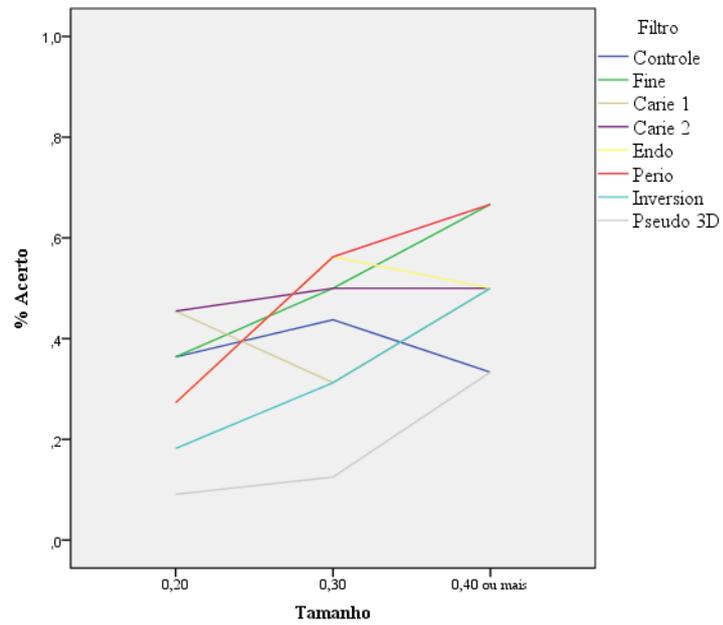
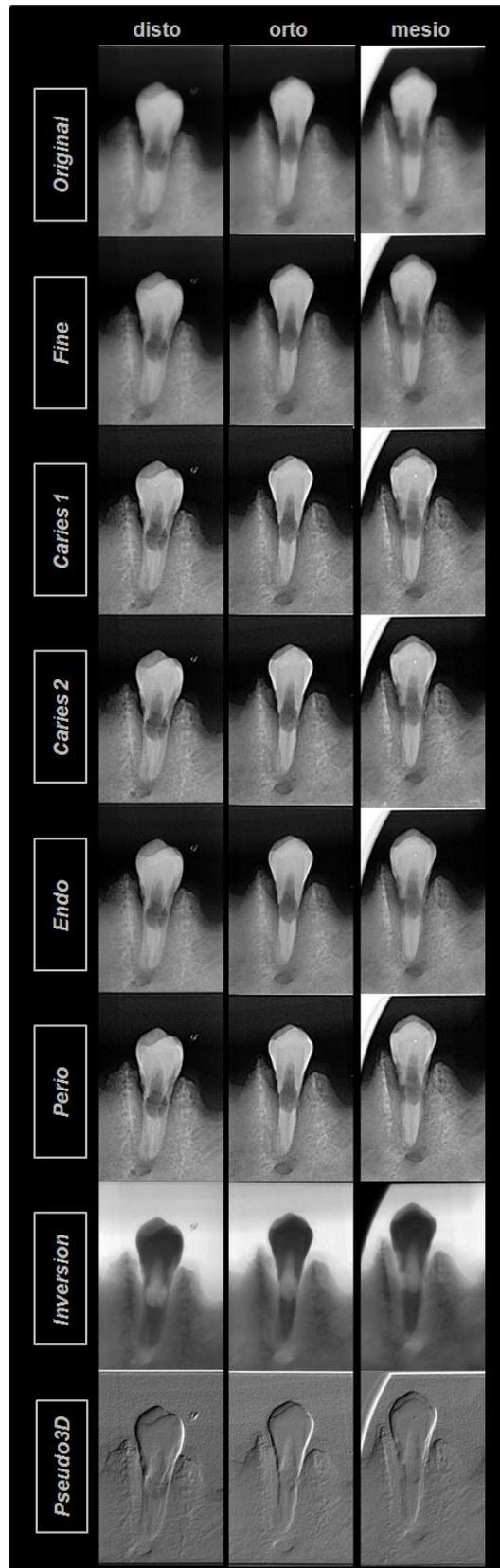


Figura 1: Imagens radiográficas de um dente da amostra com perfuração na parede lateral direita e 0,2mm de espessura remanescente na parede esquerda adjacente à RRI, nos diferentes filtros de processamento e na imagem original.



Referências

- 1 – Wedenberg C, Lindskog S. Experimental internal resorption in monkey teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:221-227.
- 2 – Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod* 2010;36:1107-1121.
- 3 – Alhadainy HA. Root perforations: a review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:368–374.
- 4 – Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol* 1996;12:255-264.
- 5 – Çalixskan MK, Türkün M. Prognosis of permanent teeth with internal resorption:a clinical review. *Endod Dent Traumatol* 1997;13:75–81.
- 6 – Nilsson E, Bonte E, Bayet F, Lasfargues J. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. *Int J Dent* 2013; 1-7.
- 7 – Asgary S, Eghbal MJ, Mehrdad L, Kheirieh S, Nosrat A. Surgical management of a failed internal root resorption treatment: a histological and clinical report. *Restor Dent Endod* 2014;39:137-142.
- 8 – Esnaashari E, Pezeshkfar A, Fazlyab M. Nonsurgical management of an extensive perforative internal root resorption with calcium-enriched mixture cement. *Iran Endod J* 2015;10:75–78.
- 9 –Ebeleseder KA e Kqiku L. Arrest and Calcification Repair of internal root resorption with a novel treatment approach: Report of two cases. *Dent Traumatol* 2015; 31: 332–337.
- 10 – Altundasar E, Demir B. Management of a perforating internal resorptive defect with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2009;35:1441–1444.

11 – Jacobovitz M, de Lima RK. Treatment of inflammatory internal root resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *Int Endod J* 2008;41:905–912.

12 – Kothari JH e Kumar R. Endodontic management of a mandibular second premolar with perforating internal resorption by using MTA and cone beam computed tomography as a diagnostic aid. *J Conserv Dent*. 2013;16:380–384.

13 – Hsien HC, Cheng YA, Lee YL, et al. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2003;29:538–539.

14 – Mente J, Hage N, Pfefferle T, et al. Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod* 2010;36:208–213.

15 – Bendyk-Szeffer M, Łagocka R, Trusewicz M, Lipski M, Buczkowska-Radłinska J. Perforating Internal Root Resorption Repaired with Mineral Trioxide Aggregate Caused Complete Resolution of Odontogenic Sinus Mucositis: A Case Report. *J Endod* 2015;41:274–278.

16 – Nunes E, Silveira FF, Soares JA, et al. Treatment of perforating internal root resorption with MTA: a case report. *J Oral Sci* 2012;54:127–131.

17 – Mente J, Leo M, Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate: Repair of Root Perforations—Long-term Results. *J Endod* 2014;40:790–796.

18 – Siew K, Lee HCA, Cheung SPG. Treatment Outcome of Repaired Root Perforation: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod* 2015;41:1795–1804.

19 – Brito-Júnior M, Santos LAN, Baleeiro ÉN, Pêgo MMF, Eleutério NB, Camilo CC. Linear measurements to determine working length of curved canals

with fine files: conventional versus digital radiography. *J Appl Oral Sci.* 2009;51:559-564.

20 – Bhuva B, Barnes JJ, Patel S. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *Int Endod J* 2011; 44, 777–786.

21 – Lyroudia KM, Dourou VI, Pantelidou OC, Labrianidis T, Pitas IK. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol* 2002;18:148–152.

22 – Saoud TKA, Mistry S, Kahler B, Sigurdsson A, Lin LM. Regenerative Endodontic Procedures for Traumatized Teeth after Horizontal Root Fracture, Avulsion, and Perforating Root Resorption. *J Endod* 2016; *in press* DOI: 10.1016/j.joen.2016.04.028

23 – Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2010;68:106–114.

24 – de Oliveira ML, Pinto GCdS, Ambrosano GMB, Tosoni GM. Effect of combined digital imaging parameters on endodontic file measurements. *J Endod* 2012; 38:1404-1407.

25 – Liedke GS, Spin-Neto R, Vizzotto MB, da Silveira PF, da Silveira HE, Wenzel A. Diagnostic accuracy of conventional and digital radiography for detecting misfit between the tooth and restoration in metal-restored teeth. *J Prosthet Dent.* 2014;113:39-47.

26 – Khojastepour L, Moazami F, Babaei M, Forghani M. Assessment of Root Perforation within Simulated Internal Resorption Cavities Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod* 2015;41:1520–1523.

27 – Da Silveira PF, Vizzotto MB, Montagner F, da Silveira HL, da Silveira HE. Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod* 2014; 40:211–216.

28 – Bicas HEA. Acuidade visual. Medidas e notações. *Arq Bras Oftalmol* 2002;65:375-384.

29 – da Silveira PF, Fontana MP, Oliveira HW et al. CBCT – based volume of simulated root resorption – influence of FOP and voxel size. *Int Endod* 2014; 48:959-965.

30 – Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR, Wu MK. The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod* 2011;37:513-516.

31 – Haghanifar S, Moudi E, Mesgarani A, Bijani A, Abbaszadeh N. A comparative study of cone-beam computed tomography and digital periapical radiography in detecting mandibular molars root perforations. *Imaging Sci Dent* 2014; 44:115-119.

32 – Shokri A, Eskandarloo A, Noruzi-Gangachin M, Khajeh S. Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography *Restor Dent Endod* 2015;40:58-67.

33 – Vizzotto MB, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J* 2013;46:870-876.

34 – 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. *Dental Traumatol* 2013;29:41-46.

35 – Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-830.

36 – Tsesis I, Kamburoglu K, Katz A, Tamse A, Kaffe I, Kir 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;106:124-128.

37 – Silva L, Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, Silveira HLD, Silveira HED. Detection of vertical root fractures: An investigation on the impact of using orthogonal and dissociated radiographs in conventional and digital systems. *Dental Press Endod.* 2014;4:46-50.

Considerações Finais

A partir deste estudo foi possível conhecer a capacidade diagnóstica das radiografias digitais na detecção de RRI em duas situações críticas: lesões pequenas, com a intenção do diagnóstico precoce, e lesões extensas, procurando a visualização das paredes dentinárias remanescentes e a detecção de perfurações. Ambas as situações são desafiadoras no diagnóstico por imagem e representavam uma lacuna a ser esclarecida pela literatura.

Sabe-se que o apelo comercial às tecnologias de imagem é grande e, em relação aos sistemas radiográficos digitais, os filtros de pós-processamento são utilizados como recursos atrativos para os profissionais das diversas áreas da odontologia. Contudo, o uso de tais ferramentas deve ser feito baseado em evidências científicas que comprovem a interferência positiva ou negativa no diagnóstico das diversas alterações.

Em relação às RRI, após a avaliação das possibilidades de diagnóstico do exame radiográfico em 2D, com dissociação e com uso de filtros de imagem variados, o próximo passo é a investigação em imagens tridimensionais. A TCFC é a primeira opção de complementação quando os exames radiográficos convencionais não são suficientes para o diagnóstico e decisão do plano de tratamento. Assim, se seguirá avaliando a mesma amostra com imagens de TCFC com diferentes aparelhos e protocolos de resolução.

Referências

- 1 - M. Fernandes, I. de Ataíde, and R. Wagle, Tooth resorption part I— pathogenesis and case series of internal resorption. *J Conserv Dent* 2013; 16:4–8.
- 2 - Consolaro A. The four mechanisms of dental resorption initiation. *Dental Press J Orthod* 2013;18:7-9.
- 3 - Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption-diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dental Traumatol* 2003;19:175-182.
- 4 - Pierce AM. Experimental basis for the management of dental resorption. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 255-265.
- 5 - Gunraj MN. Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:647-653.
- 6 - Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod* 2010;36:1107-1121.
- 7 - Wang Z, McCauley LK. Osteoclasts and odontoclasts: signaling pathways to development and disease. *Oral diseases* 2011;17:129-142.
- 8 - Wedenberg C and Lindskog S. Experimental internal resorption in monkey teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 221-227.
- 9 - Cabrini R, Maisto O, Manfredi E. Internal resorption of dentine histopathologic control of eight cases after pulp amputation and capping with calcium hydroxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1957;10:90–6.
- 10 - Gabor C, Tam E, Shen Y, Haapasalo M. Prevalence of internal inflammatory root resorption. *J Endod* 2012;38:24-27.
- 11 – Topçuoğlu HS, Düzgün S, Ceyhanlı KT, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J* 2015; 48:309–316.
- 12 – Keles A, Ahmetoglu F, Uzun I. Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J* 2014;40:131–135

- 13 – CLARK CA. A method of ascertaining the relative position of unerupted teeth by means of film radiographs. *Proc R Soc Med Odontol Sectn* 1910;3:87-90.
- 14 – Silva L, Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, Silveira HLD, Silveira HED. Detection of vertical root fractures: An investigation on the impact of using orthogonal and dissociated radiographs in conventional and digital systems. *Dental Press Endod.* 2014;4:46-50.
- 15 – Van der Stelt PF. Better imaging: the advantages of digital radiography. *J Am Dent Assoc* 2008;139(suppl):7S-13.
- 16 – Goncalves A, Wiezel VG, Goncalves M, Hebling J, Sannomiya EK. Patient comfort in periapical examination using digital receptors. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:484-488.
- 17 – 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;21:32-36.
- 18 – White SC, Pharoah MJ. The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dent Clin N Am* 2008;52:689–705.
- 19 – Kitagawa H, Scheetz JP, Farman AG. Comparison of complementary metal oxide semiconductor and charge-coupled device intraoral x-ray detectors using subjective image quality. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:408-11.
- 20 – Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent Clin N Am* 2000;44:299–318.
- 21 – Analoui M. Radiographic image enhancement. Part I. Spatial domain techniques. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:1–9.
- 22 – Wenzel A, Hintze H. Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for detectability of dental disease. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:131-134.

23 – Wenzel A, Borg E, Hintze H, Grondahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24:250-254.

24 – Nair MK, Ludlow JB, May KN, Nair UP, Johnson MP, Close JM. Diagnostic accuracy of intraoral film and direct images for detection of simulated recurrent decay. *Oper Dent*. 2001;26:223-230.

25 – Haiter-Neto F, Casanova MS, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:116-121.

26 – de Azevedo Vaz SL, Neves FS, Figueiredo EP, Haiter-Neto F, Campos PS. Accuracy of enhancement filters in measuring in vitro peri-implant bone level. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:1074-1077.

27 – Kamburoglu K, Murat S, Pehlivan SY. The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dent Traumatol* 2010;26: 47–51.

28 – Nascimento HAR, Ramos ACA, Neves FS, de-Azevedo-Vaz SL, Freitas DQ. The 'Sharpen' filter improves the radiographic detection of vertical root fractures. *Int Endod J* 2015; 48: 428–434.

29 – Friedlander LT, Love RM, Chandler NP. A comparison of phosphorplate digital images with conventional radiographs for the perceived clarity of endodontic files and periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002;93:321-327.

30 – Hadley DL, Replogle KJ, Kirkam JC, Best AM. A comparison of five radiographic systems to D-speed film in the detection of artificial bone lesions. *J Endod*. 2008;34:1111-1114.

31 – Mohtavipour ST, Dalili Z, Azar NG. Direct digital radiography versus conventional radiography for estimation of canal length in curved canals. *Imaging Sci Dent*. 2011;41:7-10.

32 – Yalcinkaya S, Kunzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of digitally filtered radiographs acquired by the Dürr Vistascan system

compared with conventional radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101: 643–651.

33 – Liedke GS, Spin-Neto R, Vizzotto MB, da Silveira PF, da Silveira HE, Wenzel A. Diagnostic accuracy of conventional and digital radiography for detecting misfit between the tooth and restoration in metal-restored teeth. *J Prosthet Dent*. 2014;113:39-47.

34 – Kamburoglu K, Barenboim SF, Kaffe I. Comparison of conventional film with different digital and digitally filtered images in the detection of simulated internal resorption cavities--an ex vivo study in human cadaver jaws. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 2008;105:790-797.

35 – Stephanopoulos G, Mikrogeorgis G, Lyroudia K. Assessment of simulated internal resorption cavities using digital and digital subtraction radiography: a comparative study. *Dent Traumatol* 2011;27:344-349.

36 – Ono E, Medici Filho E, Faig Leite H, Tanaka JL, De Moraes ME, De Melo Castilho JC. Evaluation of simulated external root resorptions with digital radiography and digital subtraction radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:324-333

37 – Tewary S, Luzzo J, Hartwell G. Endodontic radiography: who is reading the digital radiograph? *J Endod* 2011;37:919-921.

38 – de Oliveira ML, Pinto GCdS, Ambrosano GMB, Tosoni GM. Effect of combined digital imaging parameters on endodontic file measurements. *J Endod* 2012; 38:1404-1407.

39 – Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009; 42:447–462.

40 – Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone

bean computed tomography—an in vivo investigation. *Int Endod J* 2009;42:831-838.

41 – Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J* 2011;44:136-147.

42 – D'Addazio PS, Campos CN, Ozcan M, Teixeira HG, Passoni RM, Carvalho AC. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int Endod J* 2011;44:218-224.

43 – Bernardes RA, de Paulo RS, Pereira LO, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, de Azevedo JR. Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiographs in diagnosis of lingual-simulated external root resorptions. *Dent Traumatol* 2012;28:268-272.

44 – Kamburoglu K, Kursun S, Yuksel S, Oztas B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod* 2011;37:168-175.

45 – Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009;2009:634567.

46 – Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007;33:1121-1132.

47 – Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818-830.

48 – Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod* 2009;35:233-235.

49 – Shemesh H, Cristescu RC, Wesselink PR, Wu MK. The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *J Endod* 2011;37:513-516.

50 – Tyndall DA, Kohlfarber H. Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Aust Dent J* 2012;57 Suppl 1:72-81.

51 – 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. *Dental Traumatol* 2013;29:41-46.

52 – Vizzotto MB, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J* 2013;46:870-876.

53 – Holmes JP, Gulabivala K, van der Stelt PF. Detection of simulated internal tooth resorption using conventional radiography and subtraction imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:249-254.

54 – Kamburoglu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J* 2010;43:798-807.

55 – Madani ZS, Moudi E, Bijani A, Mahmoudi E. Diagnostic Accuracy of Cone-Beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Internal Root Resorption. *Iran Endod J* 2016;11:51-56.

56 – Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J* 2016; 18: [in press] doi: 10.1111/adj.12407.

57 – Andreasen FM, Sewerin I, Mandel U, Andreasen JO. Radiographic assessment of simulated root resorption cavities. *Endod Dent Traumatol* 1987;3:21-27.

58 – Al-Nazhan SA e Spangberg LW. Light and SEM observation of internal root resorption of atraumatized permanent central incisor. *Int Endod J* 1995; 28:133-136.

59 – Da Silveira PF, Vizzotto MB, Montagner F, da Silveira HL, da Silveira HE. Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod* 2014; 40:211–216.

60 – da Silveira PF, Fontana MP, Oliveira HW et al. CBCT – based volume of simulated root resorption – influence of FOP and voxel size. *Int Endod* 2014; 48:959-965.

61 - Callscan Mk, Turkun M. Prognosis of permanent teeth with internal resorption: a clinical review. *Endod DentTraumatol* 1997;13:75-81.

62 – Fred WB. Treatment of a Mandibular Molar with Perforating Internal Resorption. *J Endod* 2001; 27: 474-475.

63 – Altundasar E, Demir B. Management of a perforating internal resorptive defect with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2009;35:1441–1444.

64 – Hsien HC, Cheng YA, Lee YL, et al. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2003;29:538–539.

65 – Jacobovitz M, de Lima RK. Treatment of inflammatory internal root resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *Int Endod J* 2008;41:905–912.

66 - Meire M and De Moor R. Mineral Trioxide Aggregate Repair of a Perforating Internal Resorption in a Mandibular Molar. *J Endod* 2008;34:220-223.

67 – Brito-Júnior M, Santos LAN, Baleeiro ÉN, Pêgo MMF, Eleutério NB, Camilo CC. Linear measurements to determine working length of curved canals

with fine files: conventional versus digital radiography. *J Appl Oral Sci.* 2009;51:559-564.

68 – Bhuva B, Barnes JJ, Patel S. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *Int Endod J* 2011;44,777–786.

69 – Kothari JH e Kumar R. Endodontic management of a mandibular second premolar with perforating internal resorption by using MTA and cone beam computed tomography as a diagnostic aid. *J Conserv Dent.* 2013;16:380–384.

70 – Nilsson E, Bonte E, Bayet F, Lasfargues J. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. *Int J Dent* 2013; 1-7.

71 - Khojastepour L, Moazami F, Babaei M, Forghani M. Assessment of Root Perforation within Simulated Internal Resorption Cavities Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod* 2015;41:1520–1523.

72 - Lyroudia KM, Dourou VI, Pantelidou OC, Labrianidis T, Pitas IK. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol* 2002;18:148–152.