SOLANGE KOBAYASHI VELASCO

**Detecção de fraturas radiculares e alveolares em incisivos superiores de
maxilas caninas maceradas por meio de radiografias periapicais digitais e
tomografia computadorizada por feixe cônico**

São Paulo
2016

SOLANGE KOBAYASHI VELASCO

**Detecção de fraturas radiculares e alveolares em incisivos superiores de
maxilas caninas maceradas por meio de radiografias periapicais digitais e
tomografia computadorizada por feixe cônico**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de
Odontologia da Universidade de São
Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação
em Ciências Odontológicas para obter o
título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Patologia Oral e
Maxilofacial e Pacientes Especiais

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gusmão
Paraíso Cavalcanti

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Velasco, Solange Kobayashi.

Detecção de fraturas radiculares e alveolares em incisivos superiores de maxilas caninas maceradas por meio de radiografias periapicais digitais e tomografia computadorizada por feixe cônico / Solange Kobayashi Velasco; orientador Marcelo Gusmão Paraíso Cavalcanti. -- São Paulo, 2016.

69 p. : fig., tab.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Patologia Oral e Maxilofacial e Pacientes Especiais -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Diagnóstico por imagem. 2. Tomografia computadorizada por raios X. 3. Radiografia dentária digital. 4. Fraturas dos dentes. 5. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 6. Fraturas ósseas. I. Cavalcanti, Marcelo Gusmão Paraíso. II. Título.

Velasco SK. Detecção de fraturas radiculares e alveolares em incisivos superiores de maxilas caninas maceradas por meio de radiografias periapicais digitais e tomografia computadorizada por feixe cônico. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovada em: 01/09/2016

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Marina Helena Cury Gallottini

Instituição: FOUSP

Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Celso Luiz Caldeira

Instituição: FOUSP

Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Marcelo Augusto Oliveira de Sales

Instituição: UFPB

Julgamento: Aprovada

AGRADECIMENTOS

A meus pais Rosa (*in memoriam*) e Luiz, pelo seu esforço, dedicação e carinho. Minha formação aconteceu graças a seu apoio e a seu amor até os dias de hoje. Obrigada por sempre acreditarem em mim.

A meu esposo Ricardo, por ser meu companheiro e caminhar comigo durante tantos anos. Eu não poderia ter feito uma escolha melhor. Amo você!

Às minhas filhas Isabella e Sofia, nunca é tarde para estudar. Apesar das minhas ausências, vocês estão crescendo e se tornando meninas maravilhosas.

A minha irmã Erika, por estar presente nos momentos em que eu não pude estar, e por me apoiar e compartilhar toda uma história por tantos e tantos anos...

A meus pais-sogros Cristina e Arnaldo, meus cunhados Maurício e Mônica e meu sobrinho Felipe, minha família.

A minha querida amiga Dinha, que cuida da nossa família e faz parte dela. Sem o seu apoio, não poderia me dedicar aos estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Gusmão Paraiso Cavalcanti, por seus valiosos ensinamentos desde a graduação, por acreditar em mim e dar-me esta oportunidade; e por sua amizade e apreço. Cheguei ao Labi3D sem conhecimento de Tomografia Computadorizada e termino meu Mestrado com muito conhecimento graças a você. Serei sempre grata!

A minha companheira de Labi 3D Fernanda, por me acolher e compartilhar seus conhecimentos, por sua grande amizade, generosidade e paciência.

Aos amigos do Labi3D Ivan, Alessandra e Igor, sempre prontos para me ajudar.

Aos egressos do Labi 3D Denise, Lucas, Marcelo Sales e Oséas, que contribuem continuamente com o meu aprendizado.

Aos professores da disciplina de Patologia Oral e Maxilofacial e Pacientes Especiais Profs. Drs. Décio dos Santos Pinto Jr., Fábio Daumas Nunes, Karem Lopez Ortega, Marília Trierveiler Martins, Marina Helena Cury Gallottini e Suzana Catanhede Orsini Machado de Sousa, por seus valiosos ensinamentos.

Aos Profs. Drs. Claudio Mendes Pannutti e Fausto Medeiros Mendes, pelos seus ensinamentos e sua disposição em ajudar e tirar dúvidas em estatísticas, parte tão importante da minha dissertação.

Ao Prof. Dr. Rafael Yague Ballester e ao técnico Sr. Antonio, pela ajuda com o dispositivo para a realização da fratura alveolar.

Ao Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira, pelos esclarecimentos clínicos com relação a trauma dentoalveolar.

Ao CAPE (Centro de Atendimento a Pacientes Especiais) pelas aquisições das imagens tomográficas (Processo Fapesp 2009/53982-0).

À Doc Digital e seus proprietários Maurício Pesce Gomes da Costa e Isabela Cajano Gomes da Costa pela aquisição das radiografias periapicais digitais.

Aos muitos amigos que fiz durante a pós-graduação. Vocês fizeram a pós-graduação ser mais agradável e mais leve. Desejo a vocês muito sucesso!

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Gioso (FMVZ-USP) e à Prof. Marcela Litieri (CETAC).

Aos funcionários do Departamento de Estomatologia Cecília, Cidinha, Fátima, Izilda, Janete, Laerte, Marília, Nina, Regina e Vinícius.

Às funcionárias do CAPE (Centro de Atendimento a Pacientes Especiais) Gilmara e Sandra.

Às funcionárias do Setor de Pós-Graduação Alessandra e Cátia.

Às bibliotecárias Glauci e Vânia.

À CNPq, pela bolsa de Mestrado.

RESUMO

Velasco SK. Detecção de fraturas radiculares e alveolares em incisivos superiores de maxilas caninas maceradas por meio de radiografias periapicais digitais e tomografia computadorizada por feixe cônico. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

O objetivo deste trabalho foi comparar radiografias periapicais (RP) com quatro protocolos diferentes de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) para o diagnóstico de fraturas alveolares e radiculares. Oitenta incisivos superiores (40 hígidos e 40 com fratura radicular) de cães foram inseridos em 80 alvéolos anteriores (40 hígidos e 40 com fratura alveolar) de 20 maxilas caninas maceradas em posições randomizadas previamente. Cada maxila foi submetida a duas RP com diferentes angulações verticais e a quatro protocolos de TCFC com variações em kV (72 kV ou 80 kV), mA (4 mA ou 8 mA) e número de projeções (400 ou 500). As imagens obtidas foram randomizadas e analisadas por dois radiologistas odontológicos por duas vezes, com um intervalo de duas semanas entre as observações. Valores de sensibilidade, especificidade e acurácia para as análises binárias foram melhores para TCFC do que RP; fraturas radiculares apresentaram melhores resultados corretos de diagnóstico do que fraturas alveolares para RP e TCFC. Para a verificação da acurácia através da área sob a curva (ASC) de característica de operação do receptor (ROC), resultados de TCFC foram melhores do que resultados de RP; fraturas radiculares apresentaram melhores resultados corretos de diagnóstico do que fraturas alveolares para RP e TCFC. Quando a localização da fratura alveolar (porção vestibular ou porção palatina do alvéolo) ou da fratura radicular (terço cervical, médio ou apical) foi levada em consideração para a realização das análises estatísticas, os mesmos apresentaram uma discreta redução. RP com duas angulações verticais diferentes podem ser consideradas um bom método para diagnosticar fraturas radiculares. Quando não é possível diagnosticar fraturas radiculares e alveolares em RP, o próximo exame de escolha é a TCFC.

Palavras-chave: Diagnóstico por imagem. Tomografia computadorizada por raios X. Radiografia dentária digital. Fraturas dos dentes. Tomografia computadorizada de feixe cônico. Fraturas ósseas.

ABSTRACT

Velasco SK. Detection of root and alveolar fractures in macerated canine maxillae upper incisors by means of digital periapical radiographs and cone-beam computed tomography. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

The purpose of this study was to compare periapical radiograph (PR) and four different protocols of cone-beam computed tomography (CBCT) in the diagnosis of alveolar and root fractures. Eighty incisor teeth (40 higid and 40 with root fracture) from the canine species were inserted in 80 anterior alveolar sockets (40 higid sockets and 40 sockets with alveolar fracture) of 20 macerated canine maxillae in previously randomized positions. Afterwards, each maxilla was submitted to periapical radiograph in two different vertical angulation incidences, and to four different CBCT protocols, with variations in kV values (72 kV or 80 kV), mA values (4 mA or 8 mA) and number of frames (400 ou 500). The images were randomized and posteriorly analyzed by two oral and maxillofacial radiologists two times, with a two-week interval between observations. Sensitivity, specificity and accuracy values for binary analyses were better for CBCT than for PR; root fractures showed better diagnosis results than alveolar fractures for both CBCT and PR. When accuracy was calculated through area under the receiver operating characteristic (ROC) curve, CBCT showed better results than PR; root fractures showed better diagnosis results than alveolar fractures for both CBCT and PR. There was a slight reduction in value results when we considered the alveolar fracture (buccal or palatine portion of alveolus) or root fracture (cervical, median or apical third) location to perform the statistical analyses. Periapical radiograph with two different vertical angulations may be considered an accurate method to detect root fractures. When no fractures are diagnosed in PR and the patient describes pain symptoms, the subsequent exam of choice is CBCT.

Keywords: Diagnostic imaging. Tomography, X ray computed. Digital dental radiography. Tooth fractures. Cone-beam computed tomography. Bone fractures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1- Dente fraturado.....	32
Figura 4.2- Dente após a colagem com adesivo a base de cianoacrilato.....	32
Figura 4.3- Fratura alveolar.....	33
Figura 4.4- Lâmina de cera 7 utilizada para manter os dentes em posição.....	33
Figura 4.5- Radiografias periapicais em duas angulações verticais diferentes.....	34
Figura 4.6- TCFC. Protocolo Normal 80-8.....	35
Figura 4.7- TCFC. Protocolo HD 80-8.....	35
Figura 4.8- TCFC. Protocolo HD 80-4.....	36
Figura 4.9- TCFC. Protocolo HD 72-4.....	36
Figura 4.10- Posicionamento no tomógrafo.....	37
Figura 4.11. Possibilidades de diagnóstico. Fraturas alveolares.....	40
Figura 4.12. Possibilidades de diagnóstico. Fraturas radiculares.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização.....	41
Tabela 5.2- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização.....	41
Tabela 5.3- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização.....	42
Tabela 5.4- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização.....	42
Tabela 5.5- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização.....	42
Tabela 5.6- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização.....	43
Tabela 5.7- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização.....	43
Tabela 5.8- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização.....	44
Tabela 5.9- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização.....	44
Tabela 5.10- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização.....	44
Tabela 5.11- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização.....	45
Tabela 5.12- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização.....	45
Tabela 5.13- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização.....	46
Tabela 5.14- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização.....	46
Tabela 5.15- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização.....	47
Tabela 5.16- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização.....	47
Tabela 5.17- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização.....	48

Tabela 5.18- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização.....	48
Tabela 5.19- Desempenho dos observadores para radiografias periapicais e diferentes protocolos de TCFC (área sob a curva ROC). Fraturas Alveolares.....	49
Tabela 5.20- Teste de ANOVA de medidas repetidas. Fraturas Alveolares	49
Tabela 5.21- Desempenho dos observadores para radiografias periapicais e diferentes protocolos de TCFC (área sob a curva ROC). Fraturas Radiculares.....	49
Tabela 5.22- Teste de ANOVA de medidas repetidas. Fraturas Radiculares.....	50
Tabela 6.1- Protocolos de TCFC e exposição à radiação.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA	<i>As low as reasonably acceptable</i> (menor radiação possível para obter o melhor diagnóstico possível)
ANOVA	Análise de um fator de variância
ASC	Área sob a curva
DICOM	<i>Digital imaging and communications in medicine</i> (comunicação de imagens digitais em medicina)
FOV	<i>Field of view</i> (campo de visão)
HD	<i>High definition</i> (alta definição)
kV	Quilovolt
mA	Miliampère
mGy	Miligray
ROC	<i>Receiver operating characteristic</i> (característica de operação do receptor)
RP	Radiografia periapical
TCFC	Tomografia computadorizada por feixe cônico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3	PROPOSIÇÃO	29
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
5	RESULTADOS.....	41
6	DISCUSSÃO	51
7	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS.....	59
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

Trauma em região anterior de maxila pode resultar em fraturas dentárias e/ou alveolares. Em crianças, o trauma pode ocorrer mais comumente em região anterior e em geral está associado a acidentes por queda, esportes de contato ou brinquedos com rodas (bicicletas, patins, skates) (1–6).

De acordo com as diretrizes descritas por DiAngelis et al. (7), fraturas dentárias e luxações foram classificadas em:

- **Infração:** fratura incompleta em esmalte, sem perda de estrutura dentária;
- **Fratura em esmalte:** fratura completa em esmalte sem exposição de dentina, somente em coroa, com perda de estrutura dentária;
- **Fratura em esmalte e dentina:** fratura em esmalte e dentina sem exposição pulpar (teste de vitalidade pulpar geralmente positivo) somente em coroa, e com perda de estrutura dentária;
- **Fratura em esmalte, dentina e polpa:** fratura em esmalte e dentina com exposição pulpar (polpa exposta é sensível a estímulos) somente em coroa, e com perda de estrutura dentária;
- **Fratura em coroa e raiz sem exposição pulpar:** fratura em esmalte, dentina e cemento sem exposição pulpar (a porção apical apresenta teste de vitalidade pulpar geralmente positivo). A fratura se estende sob a margem gengival e o fragmento coronário apresenta mobilidade;
- **Fratura em coroa e raiz com exposição pulpar:** fratura em esmalte, dentina e cemento com exposição pulpar. O fragmento coronário apresenta mobilidade;
- **Fratura radicular:** a porção coronária apresenta mobilidade e pode ocorrer alteração na cor, pode ocorrer sangramento através do sulco gengival e o teste de vitalidade pulpar pode ser negativo (indicando dano pulpar transiente ou permanente);
- **Concussão:** o dente responde positivamente a teste de percussão, mas não ocorreu deslocamento ou aumento de mobilidade. Teste de vitalidade pulpar geralmente positivo;
- **Subluxação:** o dente responde positivamente a teste de percussão. Ocorreu aumento de mobilidade, porém não houve deslocamento. Pode ocorrer

sangramento gengival. O teste de vitalidade pulpar pode ser negativo (indicando dano pulpar transiente ou permanente);

- Luxação extrusiva: o dente apresenta mobilidade e extrusão. Teste de vitalidade pulpar em geral é negativo;
- Luxação lateral: o dente foi deslocado para a direção vestibular ou lingual/palatina, ocorrendo fratura do processo alveolar. Teste de percussão pode apresentar um ruído seco (semelhante ao da anquilose) e teste de vitalidade pulpar em geral é negativo;
- Luxação intrusiva: o dente foi deslocado axialmente para o interior do osso alveolar. Teste de percussão pode apresentar um ruído seco (semelhante ao da anquilose) e teste de vitalidade pulpar em geral é negativo;
- Fratura alveolar: a fratura envolve o osso alveolar e eventualmente ossos adjacentes. Pode ocorrer mobilidade e deslocamento do fragmento com consequente desalinhamento oclusal. Teste de vitalidade pulpar pode ser positivo ou negativo.

O diagnóstico de fraturas radiculares e/ou alveolares pode ser de difícil execução (1–6), uma vez que os sintomas e sinais clínicos podem apresentar-se de várias maneiras. O paciente pode relatar dor espontânea ou a percussão (horizontal e/ou vertical), mobilidade ou sangramento na gengiva. A inspeção visual e o exame clínico muitas vezes tornam-se difíceis devido ao edema em tecidos moles adjacentes. O exame radiográfico pode ser um auxiliar ao diagnóstico. Entretanto, quando o cirurgião-dentista realiza uma tomada radiográfica periapical, muitas vezes não é possível observar nenhuma alteração, uma vez que é necessário que o feixe de raios-X incida paralelamente ao traço de fratura para ser possível a visualização na radiografia periapical. Para os casos onde não é possível realizar o diagnóstico através de radiografia periapical, podemos utilizar a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC).

Radiografias periapicais são amplamente utilizadas em Odontologia, pois podem ser obtidas no próprio consultório. Porém, esta modalidade de exame apresenta a limitação de bidimensionalidade, o que resulta em sobreposição de estruturas no sentido vestibulo-lingual/palatino (8). Além disso, caso a linha de fratura não esteja paralela ao feixe de raios-X, muitas vezes não é possível visualizar a mesma (9).

A TCFC apresenta um amplo uso em todas as especialidades clínicas (9,10), resultando em um melhor planejamento e consequentemente, um maior benefício para o paciente. A aquisição das imagens é obtida através de um detector que recebe imagens bidimensionais geradas a partir de uma fonte de raios X. Estas imagens são processadas em um software, resultando na formação das imagens axiais, coronais e sagitais (reconstruções multiplanares). Isto permite que o cirurgião-dentista faça a análise das imagens em três dimensões com o auxílio das várias ferramentas disponíveis no software. Para esta análise, podem ser utilizados tanto o próprio software dedicado ao tomógrafo quanto softwares que processam as imagens em formato DICOM (9,10).

Para o diagnóstico de fraturas radiculares e/ou alveolares, é importante confirmar a localização da fratura para que o profissional opte por um melhor tratamento e consequentemente, um melhor prognóstico para o paciente. Neste aspecto, as características imaginológicas da TCFC podem auxiliar o cirurgião-dentista para localizar a fratura radicular (terço cervical, médio ou apical) e a fratura alveolar (porção vestibular ou palatina), bem como realizar o acompanhamento do caso clínico (11,12). No entanto, a TCFC é um exame em que o paciente recebe uma maior dose de radiação quando comparado à radiografia periapical, e por isso deve ser utilizado com parcimônia, principalmente em crianças (2,13–16).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Fraturas radiculares e alveolares associadas a trauma

O trauma em região de face pode resultar em fraturas dentárias e alveolares (1,3). O impacto que leva à fratura pode ser do tipo direto ou indireto e as consequências estão associadas à força do impacto, formato e resiliência do objeto causador da lesão, direção do impacto e a reação dos tecidos adjacentes aos dentes. O trauma dentoalveolar ocorre com maior frequência em dentes anteriores na maxila e em crianças e jovens (6).

Dentre as causas de trauma dentoalveolar, podemos citar quedas, acidentes em parques infantis, violência doméstica, acidentes de bicicleta, acidentes de trânsito, violência física e prática de esportes (1). Em crianças, existe uma proporção maior de indivíduos do sexo masculino afetados (1,3,6). Características faciais tais como maloclusão do tipo classe II, trespasse horizontal maior do que 4 mm, ausência de selamento labial, inclinação acentuada dos incisivos superiores para a vestibular e respiração bucal levam a uma maior predisposição para trauma dentoalveolar em região anterior (17–20).

Posteriormente ao impacto, várias situações clínicas envolvendo dente e tecido adjacente podem ser observadas. A avaliação da situação clínica é importante para que o profissional determine o plano de tratamento e realize o acompanhamento necessário. O resultado mais favorável após o trauma é o total restabelecimento da função da polpa e dos tecidos adjacentes. No entanto, quadros clínicos desfavoráveis tais como necrose pulpar, periodontite periapical, alteração na coloração da coroa, fístulas, anquilose ou reabsorção radicular externa podem incorrer em um prognóstico desfavorável para o paciente (21,22).

Fraturas coronárias ou radiculares podem resultar em necrose pulpar. A necrose pulpar ocorre quando há um dano ao suprimento vasculonervoso da polpa e pode ser de dois tipos: estéril (quando há interrupção do suprimento vascular na região apical) ou infecciosa (por exposição pulpar, resultando em necrose de liquefação). O dano estará associado ao tipo de luxação ocorrido, ao estágio de desenvolvimento do periápice e ao tratamento de emergência que foi realizado, ou seja, a necrose pulpar estéril está associada a dentes que sofreram luxação lateral e

com ápice fechado. Quando ocorre uma fratura dentária com exposição pulpar, a probabilidade de não ocorrer comprometimento pulpar pode variar entre 63% a 94%, sendo que nos casos onde se obtém uma intervenção adequada, a porcentagem de dentes que apresentam vitalidade pulpar a longo prazo é de 60% a 80% (6).

A reabsorção radicular externa está associada a luxação lateral, avulsão ou intrusão e pode ser de três tipos: reabsorção da superfície, reabsorção inflamatória e anquilose (reabsorção por substituição). Os casos de reabsorção radicular externa estão associados a um dano aos tecidos adjacentes (ligamento periodontal e feixe vasculonervoso, assim como cemento e dentina). A luxação lateral também pode provocar fratura da tábua óssea vestibular. A avulsão ocorre em 0,5% a 3% de todos os dentes traumatizados e acomete o ligamento periodontal de forma severa, pois o reposicionamento do dente avulsionado causa dano nas células do ligamento periodontal. No caso da intrusão, a membrana periodontal e a superfície radicular são severamente afetadas, resultando frequentemente em reabsorção radicular externa e necrose pulpar (6).

De acordo com DiAngelis et al. (7), dentes que sofrem trauma dentoalveolar podem apresentar prognósticos variados de acordo com o desenvolvimento de seu periápice. Dentes com ápice aberto apresentam maior capacidade de regeneração pulpar após exposição pulpar, fratura radicular ou luxação. Mesmo em casos onde os testes de vitalidade pulpar são não responsivos, pode ocorrer regeneração ou revascularização dos tecidos pulpares e posterior fechamento do ápice. Em casos de luxações severas, é comum ocorrer obliteração pulpar. Dentes com ápice fechado, no entanto, apresentam maior probabilidade de necrose pulpar diante de uma fratura coronária com ou sem exposição pulpar ou luxação.

2.2 Radiografias Periapicais (RP) X TCFC

O diagnóstico das fraturas radiculares muitas vezes é realizado através da radiografia periapical. Porém, a sensibilidade deste exame é baixa devido à sobreposição de estruturas e a ampliação e distorção da imagem (23,24). Para obter melhores resultados no diagnóstico de fraturas radiculares horizontais através de radiografias intraorais, Celikten et al. (25) utilizaram duas angulações verticais distintas nas tomadas peripicais e uma radiografia oclusal. Mais recentemente,

alguns estudos procuraram comparar radiografias periapicais com TCFC para o melhor diagnóstico de fraturas radiculares (11,23,26–30).

A TCFC foi introduzida na Odontologia por Mozzo et al. (31) e Arai et al. (32) no final da década de 1990. Esta modalidade imaginológica permite a avaliação em dimensões muito próximas do real (33,34) de estruturas do complexo maxilomandibular em três dimensões. Após a aquisição e processamento das imagens, é possível realizar uma avaliação baseada nas reconstruções multiplanares (RMP) em três planos distintos (axial, coronal e sagital), sem sobreposição de estruturas.

O diagnóstico de fratura radicular é um tema amplamente pesquisado, porém os trabalhos realizados para a pesquisa de fraturas alveolares em geral são relatos de casos clínicos (35–44), estudos retrospectivos (21,45–48) ou diretrizes de diagnóstico e tratamento (7).

2.3 Diferentes protocolos de TCFC

Vários autores utilizaram diferentes parâmetros para avaliar a presença de fraturas radiculares, tais como diferentes tamanhos de FOV (49–52), diferentes tamanhos de voxel (29,49–55), ou diferentes números de projeções (53,55,56) em um mesmo aparelho. A partir dos resultados obtidos, é possível obter um diagnóstico mais adequado para o paciente ao mesmo tempo que ele receba a menor dose de radiação possível (princípio de ALARA – *as low as reasonably achievable*) (57).

2.4 Utilização de maxilas caninas

A utilização de cães em pesquisas realizadas com TCFC é bastante difundida. Muitos autores utilizaram cães em estudos realizados nas mais diversas áreas da Odontologia, tais como: endodontia (58,59), implantodontia (60–62) e cirurgia (63). Ilkubo et al. (26) realizaram um estudo com cães da raça “beagle” comparando radiografias periapicais, TCFC e tomografia computadorizada espiral para o diagnóstico de fraturas radiculares horizontais. Todos os estudos foram realizados com animais vivos.

3 PROPOSIÇÃO

- Avaliar a presença ou ausência de fraturas radiculares e alveolares em maxilas caninas secas através de radiografias periapicais e diferentes protocolos de TCFC e comparar os resultados obtidos em cada modalidade imaginológica.
- Demonstrar a sensibilidade, especificidade, acurácia, concordância inter e intraobservador e área sob a curva (ASC) de característica de operação do receptor (ROC) de radiografias periapicais e diferentes protocolos de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) para a detecção de fraturas radiculares e alveolares.
- Determinar a influência dos seguintes protocolos de aquisição: valores de voltagem do tubo de raios X (kV), valor da corrente presente no tubo de raios X (mA) e número de projeções nos diferentes protocolos de TCFC.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo dos espécimes

Em nosso estudo, utilizamos oitenta incisivos centrais e laterais superiores de cães (espécie *Canis lupus familiaris*) inseridos em oitenta alvéolos anteriores, em 20 maxilas caninas maceradas. Os alvéolos foram previamente inspecionados e não apresentavam fraturas e os dentes foram inspecionados e não apresentavam cáries, reabsorções radiculares e fraturas.

O Comitê de Ética para o Uso de Animais da FOUSP isentou esta pesquisa de aprovação (protocolo 011/2015) (Anexo A).

Um operador não envolvido na análise das imagens enumerou as maxilas de 1 a 20. Em cada maxila, foram utilizados quatro alvéolos, que foram denominados sítio A (incisivo lateral direito), sítio B (incisivo central direito), sítio C (incisivo central esquerdo), e sítio D (incisivo lateral esquerdo), perfazendo um total de 80 sítios.

Estes sítios foram randomizados em um website (www.random.org, Randomness and Integrity Services Ltd, Dublin, Irlanda) (64) em quatro situações:

- 20 sítios com dente hígido e alvéolo hígido;
- 20 sítios com dente hígido e alvéolo fraturado;
- 20 sítios com dente fraturado e alvéolo hígido;
- 20 sítios com dente fraturado e alvéolo fraturado.

O mesmo operador induziu a fratura radicular em 40 dentes utilizando a técnica descrita por Hassan et al. (65), Wenzel e Kirkevang (66) e Costa et al. (8): cada dente foi colocado sobre uma base horizontal macia e foi utilizado um martelo para aplicar uma força perpendicular sobre a raiz. Os dois fragmentos resultantes da fratura foram colados com adesivo a base de cianoacrilato (SuperBonder®, Henkel, São Paulo, Brasil) (Figuras. 4.1 e 4.2).

Figura 4.1- Dente fraturado

Figura 4.2- Dente após a colagem com adesivo a base de cianoacrilato

Para a fratura alveolar, foi desenvolvida uma técnica utilizando um pino metálico no interior do alvéolo; o pino foi elaborado com o auxílio do Prof. Dr. Rafael Yague Ballester, do Departamento de Biomateriais e Biologia Oral da FOU SP. Primeiramente, os alvéolos receberam uma camada de cera tipo 7 (Lysanda, São Paulo, Brasil) ao seu redor de aproximadamente 2 milímetros, com o intuito de manter os fragmentos ósseos em posição após a fratura. Após esta fase, o operador mantinha a maxila em posição, e com os dedos polegar e indicador apreendia as corticais vestibular e palatina do alvéolo. Um segundo operador inseria um pino metálico individualizado (cujo diâmetro era menor do que o diâmetro do alvéolo) no interior do alvéolo vazio (sem o dente em posição) e aplicava uma força na cabeça do pino com o auxílio de um martelo. O pino produzia uma pressão sobre o osso resultando na fratura alveolar (Figura 4.3). A confirmação da fratura era realizada por inspeção visual. O dente era então inserido em seu respectivo alvéolo. Posteriormente, uma lâmina de cera tipo 7 (espessura de 1 milímetro) era aplicada sobre a região anterior da maxila para manter os dentes em posição durante a aquisição das imagens (Figura 4.4).

Figura 4.3- Fratura alveolar

Figura 4.4- Lâmina de cera 7 utilizada para manter os dentes em posição

4.2 Aquisição das imagens

As radiografias periapicais (RP) foram obtidas em um aparelho Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finlândia) utilizando um posicionador radiográfico para técnica de paralelismo Jon (São Paulo, SP, Brasil). Foram realizadas duas tomadas periapicais (a primeira com o posicionador em sua posição usual e a segunda com o cilindro localizador do aparelho de raios X disposto com um aumento de angulação

vertical de 10° em relação à angulação inicial registrada pelo goniômetro do aparelho de raios X), adaptando uma técnica similar à utilizada por Kamburoglu et al. (27). O aparelho foi programado para 60 kV, a 7mA e tempo de exposição de 0,06 segundos (Figura 4.5).

Figura 4.5- Radiografias periapicais em duas angulações verticais diferentes

As imagens de TCFC foram obtidas em um aparelho PlanmecaProMax (Planmeca Oy, Helsinque, Finlândia), utilizando quatro protocolos, abaixo descritos e denominados:

- Protocolo Normal 80-8: 80 kV, 8 mA, campo de visão (FOV) 5 x 5.5 cm, voxel 0.20 mm e 400 projeções (Figura 4.6);
- Protocolo HD 80-8: 80 kV, 8 mA, campo de visão (FOV) 5 x 5.5 cm, voxel 0.15 mm e 500 projeções (Figura 4.7);
- Protocolo HD 80-4: 80 kV, 4 mA, campo de visão (FOV) 5 x 5.5 cm, voxel 0.15 mm e 500 projeções (Figura 4.8);
- Protocolo HD 72-4: 72 kV, 4 mA, campo de visão (FOV) 5 x 5.5 cm, voxel 0.15 mm e 500 projeções (Figura 4.9).

Em protocolos padronizados pelo tomógrafo, valores mais altos de kV e mA são utilizados para pacientes adultos e valores mais baixos são preconizados para crianças. Em nosso estudo, utilizamos variações de kV e mA em um mesmo protocolo (“HD”) para simular aquisições realizadas em adultos e aquisições realizadas em crianças.

Figura 4.6- TCFC. Protocolo Normal 80-8

Figura 4.7- TCFC. Protocolo HD 80-8

Figura 4.8- TCFC. Protocolo HD 80-4

Figura 4.9- TCFC. Protocolo HD 72-4

Foi utilizada uma silicona de condensação pesada (Zetaplus, Zhermack SpA, Badia Polesine, Itália) para posicionar a maxila na base do tomógrafo (Figura 4.10).

Figura 4.10- Posicionamento no tomógrafo

4.3 Análise das imagens

Todas as imagens radiográficas e tomográficas foram importadas para o software OsiriX MD (Pixmeo, Geneva, Switzerland; <http://www.osirix-viewer.com/>), um programa para o Sistema Operacional MacOS (Apple, Cupertino, CA, EUA) (58,67–70). As imagens foram observadas no Laboratório de Imagem em Terceira Dimensão – Labi3D da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, em uma estação de trabalho iMac 27” Mac OS X (Apple, Cupertino, CA, EUA), por dois radiologistas odontológicos calibrados e que não estiveram envolvidos no processo de preparação de espécimes ou aquisição de imagens. As análises foram realizadas de forma independente e em ocasiões separadas. Cada sítio (dente + alvéolo correspondente) foi analisado separadamente.

A sequência de observações para as radiografias periapicais (RP) e para as imagens tomográficas foram randomizadas em um website (www.random.org, Randomness and Integrity Services Ltd, Dublin, Irlanda) (64). Ambos os radiologistas usaram a mesma estação de trabalho para realizar as análises das imagens. Para aferir a concordância inter e intraobservador, todas as imagens foram avaliadas pelos dois radiologistas com um intervalo de duas semanas entre as observações. As análises das radiografias periapicais (RP) foram realizadas no visualizador básico do OsiriX e as imagens tomográficas foram analisadas na ferramenta de pós-processamento 3D-RMP do Osirix MD. Em ambas as modalidades os observadores estavam aptos a utilizar quaisquer ferramentas do software que pudessem auxiliar no diagnóstico, tais como ajuste de brilho e contraste, filtros e ferramentas de aumento.

O critério para análise das imagens foi: modalidade de imagens testadas *versus* padrão-ouro (dente hígido ou fraturado, e alvéolo hígido ou fraturado).

A presença ou ausência de fratura foi avaliada das seguintes maneiras:

- em uma escala binária (0, não há fratura; 1, há presença de fratura);
- em uma escala de cinco pontos (1, fratura definitivamente ausente; 2, fratura provavelmente ausente; 3, incerto; 4, fratura provavelmente presente; 5, fratura definitivamente presente);
- em caso positivo para fraturas, era necessário classificar a sua localização em: 1, terço apical; 2, terço médio; e 3, terço cervical (para fraturas radiculares): e/ou 1, porção vestibular; ou 2, porção palatina do alvéolo (para fraturas alveolares). (Figuras 4.11 e 4.12).

4.4 Análise dos dados

As respostas das observações foram tabuladas juntamente com o padrão-ouro. Foram realizadas análises “independente da localização da fratura” e “levando em consideração a localização da fratura”.

A análise “independente da localização da fratura” foi realizada de duas formas: análise binária (0=não há fratura, e 1=há fratura) e análise em escores de 1 a 5 (1=fratura definitivamente ausente, 2=fratura possivelmente ausente, 3=não é

possível avaliar a presença ou ausência de fratura, 4= fratura possivelmente presente, e 5= fratura definitivamente presente).

A análise “levando em consideração a localização da fratura” foi realizada em duas etapas. Primeiramente, foi realizada a análise binária. Para os casos classificados como 1 (há fratura), era necessário classificar as fraturas alveolares como “vestibular” ou “palatina”, e as fraturas radiculares como “terço cervical”, “terço médio” ou “terço apical”. Caso houvesse concordância entre o padrão-ouro e a localização da fratura, a resposta era classificada como “1”. Caso contrário, a resposta era classificada como “0” (não há fratura).

A sensibilidade, especificidade e acurácia das análises binárias (levando ou não em consideração a localização das fraturas) bem como as concordâncias intra e interobservador foram calculadas (utilizando o coeficiente *Kappa* (71)) em uma planilha Excel (Microsoft, Redmond, WA, EUA).

As respostas das análises realizadas com escores de 1 a 5, bem como as análises binárias levando em consideração a localização foram inseridas em um software baseado na rede mundial de computadores (MedCalc Software, Ostend, Bélgica) já utilizado na literatura (72). A análise da área sob a curva (ASC) ROC foi então realizada com a resposta dos observadores e os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia das modalidades de imagem foram determinados.

Para calcular a sensibilidade e a especificidade foi utilizada uma categoria de classificação onde foram considerados positivos (fratura) os três maiores escores (para a escala de 1 a 5, escores 3, 4 e 5) ou então o escore 1 (para a escala binária).

As áreas sob a curva (ASC) ROC (acurácia) por tipo de exame (radiografias periapicais e os quatro protocolos distintos para TCFC), observadores (dois observadores) e observações (duas observações para cada observador) foram analisados através de análise ANOVA de medidas repetidas associada ao teste de Bonferroni, adotando o nível de significância de 5%, conforme estabelecido pelo software utilizado. Caso a hipótese nula seja aceita, significa que não há diferenças estatísticas entre os observadores, ou entre as modalidades de imagem e entre os protocolos testados.

Todas as análises foram realizadas e todos os resultados foram apresentados separadamente para fraturas radiculares e alveolares.

Figura 4.11. Possibilidades de diagnóstico. Fraturas alveolares

Figura 4.12. Possibilidades de diagnóstico. Fraturas radiculares

5 RESULTADOS

5.1 Fratura Alveolar – Radiografias Periapicais (RP) versus TCFC

Nas tabelas 5.1 a 5.4 observamos os resultados comparativos de fraturas alveolares obtidas através de análise binária independente de localização (RP e TCFC) e levando em consideração a localização (TCFC). Os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia (tabelas 5.1 e 5.3) foram maiores para TCFC independente de localização, seguidos da TCFC levando em consideração a localização. RP tiveram resultados numericamente menores do que TCFC.

Para os resultados de coeficiente Kappa (tabelas 5.2 e 5.4), observamos valores de concordância semelhantes para TCFC (intra e interobservadores) e valores numericamente menores para RP.

Tabela 5.1- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização

		Radiografias Periapicais			TCFC		
		Se	Es	Ac	Se	Es	Ac
Observador 1	1a observação	0.35	0.60	0.48	0.73	0.71	0.72
	2a observação	0.22	0.65	0.44	0.79	0.66	0.72
Observador 2	1a observação	0.05	0.90	0.48	0.71	0.93	0.82
	2a observação	0.05	0.88	0.46	0.64	0.96	0.80

Tabela 5.2- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização

	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. Observador 2
	1a vs. 2a observações	1a vs. 2a observações	
Radiografias Periapicais	0.47	- 0.09	0.06
TCFC	0.44	0.78	0.33

Tabela 5.3- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização

		TCFC		
		Se	Es	Ac
Observador 1	1a observação	0.54	0.73	0.63
	2a observação	0.59	0.66	0.62
Observador 2	1a observação	0.52	0.94	0.73
	2a observação	0.44	0.96	0.70

Tabela 5.4- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização

	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. Observador 2
	1a vs. 2a observações	1a vs. 2a observações	
TCFC	0.51	0.77	0.31

Valores de p estatisticamente não significantes foram encontrados para as áreas sob a curva (ASC) ROC quando foram analisadas as radiografias periapicais (RP). Os valores de ASC ROC foram semelhantes para as análises independente de localização e levando em consideração a localização das fraturas alveolares (tabelas 5.5 e 5.6).

Para a TCFC, os valores de ASC ROC foram estatisticamente significantes e apresentaram valores numericamente maiores para o diagnóstico independente de localização quando comparados aos valores levando em consideração a localização das fraturas alveolares (tabelas 5.5 e 5.6).

Tabela 5.5- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização*

		Radiografias Periapicais				TCFC			
		ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Observador 1	1a observação	0.532	40.00	65.00	> 0.05	0.759	60.62	83.75	<0.0001
	2a observação	0.563	35.00	77.50	> 0.05	0.780	55.00	91.25	<0.0001
Observador 2	1a observação	0.525	95.00	10.00	> 0.05	0.838	70.62	93.12	<0.0001
	2a observação	0.538	12.50	95.00	> 0.05	0.815	63.13	95.62	<0.0001

*para valores >3, em escala de 1 a 5

Tabela 5.6- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização**

		Radiografias Periapicais				TCFC			
		ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Observador 1	1a observação	0.525	40.00	65.00	> 0.05	0.634	53.75	73.12	<0.0001
	2a observação	0.563	35.00	77.50	> 0.05	0.625	58.75	66.25	<0.0001
Observador 2	1a observação	0.525	95.00	10.00	> 0.05	0.728	51.88	93.75	<0.0001
	2a observação	0.538	12.50	95.00	> 0.05	0.700	44.38	95.62	<0.0001

**para valores >0, em escala de 0 a 1

5.2 Fratura Radicular – Radiografias Periapicais versus TCFC

Nas tabelas 5.7 a 5.10 observamos os resultados comparativos de fraturas radiculares obtidas através de análise binária independente de localização (RP e TCFC) e levando em consideração a localização (TCFC). Os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia (tabelas 5.7 e 5.9) foram semelhantes para TCFC independente de localização e TCFC levando em consideração a localização. Resultados numericamente menores, porém semelhantes para as análises independente de localização e levando em consideração a localização, foram obtidos com RP.

Para os resultados de coeficiente Kappa (tabelas 5.8 e 5.10), observamos valores de concordância semelhantes para TCFC (intra e interobservadores). Valores discretamente menores foram observados em RP.

Tabela 5.7- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização

		Radiografias Periapicais			TCFC		
		Se	Es	Ac	Se	Es	Ac
Observador 1	1a observação	0.68	0.25	0.46	0.94	0.91	0.92
	2a observação	0.70	0.18	0.44	0.94	0.87	0.90
Observador 2	1a observação	0.45	0.53	0.49	0.93	0.71	0.82
	2a observação	0.53	0.50	0.51	0.92	0.96	0.93

Tabela 5.8- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização

	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. Observador 2
	1a vs. 2a observações	1a vs. 2a observações	
Radiografias Periapicais	0.74	0.65	0.21
TCFC	0.81	0.69	0.77

Tabela 5.9- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização

		Radiografias Periapicais			TCFC		
		Se	Es	Ac	Se	Es	Ac
Observador 1	1a observação	0.60	0.30	0.45	0.91	0.92	0.91
	2a observação	0.68	0.20	0.44	0.93	0.88	0.90
Observador 2	1a observação	0.38	0.55	0.46	0.89	0.76	0.83
	2a observação	0.48	0.53	0.50	0.91	0.94	0.93

Tabela 5.10- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização

	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. Observador 2
	1a vs. 2a observações	1a vs. 2a observações	
Radiografias Periapicais	0.68	0.62	0.16
TCFC	0.80	0.71	0.78

Nas tabelas 5.11 e 5.12, encontramos valores de p estatisticamente significantes para as áreas sob a curva (ASC) ROC quando foram analisadas as RP e TCFC.

Quando analisamos os valores para RP, observamos que os valores numéricos de ASC ROC para o diagnóstico de fraturas radiculares independente de localização foram discretamente maiores quando comparados aos valores levando em consideração a localização. Para TCFC, encontramos resultados semelhantes para ASC ROC para o diagnóstico de fraturas radiculares independente de localização e levando em consideração a localização (tabelas 5.11 e 5.12).

Tabela 5.11- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização*

		Radiografias Periapicais				TCFC			
		ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Observador 1	1a observação	0.817	72.50	85.00	<0.0001	0.813	81.25	81.25	<0.0001
	2a observação	0.766	65.00	77.50	<0.0001	0.920	93.12	90.62	<0.0001
Observador 2	1a observação	0.781	72.50	85.00	<0.0001	0.915	83.12	95.00	<0.0001
	2a observação	0.783	67.50	85.00	<0.0001	0.941	90.62	97.50	<0.0001

*para valores >3, em escala de 1 a 5

Tabela 5.12- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização**

		Radiografias Periapicais				TCFC			
		ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Observador 1	1a observação	0.650	80.00	50.00	0.0155	0.913	90.62	91.87	<0.0001
	2a observação	0.688	92.50	45.00	0.0018	0.900	92.50	87.42	<0.0001
Observador 2	1a observação	0.738	65.00	82.50	<0.0001	0.827	89.37	76.10	<0.0001
	2a observação	0.725	70.00	75.00	0.0001	0.925	91.25	93.75	<0.0001

**para valores >0, em escala de 0 a 1

5.3 Comparação entre diferentes protocolos de TCFC - Fratura Alveolar e Fratura Radicular

Valores de sensibilidade, especificidade e acurácia para fraturas alveolares apresentaram valores numericamente maiores para análise independente de localização quando comparados a análise levando em consideração a localização. Todos os protocolos independente de localização apresentaram valores semelhantes entre si; o mesmo foi observado para os protocolos levando em consideração a localização (tabelas 5.13 e 5.14).

Para fraturas radiculares, valores semelhantes foram encontrados para ambas as análises (independente de localização e levando em consideração a localização) e para todos os protocolos (tabelas 5.13 e 5.14).

Analisando as tabelas 5.15 e 5.16, observamos que a concordância intraobservador foi maior para o Observador 2, para fraturas alveolares, em ambas as análises (independente de localização e levando em consideração a localização). A concordância intraobservador foi moderada.

Para fraturas radiculares, foram obtidos resultados numericamente menores para os protocolos HD 80 kV-4 mA e HD 72 kV-4mA para as análises levando em consideração a localização.

Valores para fraturas radiculares foram numericamente maiores quando comparados a valores para fraturas alveolares.

Tabela 5.13- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária independente de localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar			Fratura Radicular		
	Se	Es	Ac	Se	Es	Ac
Normal 80 kV-8mA	0.71	0.81	0.76	0.94	0.88	0.91
HD 80 kV-8mA	0.73	0.85	0.79	0.92	0.91	0.91
HD 80 kV-4mA	0.69	0.83	0.76	0.94	0.81	0.88
HD 72 kV-4mA	0.74	0.77	0.75	0.91	0.84	0.88

Tabela 5.14- Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Acurácia (Ac). Análise binária levando em consideração a localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar			Fratura Radicular		
	Se	Es	Ac	Se	Es	Ac
Normal 80 kV-8mA	0.51	0.83	0.67	0.93	0.87	0.90
HD 80 kV-8mA	0.54	0.85	0.70	0.92	0.91	0.91
HD 80 kV-4mA	0.51	0.84	0.68	0.91	0.82	0.87
HD 72 kV-4mA	0.51	0.77	0.64	0.89	0.83	0.86

Tabela 5.15- Coeficiente Kappa. Análise binária independente de localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar			Fratura Radicular		
	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. 2	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. 2
	1a vs 2a observação	1a vs 2a observação		1a vs 2a observação	1a vs 2a observação	
Normal 80 kV-8mA	0.28	0.79	0.32	0.85	0.73	0.81
HD 80 kV-8mA	0.50	0.76	0.35	0.88	0.83	0.85
HD 80 kV-4mA	0.43	0.81	0.33	0.77	0.55	0.71
HD 72 kV-4mA	0.54	0.76	0.32	0.75	0.65	0.72

Tabela 5.16- Coeficiente Kappa. Análise binária levando em consideração a localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar			Fratura Radicular		
	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. 2	Observador 1	Observador 2	Observador 1 vs. 2
	1a vs 2a observação	1a vs 2a observação		1a vs 2a observação	1a vs 2a observação	
Normal 80 kV-8mA	0.47	0.77	0.30	0.80	0.73	0.76
HD 80 kV-8mA	0.56	0.75	0.31	0.88	0.83	0.85
HD 80 kV-4mA	0.49	0.79	0.40	0.75	0.53	0.69
HD 72 kV-4mA	0.58	0.74	0.25	0.67	0.58	0.67

Valores de ASC ROC foram numericamente maiores para as análises independentes de localização (tabela 5.17) quando comparadas às análises levando em consideração a localização das fraturas (tabela 5.18), tanto para fraturas alveolares quanto para radiculares.

Tabela 5.17- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Independente da localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar				Fratura Radicular			
	ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Normal 80 kV-8mA	0.785	55.63	93.75	<0.0001	0.941	93.12	88.12	<0.0001
HD 80 kV-8mA	0.829	73.12	85.00	<0.0001	0.927	90.00	93.75	<0.0001
HD 80 kV-4mA	0.791	68.75	82.50	<0.0001	0.930	94.37	81.87	<0.0001
HD 72 kV-4mA	0.771	54.37	88.12	<0.0001	0.912	91.25	85.00	<0.0001

*(para valores >3, em escala de 1 a 5)

Tabela 5.18- Área sob a curva ROC (ASC ROC), Sensibilidade (Se), Especificidade (Es) e Valor de P. Levando em consideração a localização

Protocolos de TCFC	Fratura Alveolar				Fratura Radicular			
	ASC ROC	Se	Es	Valor de P	ASC ROC	Se	Es	Valor de P
Normal 80 kV-8mA	0.669	51.25	82.50	<0.0001	0.897	92.50	86.87	<0.0001
HD 80 kV-8mA	0.697	54.37	85.00	<0.0001	0.913	91.87	90.62	<0.0001
HD 80 kV-4mA	0.675	50.63	84.37	<0.0001	0.866	91.25	81.87	<0.0001
HD 72 kV-4mA	0.641	51.25	76.87	<0.0001	0.856	88.75	82.50	<0.0001

** (para valores >0, em escala de 0 a 1)

5.4 Comparação entre áreas sob a curva (ASC) ROC

Quando foram comparadas as áreas sob a curva (ASC) ROC (tabela 5.19) entre radiografias periapicais (RP) e os diferentes protocolos de TCFC entre si, para o diagnóstico de fraturas alveolares, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes (tabela 5.20).

Tabela 5.19- Desempenho dos observadores para radiografias periapicais e diferentes protocolos de TCFC (área sob a curva ROC). Fraturas Alveolares

		Radiografias Periapicais	Protocolos de TCFC			
			N 80-8	HD 80-8	HD 80-4	HD 72-4
Observador 1	1a observação	0.532	0.600	0.637	0.650	0.650
	2a observação	0.563	0.613	0.700	0.600	0.563
Observador 2	1a observação	0.525	0.738	0.738	0.738	0.688
	2a observação	0.538	0.725	0.713	0.713	0.663

Tabela 5.20- Teste de ANOVA de medidas repetidas. Fraturas Alveolares

	Protocolos de TCFC			
	N 80-8	HD 80-8	HD 80-4	HD 72-4
Radiografias Periapicais	NS	NS	NS	NS
N 80-8	-	NS	NS	NS
HD 80-8	NS	-	NS	NS
HD 80-4	NS	NS	-	NS
HD 72-4	NS	NS	NS	-

NS = Diferença estatisticamente não significante; S = Diferença estatisticamente significante

Para fraturas radiculares, quando foram comparados os resultados de ASC ROC (tabela 5.21), foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre RP e TCFC Protocolo HD 80 kV-8 mA (tabela 5.22).

Tabela 5.21- Desempenho dos observadores para radiografias periapicais e diferentes protocolos de TCFC (área sob a curva ROC). Fraturas Radiculares

		Radiografias Periapicais	Protocolos de TCFC			
			N 80-8	HD 80-8	HD 80-4	HD 72-4
Observador 1	1a observação	0.817	0.900	0.925	0.913	0.863
	2a observação	0.766	0.925	0.913	0.863	0.900
Observador 2	1a observação	0.781	0.838	0.875	0.750	0.750
	2a observação	0.783	0.925	0.938	0.938	0.913

Tabela 5.22- Teste de ANOVA de medidas repetidas. Fraturas Radiculares

	Protocolos de TCFC			
	N 80-8	HD 80-8	HD 80-4	HD 72-4
Radiografias Periapicais	NS	S	NS	NS
N 80-8	-	NS	NS	NS
HD 80-8	NS	-	NS	NS
HD 80-4	NS	NS	-	NS
HD 72-4	NS	NS	NS	-

NS = Diferença estatisticamente não significante; S = Diferença estatisticamente significante

6 DISCUSSÃO

6.1 Fraturas alveolares X Fraturas radiculares

A metodologia utilizada para provocar as fraturas alveolares resultou em dois tipos distintos de fratura, os quais descrevemos a seguir: “trinca” (fratura alveolar incompleta, visível através da superfície interior do alvéolo, porém que não se estende até a superfície vestibular ou palatina do osso alveolar); e “fratura” (fratura alveolar completa, que se estende desde a superfície interna do alvéolo até a superfície vestibular ou palatina do osso alveolar). As fraturas alveolares do tipo “trinca” em alguns casos foram diagnosticadas como “falsos negativos”.

As fraturas alveolares foram obtidas aleatoriamente em parede vestibular ou palatina do alvéolo. Com relação aos diferentes observadores, quando foi comparada a “análise binária independente de localização da fratura” à “análise binária levando-se em consideração a localização (vestibular ou palatina) da fratura”, observamos uma redução nos valores de sensibilidade e consequentemente, de acurácia, também devido à dificuldade em determinar corretamente em que região ocorreu a fratura alveolar.

Foram utilizados crânios de cães macerados em nosso estudo devido à semelhança anatômica entre os incisivos centrais e laterais superiores e respectivos alvéolos desta espécie com os dentes e alvéolos homólogos humanos (tábua óssea vestibular mais delgada e tábua óssea palatina mais espessa). No entanto, foi observada a presença de um maior número de canais nutritivos nas maxilas caninas, quando comparadas às maxilas humanas. Acreditamos que canais nutritivos foram diagnosticados como fraturas (“falsos positivos”), fato que também contribuiu para resultados numericamente menores para fraturas alveolares.

Em todas as análises realizadas, os resultados foram numericamente menores para fraturas alveolares quando comparados aos resultados obtidos para fraturas radiculares. Os valores de *Kappa* para fraturas alveolares foram muito baixos, o que demonstra dificuldade em diagnosticar este tipo de fratura. Atribuímos também esta variação à maior presença de canais nutritivos em osso alveolar de cães quando comparado ao osso alveolar humano.

Clinicamente, é importante diagnosticar a presença de fraturas radiculares e alveolares para realizar um bom plano de tratamento e consequentemente, determinar um melhor prognóstico para o paciente. Fraturas alveolares estão associadas a luxação lateral, intrusão ou avulsão de um dente, ou ainda a um trauma que resulte em deslocamento de uma região do processo alveolar (21,36–38,40,41,73,74). DiAngelis et al. (7) e Patel et al. (75) recomendam o reposicionamento e imobilização do fragmento alveolar, sutura dos tecidos moles lacerados e estabilização do segmento por quatro semanas, além de antibioticoterapia (se necessário) e acompanhamento clínico e radiográfico. De acordo com Lauridsen et al. (21), o diagnóstico de fraturas alveolares é importante porque estas podem ocasionar necrose pulpar em dentes adjacentes e, em proporções menores, à perda do elemento dentário, reabsorção radicular ou perda óssea alveolar.

Com relação a fraturas radiculares, é importante avaliar a sua direção (horizontal, vertical ou oblíqua) e a sua localização (terço cervical, terço médio ou terço apical). Em nosso trabalho, devido à metodologia utilizada (8), as fraturas radiculares resultantes foram horizontais, portanto optou-se por analisar a presença e a localização das mesmas. Assim sendo, comparamos a “análise binária independente de localização da fratura” à “análise binária levando-se em consideração a localização (terço cervical, terço médio ou terço apical) da fratura” e obtivemos valores semelhantes e muito bons para sensibilidade, especificidade e acurácia em ambas as análises para TCFC (vide tabelas 5.7 e 5.9).

Do ponto de vista clínico, quando a fratura ocorre em terço cervical, o profissional deve considerar a extrusão ortodôntica com posterior restauração do fragmento perdido, ou então a extração e instalação de implante dentário. De acordo com Cvek et al. (76), fraturas cervicais apresentam pior prognóstico. Caso a fratura esteja localizada em terço médio ou apical, é possível realizar somente acompanhamento, pois é comum ocorrer a interposição de tecido conjuntivo entre os fragmentos sem que ocorra dano ao dente fraturado (5,75). No entanto, de acordo com Zaleckiene et al. (6), é importante verificar a vitalidade pulpar e o comprometimento do feixe vasculonervoso que alimenta a polpa. Dentes fraturados sem comprometimento do feixe vasculonervoso e com vitalidade pulpar apresentam um mecanismo de defesa contra a entrada de bactérias nos túbulos dentinários e consequentemente seu prognóstico é melhor.

6.2 Radiografias periapicais X TCFC

Quando foram analisados os resultados das análises binárias obtidos para radiografias periapicais e os comparamos com os resultados obtidos em TCFC, tanto para fraturas alveolares quanto para fraturas radiculares, resultados numericamente maiores foram obtidos com a TCFC. Vários estudos compararam os resultados entre radiografias periapicais e TCFC para o diagnóstico de fraturas radiculares horizontais (11, 77, 78).

O estudo realizado por Bornstein et al. (11) demonstrou que a localização (terço cervical, terço médio ou terço apical) da fratura radicular obtida através de TCFC difere significativamente das radiografias intraorais (periapical e oclusal). De acordo com May et al. (77), fraturas horizontais ocasionadas por trauma muitas vezes mostram diagnóstico inconclusivo (“falsos negativos”) baseado apenas em radiografias periapicais. Além disso, quando a fratura radicular é visualizada em terço médio em radiografia periapical, ela pode estar localizada tanto em terço cervical quanto em terço apical. Nestes casos, a TCFC é importante para avaliar tanto os “falsos negativos” quanto a localização e direção da fratura radicular. Em nosso estudo, observamos que houve uma redução na acurácia da localização das fraturas para as radiografias periapicais. Quando realizamos a análise binária levando em consideração a localização da fratura radicular, as radiografias periapicais tiveram um desempenho numericamente inferior na sensibilidade, especificidade e acurácia quando comparadas à TCFC. Acreditamos que nossos resultados devem-se à análise de duas radiografias com angulações verticais diferentes, o que permitiu a visualização da fratura radicular, porém dificultou a correta localização da mesma.

Em 2013, Bechara et al. (78) realizaram um estudo com dentes humanos extraídos tratados endodonticamente e posteriormente fraturados. Neste estudo, os autores concluíram que TCFC de pequeno volume apresentou maior acurácia (área sob a curva ROC) e sensibilidade para a detecção de fraturas radiculares do que radiografias periapicais digitais, mas que a especificidade foi maior para as radiografias periapicais. Este fato pode estar associado à maior dificuldade em diagnosticar fraturas radiculares em radiografias periapicais, resultando em um maior

número de “verdadeiros negativos”. Nosso estudo mostrou que acurácia, sensibilidade e especificidade para fraturas radiculares foram maiores para TCFC, quando comparada a radiografias periapicais, para as análises binárias.

Makowiecki et al. (24) descreveram um caso clínico de um incisivo central superior que havia sofrido trauma há 17 anos. Na radiografia periapical, observou-se uma fratura radicular cominutiva com separação dos fragmentos dentários. Posteriormente foi realizada uma TCFC, demonstrando que na realidade tratava-se de uma fratura única e oblíqua. Em nosso estudo, o teste de ANOVA de medidas repetidas realizado através da comparação entre áreas sob a curva ROC (escores de 0 a 1) mostrou uma diferença estatisticamente significativa quando comparou os resultados para fraturas radiculares obtidos através das radiografias periapicais e os resultados de TCFC – Protocolo HD 80 kV/8 mA. Acreditamos que este fato ocorreu porque as radiografias periapicais apresentam a limitação da bidimensionalidade e consequentemente sobreposição de estruturas no sentido vestibulopalatino(8). Além disso, caso a linha de fratura não esteja paralela ao feixe de raios-X, muitas vezes não é possível visualizar a mesma (9). No entanto, para auxiliar a visualização de fraturas radiculares, as radiografias periapicais com duas angulações diferentes são o primeiro recurso imaginológico que o clínico pode utilizar para o diagnóstico das mesmas. Nosso estudo demonstrou que elas não apresentam diferenças estatisticamente significantes com relação aos outros protocolos de TCFC (N 80 kV/8 mA, HD 80 kV/4 mA e HD 72 kV/4 mA), o que nos permite sugerir que podemos utilizar este recurso imaginológico antes de recomendar o exame de TCFC, reforçando o princípio de ALARA (57).

Palomo e Palomo (2) ressaltaram a importância da TCFC e a sua superioridade com relação a radiografias periapicais para o diagnóstico de fraturas alveolares com relação à localização e direção das mesmas e a sua relação com os dentes vizinhos, a fim de promover um melhor tratamento e prognóstico em casos de trauma dentoalveolar. Em nosso estudo, embora não tenhamos encontrado diferenças estatisticamente significantes para fraturas alveolares, entre radiografias periapicais e os diferentes protocolos de TCFC para o teste de ANOVA de medidas repetidas realizado através da comparação entre áreas sob a curva ROC, as análises binárias mostraram melhores resultados para TCFC do que para as radiografias periapicais.

6.3 Diferentes protocolos de TCFC

Baseado na literatura, onde alguns autores (30,50,52,78) concluíram que protocolos de FOV pequeno (também denominados TCFC de pequeno volume) eram os mais adequados para o diagnóstico de fraturas radiculares, optamos por realizar nosso estudo utilizando apenas protocolos de FOV pequeno.

O tomógrafo nos permitiu alterar os valores de kV e mA, bem como o número de projeções a partir da escolha de diferentes protocolos (denominados “Normal” para 400 projeções e “HD” – *high definition* para 500 projeções).

As diferentes combinações obtidas com os quatro protocolos de TCFC analisados nos permitiram a obtenção de diferentes valores de exposição à radiação em mGy estabelecidos pelo tomógrafo (Tabela 6.1).

Tabela 6.1. Protocolos de TCFC e exposição à radiação

Protocolo	Número de projeções	Tamanho do voxel	kV	mA	Exposição à radiação (mGy)
Normal 80-8	400	0.20 mm	80	8	5,6
HD 80-8	500	0.15 mm	80	8	7,0
HD 80-4	500	0.15 mm	80	4	4,0
HD 72-4	500	0.15 mm	72	4	2,0

Alguns autores também relacionaram um maior número de projeções e consequentemente, menor tamanho de voxel (29,50,52,53,55,56) com a maior acurácia no diagnóstico de fraturas radiculares. Desta forma, escolhemos comparar protocolos de 400 e 500 projeções (respectivamente, com 0.20 mm e 0.15 mm de tamanho de voxel) com os mesmo parâmetros de kV e mA. Foram obtidos resultados estatisticamente não significantes para a comparação entre áreas sob a curva ROC para ambos os protocolos (Normal 80-8 *versus* HD 80-8).

Os valores de exposição à radiação foram determinados pelo tomógrafo a partir dos parâmetros (número de projeções, kV e mA) determinados em cada um dos quatro protocolos escolhidos para este estudo. Jones et al. (79) realizaram um estudo utilizando várias combinações entre mA, rotação do sensor de raio-X (180° ou 360°) e tempo de exposição em um tomógrafo Accuitomo 80, e obtiveram valores semelhantes em quase todos os protocolos, com exceção dos protocolos onde o mA estabelecido era 1. Quando realizamos o teste de ANOVA de medidas repetidas

para avaliar as diferenças estatísticas entre as áreas sob a curva ROC dos diferentes protocolos de TCFC, não obtivemos nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os mesmos, tanto para fraturas alveolares, quanto para fraturas radiculares.

Como foi observado neste estudo, pode-se sugerir que em humanos o protocolo de TCFC utilizado para auxiliar o diagnóstico de fraturas radiculares e alveolares deve ser escolhido de acordo com as características do paciente (adulto *versus* criança), de forma que o mesmo receba a melhor qualidade de imagem do exame com a menor radiação possível. A redução do kV e do mA não apresentou diferenças significantes estatisticamente, sugerindo que em crianças é possível reduzir os níveis de exposição a radiação sem influenciar a qualidade das imagens tomográficas, ou seja, respeitando o princípio de ALARA (57).

7 CONCLUSÕES

- Para fraturas alveolares, obtivemos melhores resultados com TCFC quando comparados a RP. Para fraturas radiculares, os resultados não apresentaram diferenças estatisticamente significantes para RP e os diferentes protocolos de TCFC, com exceção da comparação entre RP e TCFC Protocolo HD 80 kV-8 mA.
- Valores de sensibilidade, especificidade, acurácia, concordância inter e intraobservador e área sob a curva (ASC) de característica de operação do receptor (ROC) mostraram valores numericamente superiores para fraturas radiculares quando comparadas a fraturas alveolares.
- Não houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes protocolos de TCFC com relação a variações em valores de voltagem do tubo de raios X (kVp), valor da corrente presente no tubo de raios X (mA) e número de projeções nos diferentes protocolos de TCFC.
- RP com duas incidências de angulação vertical distintas são o primeiro método diagnóstico indicado para a detecção de fraturas radiculares. No entanto, quando não for possível observar nenhuma fratura e o paciente apresentar sintomatologia dolorosa, o próximo exame de escolha é a TCFC. O protocolo de TCFC escolhido (com variações em valores de voltagem do tubo de raios X - kV, valor da corrente presente no tubo de raios X – mA, e número de projeções) dependerá da idade e características físicas do paciente.

REFERÊNCIAS¹

1. Elias H, Baur DA. Management of trauma to supporting dental structures. *Dent Clin North Am.* 2009 Oct;53(4):675–89, vi.
 2. Palomo L, Palomo JM. Cone beam CT for diagnosis and treatment planning in trauma cases. *Dent Clin North Am.* 2009 Oct;53(4):717–27, vi – vii.
 3. MacLeod SPR, Rudd TC. Update on the management of dentoalveolar trauma. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2012 Aug;20(4):318–24.
 4. Olynik CR, Gray A, Sinada GG. Dentoalveolar trauma. *Otolaryngol Clin North Am.* 2013 Oct;46(5):807–23.
 5. Leathers RD, Gowans RE. Office-based management of dental alveolar trauma. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2013 Sep;21(2):185–97.
 6. Zaleckiene V, Peciuliene V, Brukiene V, Drukteinis S. Traumatic dental injuries: etiology, prevalence and possible outcomes. *Stomatologija.* 2014;16(1):7–14.
 7. Diangelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, et al. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2012 Feb;28(1):2–12.
 8. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Pinheiro LR, Tortamano IP, Cavalcanti MGP. Use of large-volume cone-beam computed tomography in identification and localization of horizontal root fracture in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod.* 2012 Jun;38(6):856–9.
 9. Cavalcanti MGP. Cone beam computed tomographic imaging: perspective, challenges, and the impact of near-trend future applications. *J Craniofac Surg.* 2012 Jan;23(1):279–82.
 10. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006 Feb;72(1):75–80.
-

¹ De acordo com estilo Vancouver.

11. Bornstein MM, Wölner-Hanssen AB, Sendi P, von Arx T. Comparison of intraoral radiography and limited cone beam computed tomography for the assessment of root-fractured permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2009 Dec;25(6):571–7.
12. Andreasen JO, Ahrensburg SS, Tsilingaridis G. Root fractures: the influence of type of healing and location of fracture on tooth survival rates - an analysis of 492 cases. *Dent Traumatol.* 2012 Oct;28(5):404–9.
13. Baratieri C, Alves M, Bolognese AM, Nojima MCG, Nojima LI. Changes in skeletal and dental relationship in Class II Division I malocclusion after rapid maxillary expansion: a prospective study. *Dental Press J Orthod.* 2014;19(3):75–81.
14. Hidalgo-Rivas JA, Theodorakou C, Carmichael F, Murray B, Payne M, Horner K. Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent.* 2014 Sep;24(5):336–48.
15. Shin HS, Nam KC, Park H, Choi HU, Kim HY, Park CS. Effective doses from panoramic radiography and CBCT (cone beam CT) using dose area product (DAP) in dentistry. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(5):20130439.
16. Lee RJ, Weissheimer A, Pham J, Go L, de Menezes LM, Redmond WR, et al. Three-dimensional monitoring of root movement during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* American Association of Orthodontists; 2015 Jan;147(1):132–42.
17. Soriano EP, Caldas ADF, Diniz De Carvalho MV, Amorim Filho HDA. Prevalence and risk factors related to traumatic dental injuries in Brazilian schoolchildren. *Dent Traumatol.* 2007 Aug;23(4):232–40.
18. Noori AJ, Al-Obaidi WA. Traumatic dental injuries among primary school children in Sulaimani city, Iraq. *Dent Traumatol.* 2009 Aug;25(4):442–6.
19. Bendo CB, Paiva SM, Oliveira AC, Goursand D, Torres CS, Pordeus IA, et al. Prevalence and associated factors of traumatic dental injuries in Brazilian schoolchildren. *J Public Health Dent.* 2010;70(4):313–8.
20. Gupta S, Kumar-Jindal S, Bansal M, Singla A. Prevalence of traumatic dental injuries and role of incisal overjet and inadequate lip coverage as risk factors among 4-15 years old government school children in Baddi-Barotiwala Area, Himachal Pradesh, India. *Med Oral, Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Nov;16(7):e960–5.

21. Andreasen JO, Lauridsen E. Alveolar process fractures in the permanent dentition. Part 1. Etiology and clinical characteristics. A retrospective analysis of 299 cases involving 815 teeth. *Dent Traumatol*. 2015 Dec;31(6):442–7.
22. Lauridsen E, Gerds T, Ove Andreasen J. Alveolar process fractures in the permanent dentition. Part 2. The risk of healing complications in teeth involved in an alveolar process fracture. *Dent Traumatol*. 2016 Apr;32(2):128–39.
23. 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 Oct;40(10):818–30.
24. Makowiecki P, Witek A, Pol J, Buczkowska-Radlińska J. The maintenance of pulp health 17 years after root fracture in a maxillary incisor illustrating the diagnostic benefits of cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2014 Sep;47(9):889–95.
25. Celikten B, Uzuntas CF, Safaralizadeh R, Demirel G, Sevimay S. Multidisciplinary approach for the treatment of horizontal root-fractured maxillary anterior teeth. *Case Rep Dent*. 2014;2014:472759.
26. Iikubo M, Kobayashi K, Mishima A, Shimoda S, Daimaruya T, Igarashi C, et al. Accuracy of intraoral radiography, multidetector helical CT, and limited cone-beam CT for the detection of horizontal tooth root fracture. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Nov;108(5):e70–4.
27. Kamburoğlu K, Ilker Cebeci AR, Gröndahl HG. Effectiveness of limited cone-beam computed tomography in the detection of horizontal root fracture. *Dent Traumatol*. 2009;25(3):256–61.
28. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009 Jun;42(6):463–75.
29. Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang L-L. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Dec;108(6):939–45.
30. Avsever H, Gunduz K, Orhan K, Uzun I, Ozmen B, Egrioglu E, et al. Comparison of intraoral radiography and cone-beam computed tomography for the detection of horizontal root fractures: an in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2014 Jan;18(1):285–92.

31. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558–64.
32. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 Jul;28(4):245–8.
33. Santos O, Pinheiro LR, Umetsubo OS, Sales MAO, Cavalcanti MGP. Assessment of open source software for CBCT in detecting additional mental foramina. *Braz Oral Res.* 2013;27(2):128–35.
34. Gaia BF, Pinheiro LR, Umetsubo OS, Santos O, Costa FF, Cavalcanti MGP. Accuracy and reliability of linear measurements using 3-dimensional computed tomographic imaging software for Le Fort I Osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014 Mar;52(3):258–63.
35. Chrcanovic BR, Bueno SC, da Silveira DT, Custódio ALN. Traumatic displacement of maxillary permanent incisor into the nasal cavity. *Oral Maxillofac Surg.* 2010 Sep;14(3):175–82.
36. Dölekoğlu S, Fişekçioğlu E, Ilgüy D, Ilgüy M, Bayirli G. Diagnosis of jaw and dentoalveolar fractures in a traumatized patient with cone beam computed tomography. *Dent Traumatol.* 2010 Apr;26(2):200–3.
37. Nyárády Z, Orsi E, Nagy K, Olasz L, Nyárády J. Transgingival lag-screw osteosynthesis of alveolar process fracture. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Aug;39(8):779–82.
38. Shinohara EH, Vieira EH, Júnior IRG, Pires-Soubhia AM, Martini MZ. Atypical dento-alveolar fracture fixed with screws: a technical note. *Dent Traumatol.* 2010 Aug;26(4):351–2.
39. Berrezouga L, Kammoun D, Bhourri L, Ben Alaya T, Belkhir MS. Treatment of multiple traumatized anterior teeth associated with an alveolar bone fracture in a 15-year-old schoolboy: a 2.5-year follow up. *Dent Traumatol.* 2011 Apr;27(2):147–51.
40. Li Z, Hu T-Q, Li Z-B. Open reduction by vestibular approach in the treatment of segmental alveolar fracture. *Dent Traumatol.* 2012 Dec;28(6):470–3.

41. Yonezawa H, Yanamoto S, Hoshino T, Yamada S-I, Fujiwara T, Umeda M. Management of maxillary alveolar bone fracture and severely intruded maxillary central incisor: report of a case. *Dent Traumatol*. 2013 Oct;29(5):416–9.
42. Chrcanovic BR. Teeth in the line of mandibular fractures. *Oral Maxillofac Surg*. 2014 Mar;18(1):7–24.
43. Kondo K, Masuda I, Fukai S, Kaneko T, Horie N, Shimoyama T. Replantation of avulsed teeth using the 180-degree rotation method and a vacuum-formed splint in mixed dentition: a case report. *J Oral Sci*. 2014 Sep;56(3):231–4.
44. Honório HM, de Alencar CRB, Pereira Júnior ES, de Oliveira DSB, de Oliveira GC, Rios D. Posttraumatic displacement management: lateral luxation and alveolar bone fracture in young permanent teeth with 5 years of follow-up. *Case Rep Dent*. 2015;2015:634237./
45. Gassner R, Bösch R, Tuli T, Emshoff R. Prevalence of dental trauma in 6000 patients with facial injuries: implications for prevention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Jan;87(1):27–33.
46. Gerds TA, Lauridsen E, Ahrensburg SS, Andreasen JO. The dental trauma internet calculator. *Dent Traumatol*. 2012 Oct;28(5):351–7.
47. Yamamoto K, Matsusue Y, Horita S, Murakami K, Sugiura T, Kirita T. Maxillofacial fractures in children. *J Craniofac Surg*. 2013 Jan;24(1):153–7.
48. Motamedi MHK, Dadgar E, Ebrahimi A, Shirani G, Haghighat A, Jamalpour MR. Pattern of maxillofacial fractures: a 5-year analysis of 8,818 patients. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014 Oct;77(4):630–4.
49. Kamburoğlu K, Önder B, Murat S, Avsever H, Yüksel S, Paksoy C. Radiographic detection of artificially created horizontal root fracture using different cone beam CT units with small fields of view. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013 Apr;42(4):20120261.
50. Eskandarlou A, Poorolajal J, Talaeipour AR, Talebi S, Talaeipour M. Comparison between cone beam computed tomography and multislice computed tomography in diagnostic accuracy of maxillofacial fractures in dried human skull: an in vitro study. *Dent Traumatol*. 2014 Apr;30(2):162–8

51. Salineiro FCS, Pinheiro LR, dos Santos Júnior O, Cavalcanti MGP. Detection of horizontal root fracture using four different protocols of cone-beam computed tomography. *Braz Oral Res.* 2015;29(1):1–6.
52. Uzun I, Gunduz K, Celenk P, Avsever H, Orhan K, Canitez G, et al. Comparing the effect of different voxel resolutions for assessment of vertical root fracture of permanent teeth. *Iran J Radiol.* 2015 Jul;12(3):e18290.
53. Özer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod.* 2011 Jan;37(1):75–9.
54. Junqueira RB, Verner FS, Campos CN, Devito KL, do Carmo AMR. Detection of vertical root fractures in the presence of intracanal metallic post: a comparison between periapical radiography and cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2013 Dec;39(12):1620–4.
55. da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HLD, Montagner F, da Silveira HED. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an in vitro analysis. *Dent Traumatol.* 2013 Feb;29(1):41–6.
56. Costa FF, Pinheiro LR, Umetsubo OS, dos Santos O, Gaia BF, Cavalcanti MGP. Influence of cone-beam computed tomographic scan mode for detection of horizontal root fracture. *J Endod.* 2014 Sep;40(9):1472–6.
57. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005 Oct;100(4):395–7.
58. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MH, Ramos Fernandes LMPS, Camargo EJ, de Moraes IG, et al. The influence of cone-beam computed tomography and periapical radiographic evaluation on the assessment of periapical bone destruction in dog's teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011 Aug;112(2):272–9.
59. Chen I, Karabucak B, Wang C, Wang H-G, Koyama E, Kohli MR, et al. Healing after root-end microsurgery by using mineral trioxide aggregate and a new calcium silicate-based bioceramic material as root-end filling materials in dogs. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):389–99.

60. Fienitz T, Schwarz F, Ritter L, Dreiseidler T, Becker J, Rothamel D. Accuracy of cone beam computed tomography in assessing peri-implant bone defect regeneration: a histologically controlled study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Jul;23(7):882–7.
61. Golubovic V, Mihatovic I, Becker J, Schwarz F. Accuracy of cone-beam computed tomography to assess the configuration and extent of ligature-induced peri-implantitis defects. A pilot study. *Oral Maxillofac Surg.* 2012 Dec;16(4):349–54.
62. Huang Y, Van Dessel J, Liang X, Depypere M, Zhong W, Ma G, et al. Effects of immediate and delayed loading on peri-implant trabecular structures: a cone beam CT evaluation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014 Dec;16(6):873–83.
63. Paradas-Lara I, Casado-Gómez I, Martín C, Martínez-Sanz E, López-Gordillo Y, González P, et al. Maxillary growth in a congenital cleft palate canine model for surgical research. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014 Jan;42(1):13–21.
64. Pinheiro LR, Scarfe WC, Augusto de Oliveira Sales M, Gaia BF, Cortes ARG, Cavalcanti MG. Effect of cone-beam computed tomography field of view and acquisition frame on the detection of chemically simulated peri-implant bone loss in vitro. *J Periodontol.* 2015 Oct;86(10):1159–65.
65. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod.* 2009 May;35(5):719–22.
66. Wenzel A, Kirkevang L-L. High resolution charge-coupled device sensor vs. medium resolution photostimulable phosphor plate digital receptors for detection of root fractures in vitro. *Dent Traumatol.* 2005 Feb;21(1):32–6.
67. Gaia BF, Pinheiro LR, Umetsubo OS, Costa FF, Cavalcanti MGP. Comparison of precision and accuracy of linear measurements performed by two different imaging software programs and obtained from 3D-CBCT images for Le Fort I osteotomy. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(5):20120178.
68. Wood R, Sun Z, Chaudhry J, Tee BC, Kim D-G, Leblebicioglu B, et al. Factors affecting the accuracy of buccal alveolar bone height measurements from cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013 Mar;143(3):353–63.

69. Burkhard JPM, Dietrich AD, Jacobsen C, Roos M, Lübbers H-T, Obwegeser JA. Cephalometric and three-dimensional assessment of the posterior airway space and imaging software reliability analysis before and after orthognathic surgery. *J Craniomaxillofac Surg*. 2014 Oct;42(7):1428–36.
70. Valeri G, Mazza FA, Maggi S, Aramini D, La Riccia L, Mazzoni G, et al. Open source software in a practical approach for post processing of radiologic images. *Radiol Med*. 2015 Mar;120(3):309–23.
71. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159–74.
72. Kamburoğlu K, Murat S, Pehlivan SY. The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dent Traumatol*. 2010 Feb;26(1):47–51.
73. Kiyokawa K, Kiyokawa M, Takagi M, Rikimaru H, Fukaya T. New regenerative treatment for tooth and periodontal bone defect associated with posttraumatic alveolar bone crush fracture. *J Craniofac Surg*. 2009 May;20(3):780–3.
74. Miller SA, Miller G. Use of evidence-based decision-making in private practice for emergency treatment of dental trauma: EB case report. *J Evid Based Dent Pract*. 2010 Sep;10(3):135–46.
75. Patel PB, Stanton DC, Granquist EJ. Common dental and orofacial trauma: evaluation and management. *Med Clin North Am*. 2014 Nov;98(6):1261–79.
76. Cvek M, Andreasen JO, Borum MK. Healing of 208 intra-alveolar root fractures in patients aged 7-17 years. *Dent Traumatol*. 2001 Apr;17(2):53–62.
77. May JJ, Cohenca N, Peters OA. Contemporary management of horizontal root fractures to the permanent dentition: diagnosis--radiologic assessment to include cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2013 Mar;39(3 Suppl):S20–5.
78. Bechara B, McMahan CA, Noujeim M, Faddoul T, Moore WS, Teixeira FB, et al. Comparison of cone beam CT scans with enhanced photostimulated phosphor plate images in the detection of root fracture of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013 Jul;42(7):20120404.

79. Jones D, Mannocci F, Andiappan M, Brown J, Patel S. The effect of alteration of the exposure parameters of a cone-beam computed tomographic scan on the diagnosis of simulated horizontal root fractures. *J Endod*. 2015 Apr;41(4):520–5.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética para o Uso de Animais.

Fundada em 1900
"Em constante busca da excelência"

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Comissão de Ética no Uso de Animais
Tel. (11) 3091 7842
ceuafo@usp.br

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo CEUA/FOUSP N° 011/2015 referente ao projeto intitulado: **"Avaliação de fraturas dento-alveolares em maxilas caninas através de tomografia computadorizadas por feixe cônico utilizando um programa de código aberto: Desktop versus Tablets"** sob a responsabilidade de execução dos autores **Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraiso Cavalcanti** e das alunas **Fernanda Cristina Sales Salineiro e Solange Kobayashi Velasco**, foi analisado na presente data e considerado isento de análise da CEUA por utilizar material de origem animal da espécie canina, proveniente de outro protocolo: acervo da disciplina de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária.

São Paulo, 04 de maio de 2015.

Prof. Dr. Victor Elias Arana-Chavez
Presidente da CEUA/FOUSP