



Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Odontologia de Araraquara

Paula Aparecida Nakazone

*Emprego da tomografia computadorizada de feixe cônico na
análise de alterações periapicais de origem endodôntica in vivo,
e na instrumentação de canais radiculares in vitro.*

Araraquara

2010



Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Faculdade de Odontologia de Araraquara

Paula Aparecida Nakazone

*Emprego da tomografia computadorizada de feixe cônico na
análise de alterações periapicais de origem endodôntica in vivo,
e na instrumentação de canais radiculares in vitro.*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Endodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gonçalves

Araraquara

2010

PAULA APARECIDA NAKAZONE

**EMPREGO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO NA
ANÁLISE DE ALTERAÇÕES PERIAPICAIS DE ORIGEM ENDODÔNTICA IN
VIVO, E NA INSTRUMENTAÇÃO DE CANAIS RADICULARES IN VITRO.**

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientador:	Prof. Dr. Marcelo Gonçalves
2º Examinador:	Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho
3º Examinador:	Prof ^a . Dr ^a . Mariza Akemi Matsumoto

Araraquara, 26 de março de 2010.

Nakazone, Paula Aparecida.

Emprego da tomografia computadorizada de feixe cônico na análise de alterações periapicais de origem endodôntica in vivo, e na instrumentação de canais radiculares in vitro / Paula Aparecida Nakazone . – Araraquara: [s.n.], 2010.

125 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia

Orientador : Prof. Dr. Marcelo Gonçalves

1. Tomografia 2. Radiografia dentária 3. Endodontia 4.
Reabsorção óssea I. Título

Dados Curriculares

Paula Aparecida Nakazone

Nascimento	17 de Junho de 1981. São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil.
Filiação	Marco Antônio Nakazone Sueli Kiyoko Higa Nakazone
2001 – 2004	Curso de Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia de Araraquara “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr - UNESP).
2005 – 2005	Estágio de Atualização em Endodontia na Faculdade de Odontologia de Araraquara “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr - UNESP).
2005 – 2007	Curso de Especialização em Endodontia na Fundação Araraquarense de Ensino e Pesquisa em Odontologia (FAEPO).
2008 – 2010	Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Endodontia, nível Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr - UNESP).
Associações	SBPqO – Sociedade Brasileira de Pesquisa em Odontologia.

Dedicatória

A Deus,

Constante presença em minha vida, nos momentos de alegria e de dificuldade,

permitindo-me o dom da vida.

Agradeço pelas bênçãos diárias, proteção e saúde.

Aos meus pais Marco Antônio e Sueli

Responsáveis diretos por essa conquista. Agradeço por me dar a vida e me

ensinar a vivê-la, sempre iluminando meus caminhos obscuros com muito amor e

dedicação, para que eu seguisse sem medo e com esperanças.

Não tenho palavras para agradecer-lós.

Amo muito vocês!

Dedicatória Especial

A Silmara Lopes Guimarães por ser incrivelmente especial!

Agradeço pelo exemplo de vida e força.

*“Tem gente que tem cheiro
de passarinho quando canta,
de sol quando acorda,
de flor quando ri.*

*Do lado delas,
a gente se sente no balanço de uma rede
que dança gostoso numa tarde grande,
sem relógio e sem agenda.*

*Do lado delas,
a gente se sente comendo pipoca na praça,
lambuzando o queixo de sorvete,
melando os dedos com algodão doce
da cor mais doce que tem pra escolher.*

*O tempo é outro.
E a vida fica com a cara que ela tem de verdade,
mas que a gente desaprende de ver.*

Tem gente que tem cheiro

*de colo de Deus,
de banho de mar
quando a água é quente e o céu é azul.*

*Do lado delas,
a gente sabe que os anjos existem e que alguns são invisíveis.*

*Do lado delas,
a gente se sente chegando em casa e trocando o salto pelo chineló,
sonhando a maior tolice do mundo
com o gozo de quem não liga pra isso.*

*Do lado delas,
pode ser abril,
mas parece manhã de Natal,
do tempo em que a gente acordava
e encontrava o presente do Papai Noel.*

*Tem gente que tem cheiro
das estrelas que Deus acendeu no céu
e daquelas que conseguimos acender na Terra.*

*Do lado delas,
a gente não acha que o amor é possível,
a gente tem certeza.*

*Do lado delas,
a gente se sente visitando um lugar feito de alegria,
recebendo um buquê de carinhos,
abraçando um filhote de urso panda,*

tocando com os olhos os olhos da paz.

*Ao lado delas,
saboreamos a delícia do toque suave
que sua presença sopra no nosso coração.*

*Tem gente que tem cheiro
de café sem pressa,
do brinquedo que a gente não largava,
do acalanto que o silêncio canta,
de passeio no jardim.*

*Ao lado delas,
a gente percebe que a sensualidade
é um perfume que vem de dentro
e que a atração que realmente nos move
não passa só pelo corpo.
Corre em outras veias.
Pulsa em outro lugar.*

*Ao lado delas,
a gente lembra que no instante em que rimos
Deus está conosco, juntinho, ao nosso lado.
E a gente ri grande que nem menino arteiro.*

*Tem gente como você,
que nem percebe como tem a alma perfumada
e que esse perfume é dom de Deus. ”*

Carlos Drummond de Andrade

Agradecimentos Especiais

*Ao Rogério Lopes Guimarães pelo amor, amizade, carinho,
confiança, respeito e paciência. Sua presença em minha vida, foi, é e para sempre
será, fundamental para que todos os meus sonhos se realizem.*

"Eu te amo! "Dddd e pra sempre ..."

∞

"Amo como ama o amor.

*Não conheço nenhuma outra razão para amar senão amar. Que queres que te
diga, além de que te amo, se o que quero dizer-te é que te amo?"*

Fernando Pessoa

Aos meus irmãos Marcus Vinícius e Patrícia.

Agradeço à vocês pelo amor, carinho, apoio e paciência... muita paciência!

Amo muito vocês!!!

*Às minhas avós, **Benedicta e Takeco**, exemplos de dedicação.*

Agradeço pelo carinho e incentivo.

Amo vocês!

*A todos os **meus familiares** pelos momentos que sempre compartilhamos.*

*A **Elisa Junqueira Oliveira** pelo carinho e momentos de alegria*

em família.

*A **Família Guimarães**, exemplo de amor, fé e união.*

Agradeço pelo enorme carinho e, principalmente, por me permitirem fazer parte

dessa maravilhosa família.

*Agradeço, em especial, à **Karina Lopes Guimarães** pelo exemplo de*

amor e dedicação.

Amo todos vocês!

À Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho pela paciência nas orientações durante a realização de todos trabalhos e também durante todo o curso.

Agradeço pelo incentivo, pela confiança depositada em mim, e sobretudo pelas constantes oportunidades. Pelo exemplo de profissionalismo e ética.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender a compreender as motivações dos homens, sua quimeras e suas angústias, para determinar com exatidão seu lugar preciso em relação aos seus próximos e à comunidade ”

Albert Einstein

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Gonçalves pela

orientação, suporte e amizade.

A Profa. Dra. Juliane Maria Guerreiro Tanomaru

pela amizade e suporte. Agradeço pela contribuição e orientação constantes.

Aos professores da Disciplina de Endodontia da Faculdade de

Odontologia de Araraquara: Idomeo Bonetti Filho, Renato de

Toledo Leonardo, Fábio Luiz Camargo Villela Berbert,

Roberto Miranda Esberard, José Milton Carlos Kuga e

Gisele Faria por toda a contribuição em minha formação profissional, além

da amizade e incentivo.

A Gabriela Giro exemplo de dedicação e conquista.

Agradeço pela amizade, carinho, apoio e incentivo.

“Amigos são aquelas pessoas de quem cuidamos e nos lembramos com um sorriso.

São aquelas pessoas que tocam uma à vida da outra e tornam-se parte delas...

aquelas que aprendem a compartilhar uma a felicidade da outra, nos seus mais profundos segredos, e em seus mais profundos sonhos... Uma amizade verdadeira

não simplesmente acontece... leva tempo para se construir a confiança e o respeito que fazem da amizade um relacionamento único! Amigos são aquelas pessoas que

tocam uma o coração e a vida da outra, as fazendo brilhar e tornando-as mais

felizes até o fim...”

Aos meus maiores amigos e companheiros do curso de mestrado, Geraldine

Faccio da Silveira e Santiago Massi, pela amizade e por todos

os momentos compartilhados...

Aos meus amigos de Pós-Graduação em Odontologia -

Área de Endodontia - Nível Mestrado: Ana

Carolina, Naiana, Renata, Roberta, Ana Livia,

Carolina, Roberta e Gisselle.

Aos meus amigos de Pós-Graduação em Odontologia -

Área de Endodontia - Nível Doutorado:

Regina, Sérgio, Arnaldo, Rodrigo, Guilherme,

Adriana, Érica, Loise e Raquel.

Agradeço por todos os momentos que compartilhamos...

Muitos de alegria, alguns de compreensão e outros de tensão...

Mas que ficarão para sempre na história de nossas vidas!

Aos meus amigos de Pós-Graduação em Odontologia -

Área de Periodontia - Níveis Mestrado e

Doutorado, pela amizade e pelos momentos compartilhados.

A todos os amigos que conquistei durante toda a minha vida.

Aos constantemente presentes e também àqueles que, por algum motivo, não podem

ser / estar. Agradeço por todos os momentos compartilhados e pelos que não ser!

Ao Prof. Paulo Domingos André Bolini e ao

Marcelo Brito Conte, do Departamento de Morfologia -

Disciplina de Anatomia, pela receptividade, amizade e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia

Restauradora: Creusa, Conceição, Diva, Dona

*Cida, Marinho e Neli pela atenção, solidariedade, amizade, carinho
e convivência.*

*Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de
Odontologia de Araraquara, pela orientação e disponibilidade.*

*Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da
Faculdade de Odontologia de Araraquara, pela amizade,
receptividade, disponibilidade, pelos serviços prestados e sobretudo, pela enorme
paciência.*

*À Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico
e Pesquisa (CNPq) pela bolsa de estudos concedida.*

*A Faculdade de Odontologia de Araraquara da
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita
Filho", representada por seu diretor José Cláudio Martins Segalla.*

*A todos aqueles que de alguma forma colaboraram com minha formação e
com a realização deste trabalho.*

Sumário

Resumo.....	18
Abstract.....	22
Introdução.....	26
Objetivo.....	33
Capítulo 1.....	36
Capítulo 2.....	55
Capítulo 3.....	81
Discussão.....	107
Conclusão.....	113
Referências.....	115



Resumo

Nakazone PA. Emprego da tomografia computadorizada de feixe cônico na análise de alterações periapicais de origem endodôntica in vivo, e na instrumentação de canais radiculares in vitro [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2010.

Resumo

A radiografia periapical convencional é o método mais utilizado na detecção e controle de lesões periapicais após o tratamento endodôntico. Atualmente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido amplamente utilizada, não apenas para uso clínico como também para fins de pesquisa. Diferentes metodologias têm sido descritas com o propósito de avaliar a instrumentação dos canais radiculares. Em associação aos avanços nos softwares de imagem, a TCFC tem se mostrado importante no desenvolvimento de métodos de avaliação, especialmente na área de Endodontia, como por exemplo, para avaliações do preparo do canal radicular e do reparo periapical após o tratamento endodôntico. No entanto, a fim de se obter métodos de avaliação comparativa mais criteriosos, e que possibilitem o uso da técnica de subtração digital (SD), torna-se importante a padronização das imagens.

Na primeira parte deste estudo foi realizada a avaliação comparativa da mensuração da lesão periapical por dois métodos: a tomografia computadorizada com aquisição volumétrica (de feixe cônico) e a

radiografia periapical digitalizada, nos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). Os dados obtidos para as mensurações radiográficas e tomográficas foram submetidas aos testes T Pareado e ANOVA, com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que as medidas obtidas nos métodos, radiográfico e tomográfico, foram semelhantes em ambos os períodos avaliados, demonstrando redução significativa da área de lesão aos três meses de preservação ($p < 0,05$) e de forma semelhante nos dois métodos de avaliação ($p > 0,05$). A partir dos resultados pode-se concluir que os métodos de avaliação por imagem, radiográfico e tomográfico, evidenciaram a regressão de lesões periapicais, três meses após o tratamento endodôntico, além de terem proporcionado mensurações semelhantes das mesmas.

Nas seguintes partes deste estudo foram propostas técnicas de padronização de imagens obtidas a partir de tomografias computadorizadas com aquisição volumétrica ou de feixe cônico (TCFC). Ambas as técnicas utilizam o software Xoran (Xoran Technologies – Ann Arbor – Michigan – EUA) para a padronização destas imagens, tornando possível a posterior avaliação comparativa, por meio da técnica de subtração tomográfica, com o software Adobe Photoshop CS4. Uma delas, descrita no Capítulo 2, é proposta em dentes humanos extraídos para a avaliação do preparo de canais radiculares in vitro. A outra, apresentada no Capítulo 3, é destinada à avaliação de lesões periapicais

in vivo, sendo obtida a padronização por meio do alinhamento das imagens, baseando-se em pontos craniométricos universalmente conhecidos e descritos na literatura. Para isso, foram utilizados dentes anteriores, superiores e inferiores, apresentando necrose pulpar e lesão periapical crônica visível radiograficamente. Estes elementos foram submetidos ao tratamento endodôntico seguido de exames por radiografia periapical convencional e TCFC nos períodos: final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). A técnica é descrita empregando-se as imagens padronizadas dos cortes transversais selecionados nos períodos (T0) e (T1), sobrepondo-as por meio da técnica de subtração digital, e obtendo-se nova imagem, representante da alteração/reparo da lesão periapical.

Ao final, de acordo com os estudos dos capítulos, segundo e terceiro, podemos concluir que a subtração tomográfica, utilizando-se o software Adobe Photoshop CS4, pode ser empregada, não somente para a avaliação do reparo periapical como também para outras avaliações comparativas de alterações, em diferentes estruturas anatômicas in vivo, além de poder ser aplicada em estudos in vitro, como por exemplo, na avaliação da instrumentação de canais radiculares .

Palavras-chave: tomografia, radiografia dentária, endodontia, reabsorção óssea.



Abstract

Nakazone PA. Use of cone beam computed tomography in periapical bone changes and root canal instrumentation analysis. [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2010.

Abstract

Periapical conventional radiography is the most used method in detection and control of periapical lesions after endodontic treatment. Actually, cone beam computed tomography (CBCT) has been widely used, not only for clinical use as also for research ends. Different methods have been described with the proposal of evaluate root canal instrumentation. In association to image software development CBCT has revealed to be important in the evaluation methods development, especially in Endodontics, for example, in the evaluation of root canal preparation and in the evaluation of periapical repair after endodontic treatment. However, in order to obtain more criterious comparative evaluation methods, which enable the use of radiographic subtraction technique, images standardization becomes important.

In the first part of this study, a comparative evaluation of periapical lesion measurement was realized by two methods: volumetric acquisition computed tomography (cone beam) and periapical digitalized radiography, in the periods at the end of endodontic treatment (T0) and at three months of follow up (T1). Data obtained were submitted to T and ANOVA tests, with 5% of significance. The results showed that the

measurements obtained in radiographic and tomographic methods were similar in both of evaluated periods demonstrating significant decrease of lesion area after three months ($p < 0,05$) and similarly in these two evaluation methods. From the results is concluded that radiographic and tomographic evaluation methods showed the regression of periapical lesions, at three months of follow up period (T1), providing similar measurements.

In the following parts of this study, standardization techniques for images obtained from volumetric acquisition computed tomography or cone beam (CBCT) were proposed. Both the techniques used the Xoran software (Xoran Technologies – Ann Arbor – Michigan/USA) for these images standardization, enabling further comparative evaluation by tomographic software subtraction technique, using Adobe Photoshop CS4. One of these techniques, described in Chapter 02, is proposed in extracted human teeth for the evaluation of root canal preparation in vitro. The other one, presented in Chapter 03, is designed for periapical lesions evaluation, obtaining the standardization by images previous alignment based on craniometrics points, universally known and described in literature. Anterior teeth with pulp necrosis and chronic periapical lesion radiographically visible were submitted to endodontic treatment followed by radiographic and tomographic exams in the periods: at the end of endodontic treatment (T0) and at three months of follow up (T1). This technique is described using standardized images

of selected cross sections in periods (T0) e (T1), overlapping them and obtaining a new image representing the change/repair of periapical lesion by digital subtraction technique.

Finally, according to the studies of the second and third chapters, is concluded that tomographic subtraction, using Adobe Photoshop CS4 software, can be used for periapical repair evaluation and also for comparative evaluations in different anatomical structures changes in vivo, in addition to being applied to in vitro studies, as in the evaluation of root canal instrumentation.

Keywords: Tomography, Dental Radiography, Endodontic, Bone resorption.



Introdução

Introdução

O método de diagnóstico por imagem mais comum e amplamente utilizado é a radiografia convencional. É um método de baixo custo, rápido e simples, e que pode ser realizado por qualquer profissional não especializado. Porém, dentre suas desvantagens, está a de projetar a imagem do objeto em um único plano e dessa forma, apresenta limitações para a adequada interpretação da imagem. Atualmente, outros métodos de diagnóstico por imagem estão disponíveis, principalmente aqueles que proporcionam imagens tridimensionais, como por exemplo, a tomografia computadorizada que é bastante requisitada na área médica e cada vez mais utilizada nas diversas áreas da Odontologia.

A Tomografia Computadorizada (TC) é um método de diagnóstico por imagem que reproduz secções (fatias) da área/região escaneada, nos três planos (axial, sagital e coronal), possibilitando a análise tridimensional e em alta definição das estruturas anatômicas, principalmente as mineralizadas.

O primeiro aparelho de TC foi desenvolvido em 1967, pelo engenheiro inglês Godfrey N. Hounsfield juntamente com o físico norte-americano Comark, e possibilitava apenas a análise da cabeça do paciente, consumindo 4,5 minutos para escaneamento e mais 1,5 minutos para reconstrução da imagem no computador ¹¹. Estes aparelhos de TC utilizavam um único elemento detector para capturar um feixe de raios-x,

o qual era deslocado horizontalmente para adquirir a próxima linha inteira. O primeiro aparelho de TC comercializado foi introduzido em 1972 e pertenceu a esta geração. A segunda geração de aparelhos de TC foi introduzida em 1975. Estes aparelhos, também conhecidos como aparelhos híbridos, utilizavam mais de um detector e um feixe de raios-x em forma de leque. A qualidade de imagem era pobre devido aos artefatos causados pela movimentação do paciente em função da quantidade de tempo necessária para a aquisição da imagem ²⁶.

A terceira geração de aparelhos de TC apareceu em 1976 e são os mais utilizados atualmente. Estes aparelhos utilizam um grande detector em forma de arco que adquire uma projeção inteira sem a necessidade de deslocamento. A quarta geração de aparelhos brevemente seguiu a terceira geração, substituindo o detector em forma de arco por um círculo inteiro de detectores. Desde que esta geração de aparelhos tende a ser mais cara e a sofrer de maiores níveis de dispersão, a maioria dos aparelhos de TC disponíveis comercialmente são de terceira geração ²⁶.

A alta resolução da imagem de TC ocorre em função do poder de contraste da técnica, já que pequenas diferenças da densidade tecidual podem ser traduzidas em 5000 tons de cinza em cada pixel. Os aparelhos atuais reconhecem diferenças de densidade de menos de 0,5%, enquanto as técnicas radiográficas convencionais detectam desigualdades de 10% ²⁰. Ainda, a natureza digital da TC permite

melhoras na qualidade da imagem por meio da computação gráfica, e apresenta fator de magnificação nulo, ou seja, a imagem em TC reproduz o tamanho real do objeto escaneado ².

As imagens originais na tomografia computadorizada tradicional são usualmente obtidas no sentido axial. O computador, por meio de um recurso presente nos softwares dos tomógrafos, denominado reconstrução multi-planar, é capaz de reconstruir os cortes axiais originais, obtendo imagens em outros planos do espaço, como o coronal e o sagital, sem a necessidade de expor novamente o paciente à radiação ⁵.

A TC apresenta vantagens diagnósticas importantes, porém não foi tão requisitada na rotina odontológica por dois principais motivos: alto custo e dose de radiação. A dose de radiação recebida pelo paciente durante o exame é mais alta quando comparada as tomadas radiográficas convencionais. Dessa forma, é difícil estabelecer quantas vezes mais radiação este exame libera em relação às radiografias convencionais, já que a dose de radiação da TC varia de acordo com a área escaneada, com a espessura do corte, com os ajustes do aparelho (quilovoltagem e miliamperagem) e com o tipo de aparelho de TC.

No final da década de 90, ocorreram os primeiros relatos da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Em 1998, Mozzo et al. ¹⁷, da Universidade de Verona, apresentaram os resultados preliminares de um novo aparelho de TC volumétrica destinado a

Odontologia, particularmente para o planejamento cirúrgico na área de Implantodontia, e baseado na técnica de um feixe em forma de cone ao invés do feixe em forma de leque existente na TC tradicional. Esta tecnologia utiliza raios-x muito mais eficientemente, requer bem menos energia elétrica, e permite o uso de componentes de raios-x menores e menos caros do que a tecnologia de feixe em forma de leque. Além do mais, a tecnologia de feixe em forma de leque não permite a miniaturização do aparelho, já que necessita de um espaço significativo para a trajetória helicoidal ao redor do corpo inteiro ²⁶.

Os estudos na área de validação da TC volumétrica para análises qualitativas e quantitativas mostraram alta acurácia de imagem, capaz de distinguir esmalte, dentina, cavidade pulpar e cortical alveolar.

A dose de radiação efetiva da tomografia computadorizada cone beam varia de acordo com a marca comercial do aparelho e com as especificações técnicas selecionadas durante a tomada (campo de visão, tempo de exposição, miliamperagem e quilovoltagem). Porém, de um modo geral, mostra-se significativamente reduzida em comparação à tomografia computadorizada tradicional ⁹. Quando comparadas as radiografias convencionais, a dose de radiação da TC de feixe cônico apresenta-se similar à do exame periapical de boca toda ⁹ ou equivalente a aproximadamente 4 a 15 vezes a dose de uma radiografia panorâmica.

Uma grande vantagem da TC odontológica é que os programas que executam a reconstrução computadorizada das imagens

podem ser instalados em computadores convencionais, e não necessitam de uma *Workstation* como a TC tradicional, apesar de ambos os exames serem armazenados na linguagem DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Assim, o profissional que possuir o software específico instalado em seu computador pessoal, poderá não somente manipular as imagens tridimensionais e apresentá-las ao paciente, como também imprimir as de maior importância e arquivá-las ao prontuário.

Os programas de TC de feixe cônico, não diferente da TC tradicional, permitem a reconstrução multi-planar do volume escaneado. Além disso, geram imagens bidimensionais que são réplicas das radiografias convencionais utilizadas em Odontologia, como por exemplo, a radiografia panorâmica e as telerradiografias em norma lateral e frontal (reconstrução multi-planar em volume). Sobretudo, o software ainda permite ao profissional, facilitar a visualização e análise das imagens, por meio de ferramentas que colore estruturas e/ou áreas de interesse (por exemplo, o canal mandibular) e realizam mensurações digitais lineares e angulares.

A Tomografia computadorizada (TC) é uma técnica que permite a representação tridimensional, não-destrutiva, da anatomia do canal radicular. Esta técnica oferece numerosas aplicações para pesquisas *in vitro* ²⁴, tais como a determinação do volume, raio de curvatura, transporte e deslocamento do longo eixo do canal radicular, e também para avaliações comparativas *in vivo*, como na preservação de

dentos endodonticamente tratados, demonstrando, nesses casos, possuir maior confiabilidade e acurácia do que a avaliação radiográfica ^{7, 21-22}.

No entanto, na busca de métodos comparativos de análise, possibilitando a utilização da técnica de subtração digital aliada as vantagens da TCFC, torna-se imprescindível a padronização prévia destas imagens. Desta forma, métodos que utilizem programas que proporcionem uma padronização para as imagens adquiridas de TCFC poderiam ser usados, de modo criterioso e científico, na pesquisa endodôntica, tanto para pesquisas in vitro quanto para avaliações comparativas in vivo.

Também, torna-se importante a avaliação comparativa dos métodos de avaliação por tomografia computadorizada com aquisição volumétrica (feixe cônico) e radiografia periapical digitalizada na determinação da extensão da lesão periapical analisada após o tratamento endodôntico.



Objetivo

Objetivo Geral

Estudar o emprego da tomografia computadorizada de feixe cônico em diferentes métodos de avaliação, especialmente na área de Endodontia.

Objetivos Específicos

Capítulo 01: Avaliar comparativamente a mensuração da lesão periapical por dois métodos: tomografia computadorizada com aquisição volumétrica (de feixe cônico) e a radiografia periapical digitalizada, nos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e aos três meses de preservação (T1).

Capítulo 02: Descrever uma técnica de padronização das imagens, de dentes humanos extraídos, obtidas a partir de tomografias computadorizadas com aquisição volumétrica, possibilitando a posterior avaliação do preparo de canais radiculares, por meio da técnica de subtração tomográfica, utilizando o software Adobe Photoshop CS4.

Capítulo 03: Descrever uma técnica de padronização das imagens, obtidas por meio de tomografias computadorizadas de feixe cônico, para a avaliação de alterações nas lesões periapicais, após o

tratamento endodôntico, por meio da técnica de subtração tomográfica, utilizando o software Adobe Photoshop CS4.



Capítulo 1

Tomografia computadorizada de feixe cônico *versus* radiografia periapical digitalizada: análise comparativa da mensuração e progressão de lesões periapicais.¹

Nakazone PA, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Gonçalves M.

¹O artigo será submetido para publicação no periódico **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics**.

Resumo

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente a mensuração da lesão periapical por dois métodos: tomografia computadorizada com aquisição volumétrica (de feixe cônico) e a radiografia periapical digitalizada, nos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). **Material e Método:** 11 dentes anteriores, superiores ou inferiores, apresentando necrose pulpar e lesão periapical crônica visível radiograficamente, foram submetidos ao tratamento endodôntico realizado em duas sessões, e posteriormente, aos exames radiográfico e tomográfico, aos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e aos três meses de preservação (T1). As áreas das lesões foram mensuradas, de maneira subjetiva, utilizando-se o software ImageTool em ambos os Períodos (T0) e (T1). Os dados obtidos para as mensurações radiográficas e tomográficas foram submetidos aos testes T Pareado e ANOVA, com nível de significância de 5%. **Resultados:** Os resultados mostraram que as medidas obtidas nos métodos, radiográfico e tomográfico, foram semelhantes em ambos os períodos avaliados ($p>0,05$). Os dois métodos de avaliação demonstraram redução significativa da área de lesão três meses após o tratamento endodôntico ($p<0,05$), com regressão semelhante das alterações ósseas periapicais em ambos os métodos ($p>0,05$). **Conclusão:** A partir dos resultados

pode-se concluir que os métodos de avaliação por imagem, radiográfico e tomográfico, evidenciaram a regressão de lesões periapicais três meses após o tratamento endodôntico, e proporcionaram mensurações semelhantes das mesmas.

Introdução

A Periodontite Apical (PA) é conseqüente da infecção do sistema de canais radiculares, apresentando estágios progressivos da inflamação e mudanças na estrutura óssea periapical, resultando em reabsorção identificada como radiolucências nas radiografias (1-3).

O tratamento endodôntico visa o controle da infecção no sistema de canais radiculares, permitindo ou estimulando o reparo dos tecidos periapicais (4). A radiografia periapical convencional é o método mais usado na detecção de lesões periapicais e no controle após o tratamento endodôntico. Porém, a radiografia periapical pode apresentar dificuldade na observação e avaliação dessas lesões (5). Apesar do fato das radiografias periapicais proporcionarem detalhes aceitáveis no plano méso-distal, a observação de detalhes no plano vestibulo-lingual é limitada (6). Outras condições, tais como variações morfológicas apicais, densidade óssea circundante, angulações do feixe de raios-x, e

contraste radiográfico, também influenciam a interpretação radiográfica (7).

Bender (8) demonstrou que radiografias são limitadas na detecção e determinação da real extensão da lesão periapical. Para ser visível radiograficamente, uma radiolucência periapical deve alcançar aproximadamente 30%-50% da perda mineral óssea (9, 10).

Além de proporcionar informações tridimensionais, a tomografia computadorizada (TC) promove uma melhor observação das estruturas ósseas e a relação destas com estruturas anatômicas adjacentes (3, 11, 12). Porém, apresenta desvantagens, tais como, o tamanho do aparelho, o alto custo do aparelho e do exame, o tempo de duração do exame, a dose de radiação, e a produção de artefatos, que dificultavam sua aplicabilidade na Odontologia.

Com o surgimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), minimizando as desvantagens apresentadas pela TC convencional, apresentando custo, tempo de duração do exame e dose de radiação menores, este tipo de exame passou a ser empregado nas diversas áreas da Odontologia. A avaliação do reparo periapical utilizando-se a TCFC na preservação de dentes endodonticamente tratados tem apresentado maior confiabilidade que a avaliação radiográfica (3, 13, 14).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar a extensão da lesão periapical analisada por dois métodos de avaliação por imagem: a tomografia computadorizada com aquisição volumétrica (feixe cônico) e a radiografia periapical digitalizada, nos períodos: final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1).

Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram selecionados pacientes, da Clínica de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, independente de idade e gênero, que possuíam dentes anteriores superiores e/ou inferiores, apresentando-se sem vitalidade pulpar e com lesão periapical crônica visível radiograficamente. Os 11 elementos dentais participantes da pesquisa foram submetidos ao tratamento endodôntico, realizado em duas sessões, com a utilização de curativo de demora à base de Hidróxido de Cálcio (Calen PMCC - SS White, Rio de Janeiro, RJ – Brasil) entre as mesmas. Ao final do tratamento endodôntico, estes pacientes foram submetidos aos exames por radiografia periapical convencional e tomografia computadorizada com aquisição volumétrica.

O exame radiográfico periapical convencional foi realizado no aparelho de raios-x GE 1000 (General Electric, Milwaukee,

Wisconsin – EUA) ajustado em 90 quilovolts, 10 miliampéres, distância foco-filme fixa de 40 centímetros fornecida pelo posicionador, e 12 impulsos do aparelho (equivalente a um tempo de exposição de 0,2 segundos). Para a realização deste exame foram utilizados filmes radiográficos Insight (Eastman Kodak Company – Rochester, New York, EUA), de sensibilidade F, contendo duas películas em seu interior, e um posicionador para filmes radiográficos, modelo Rinn XCP (Rinn Corp, Elgin, Illinois). Os filmes periapicais foram processados, automaticamente, na processadora Dent-X 9000 (Dent-X – Film Processor), em câmara escura, com o tempo total de 5 minutos. Em seguida, as radiografias periapicais foram digitalizadas em scanner digital de mesa, modelo SnapScan 1236s (Agfa, Gevaert N.V., Woburn – EUA), com resolução de 2400 dpi. As imagens digitalizadas foram arquivadas em formato JPEG, com nível de compressão 12.

A aquisição das imagens tomográficas foi realizada no aparelho de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) i-Cat (Imaging Sciences International Inc., Hatfield , Penssylvania - U.S.A.). Cada paciente foi submetido a uma exposição volumétrica da arcada, sendo em seguida, o dente associado à rarefação óssea periapical, disposto nos três planos de observação (axial, sagital e coronal). Foram obtidas imagens seqüenciais com 0,3 milímetros de espessura, no plano axial. Obtidas as imagens no

eixo axial, estas foram transportadas para os outros dois eixos por meio da reconstrução multi-planar disponível como ferramenta de trabalho no software de gerenciamento do aparelho. Este procedimento permitiu aos pesquisadores promover uma visão tridimensional dos dentes e suas respectivas lesões periapicais.

O software Xoran (Xoran Technologies, Ann Arbor, Michigan - EUA) foi utilizado para a análise dos exames de TCFC e posterior obtenção dos cortes transversais do elemento dental e sua respectiva lesão periapical. Por meio da função *print screen* do computador, a imagem da tela foi “copiada”, e em seguida, “colada” no software Paint versão 5.1 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington - EUA), onde foi salva em formato Bitmap (BMP). No software Adobe Photoshop CS4, esta imagem foi aberta e, apenas a imagem da secção transversal que apresentava a maior área de lesão periapical, foi recortada e salva em formato BMP.

As análises das radiografias periapicais digitalizadas e das tomografias computadorizadas volumétricas foram realizadas por dois examinadores previamente calibrados, sendo usada a média das medidas obtidas para cada caso. A calibração prévia destes examinadores foi obtida a partir da avaliação de imagens radiográficas digitalizadas com as técnicas, periapical e tomográfica, nas condições e resoluções empregadas nesse estudo. Os resultados dos avaliadores foram analisados pelo teste

de correlação de Pearson, realizado por meio do programa Microsoft Excel 9.0 (Microsoft Corp., Redmond, WA - EUA), demonstrando um elevado grau de associação entre as duas medidas, mostrando a padronização dos examinadores.

O software Image Tool (University of Texas Health Science Center, San Antonio, Texas - EUA) foi utilizado para a mensuração das áreas das lesões periapicais, nas imagens, radiográficas (Figuras 1 A e A') e tomográficas (Figuras 1 B e B'), aos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). Em cada imagem, por meio da opção *calibração*, selecionada barra de ferramentas do programa, um segmento foi traçado do ápice radiográfico até a borda incisal do elemento dental, definindo o comprimento real do dente (CRD), em milímetros. Em seguida, por meio da opção *área*, selecionada na barra de ferramentas, a área visualizada da lesão periapical foi circunscrita, com o auxílio do cursor, delimitando-se todo o seu bordo. Este procedimento nos forneceu o valor da área da lesão periapical, em milímetros quadrados. Os dados obtidos para as mensurações, radiográficas e tomográficas, foram submetidas aos testes T Pareado e ANOVA, com nível de significância de 5%.

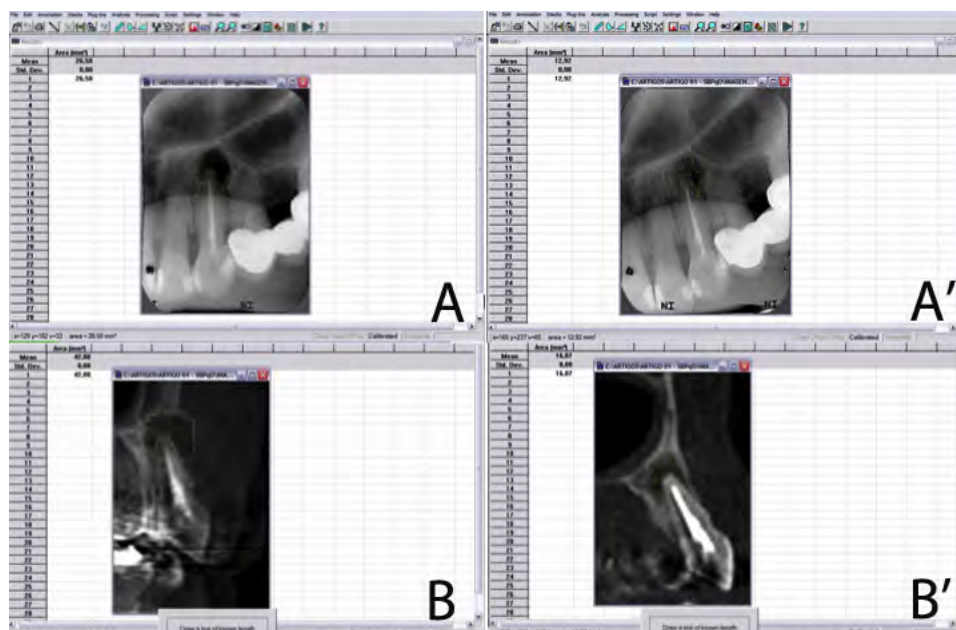


Figura 1. Imagens radiográficas e tomográficas da delimitação de lesões periapicais, de um mesmo elemento dental, aos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). A: Radiografia periapical digitalizada ao final do tratamento endodôntico (T0); A': Radiografia periapical digitalizada aos três meses de preservação (T1); B: TCFC ao final do tratamento endodôntico (T0); e B': TCFC aos três meses de preservação (T1).

Resultados

Os resultados expressos na Tabela I, não mostraram diferença significativa entre as medidas obtidas com os métodos radiográfico e tomográfico nos dois períodos avaliados, ao final do tratamento endodôntico (T0) e aos três meses de preservação (T1).

O teste T pareado foi utilizado para comparação das medidas aos períodos (T0) e (T1) nos dois métodos, demonstrando

diferença significativa ($p < 0,05$) entre os períodos, ou seja, regressão das alterações ósseas periapicais.

Tabela I – Médias e desvio padrão das áreas, em milímetros quadrados, das lesões periapicais avaliadas por meio de radiografia digitalizada e TCFC, nos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1).

	Radiografia digitalizada (T0)	Radiografia digitalizada (T1)	TCFC (T0)	TCFC (T1)
Área (mm ²)	16.73±9.102 a	10.69±8.735 a	17.67±12.55 a	11.65±9.413 a

Valores seguidos de letras iguais indicam médias estatisticamente semelhantes entre si ($P > 0.05$).

Discussão

Muitas técnicas radiográficas avançadas têm sido utilizadas na Odontologia para a detecção de lesões ósseas: radiografias digitais, métodos de densiometria, tomografias computadorizadas, ressonância magnética, ultrassom e técnicas nucleares (15-17).

Jorge et al. (11) compararam a capacidade da radiografia periapical e da tomografia computadorizada na detecção de lesões periapicais induzidas em dentes de cães. A partir dos resultados, os autores concluíram que a tomografia computadorizada foi capaz de detectar lesões periapicais em estágios iniciais de

desenvolvimento, mesmo quando estas não puderam ser detectadas pela radiografia periapical convencional.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido utilizada em Endodontia para estudo da anatomia do canal radicular, avaliação do preparo do canal radicular, obturação, retratamento, detecção de lesões ósseas, e procedimentos experimentais em endodontia (15, 16, 18). Alguns estudos têm comparado as diferenças na interpretação da imagem da PA por meio da utilização de TCFC, radiografia periapical convencional, ou radiografia digital. A TCFC tem mostrado ótimos resultados na detecção mais apurada da PA (12, 16, 19).

Velvart et al. (12) correlacionaram as informações colhidas das radiografias periapicais convencionais e das TCFC de alta resolução aos achados obtidos durante a cirurgia, em relação a presença de lesões endodônticas, em 50 pacientes. Todas as 78 lesões periapicais diagnosticadas durante a cirurgia também foram observadas com a TCFC. Em contrapartida, apenas 61 lesões (78,2%) foram observadas por meio da radiografia periapical convencional.

Os resultados do presente estudo demonstram semelhança na avaliação da extensão das lesões periapicais realizada por meio da TC e radiografia convencional, sugerindo que, sob as condições de análise das alterações periapicais deste estudo, os

métodos são similares. Desta forma, estes resultados sugerem que as lesões presentes nos casos analisados apresentam dimensão de reabsorção óssea capaz de proporcionar alteração radiográfica bem evidenciada. Estes achados estão de acordo com os encontrados por Tanomaru-Filho et al. (20), que analisaram as alterações histológicas da lesão periapical induzida, em dentes de cães, em diferentes períodos de desenvolvimento, correlacionando-as com a presença da mesma na radiografia periapical. Os autores demonstraram que alterações ósseas histopatológicas podem ser verificadas nos períodos iniciais do desenvolvimento da lesão periapical, quando ainda não são observadas na radiografia periapical. Desta forma, possivelmente em períodos de preservação maiores, quando as área de reabsorção periapical passam a ser menores, a tomografia apresentaria maior capacidade de mensurar corretamente as alterações ósseas periapicais.

Stavropoulos e Wenzel (21) verificaram a acurácia da TCFC e das radiografias intra-oral digital e periapical convencional na avaliação de defeitos periapicais, mecanicamente criados em mandíbulas de porcos, observando melhores resultados para a TCFC. Kamburoglu et al. (22) avaliaram 18 lesões periapicais quimicamente criadas em dentes mandibulares de cadáver humano, utilizando-se a TCFC. Os autores concluíram que a TCFC

produziu resultados com maior acurácia na avaliação quantitativa de lesões periapicais.

De Paula-Silva et al. (13) avaliaram o reparo apical após o tratamento de canal radicular em dentes de cães por meio da TCFC e radiografia convencional comparando com a avaliação histológica. Os autores concluíram que a TCFC proporcionou informações similares à análise histológica, e a radiografia subestimou o tamanho da lesão periapical. Em outro estudo, De Paula-Silva et al. (14) avaliaram a acurácia de dois métodos de imagem no diagnóstico da periodontite apical (PA), utilizando os achados histológicos como padrão de comparação. Os resultados mostraram que a radiografia periapical diagnosticou a PA em 71% dos casos, a TCFC em 84% e a avaliação histológica em 93% dos casos, concluindo ser a TCFC mais sensível, no diagnóstico, que a radiografia periapical. Os resultados do presente estudo sugerem que as lesões periapicais e área de reabsorção óssea pós-tratamento endodôntico apresentavam extensão compatível para sua avaliação radiográfica, uma vez que os períodos de preservação foram curtos. Embora, tenha sido possível detectar diminuição significativa das áreas de reabsorção periapical, elas eram evidentes radiograficamente. Provavelmente, em períodos mais avançados, quando as áreas de reabsorção tornam-se menores a maior sensibilidade da TCFC deva ser ressaltada

Estrela et al. (23) realizaram um estudo para avaliar a acurácia dos métodos de diagnóstico por imagem na detecção da periodontite apical. Os autores concluíram que as radiografias, periapical e panorâmica, e a TCFC identificaram corretamente a lesão periapical quando esta se encontrava em estágios avançados, e que a TCFC provou ser a mais eficaz em identificar a PA. Bender e Seltzer (9, 10) e Wallace et al. (24) demonstraram que lesões confinadas em osso esponjoso podem ser difíceis de serem detectadas. Scarfe et al. (25), Mamary et al. (26), e Cotti et al. (3) relatam que o tamanho das lesões periapicais é geralmente subestimado nas radiografias.

No presente estudo foram analisadas lesões periapicais com extensão considerável e portanto, facilmente evidenciadas no exame radiográfico. Nestes casos, a área histológica (compatível com a área tomográfica) apresenta-se semelhante à área radiográfica. Desta forma, os métodos radiográfico e tomográfico são semelhantes na análise de alterações periapicais de considerável extensão.

Referências

1. Nair PN, Sjogren U, Figdor D, Sundqvist G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth, failed endodontic treatments, and periapical scars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;87(5):617-627.

2. Torabinejad M, Eby WC, Naidorf IJ. Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J Endod* 1985;11(11):479-488.
3. Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol* 1999;15(4):186-189.
4. Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(2):231-252.
5. Kundel HL, Revesz G. Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error. *AJR Am J Roentgenol* 1976;126(6):1233-1238.
6. Schwarz MS, Rothman SL, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2(3):137-141.
7. Halse A, Molven O, Fristad I. Diagnosing periapical lesions--disagreement and borderline cases. *Int Endod J* 2002;35(8):703-709.
8. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1997;23(1):5-14.

9. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II. 1961. J Endod 2003;29(11):707-712; discussion 701.
10. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. 1961. J Endod 2003;29(11):702-706; discussion 701.
11. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Goncalves M, Tanomaru JM. Detection of periapical lesion development by conventional radiography or computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106(1):e56-61.
12. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001;92(6):682-688.
13. Paula-Silva FW, Junior MS, Leonardo MR, Consolaro A, da Silva LA. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dogs' post-endodontic treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009;108(5):796-805.
14. Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. J Endod 2009;35(7):1009-1012.

15. Huumonen S, Orstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics* 2002;1:3-25.
16. Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Inamoto K, Arijji E, Nakamura H. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirrooted tooth: a case report. *J Endod* 2006;32(6):583-587.
17. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod* 1995;21(11):561-568.
18. Cotti E. CG. Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endodontic Topics* 2004;7:52-72.
19. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(1):114-119.
20. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Duarte MA, Goncalves M, Guerreiro-Tanomaru JM. Comparative radiographic and histological analyses of periapical lesion development. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107(3):442-447.

21. Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clin Oral Investig* 2007;11(1):101-106.
22. Kamburoglu K, Kilic C, Ozen T, Horasan S. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*;39(2):95-99.
23. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34(3):273-279.
24. Wallace JA, Nair MK, Colaco MF, Kapa SF. A comparative evaluation of the diagnostic efficacy of film and digital sensors for detection of simulated periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92(1):93-97.
25. Scarfe WC, Czerniejewski VJ, Farman AG, Avant SL, Molteni R. In vivo accuracy and reliability of color-coded image enhancements for the assessment of periradicular lesion dimensions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88(5):603-611.
26. Marmary Y. K, T., Heling I. The effect of periapical rarefying osteitis on cortical and cancellous bone. A study comparing conventional radiographs with computed tomography. *Dentomaxillof Radiol* 1999;28:267-271.



Capítulo 2

Padronização de imagens de tomografia computadorizada com aquisição volumétrica para avaliação do preparo de canais radiculares por meio da técnica de subtração tomográfica empregando software Adobe Photoshop CS4. Proposta de técnica.¹

Nakazone PA, Tanomaru-Filho M, Gonçalves M.

¹ O artigo será submetido para publicação no periódico **Journal of Endodontics**.

Resumo

Diferentes metodologias têm sido descritas com o propósito de avaliar a instrumentação dos canais radiculares, incluindo modelos plásticos, cortes histológicos, secções transversais, comparações radiográficas e impressões em silicone dos canais instrumentados. A tomografia computadorizada (TC), em associação aos avanços nos softwares de imagem tem sido utilizada na pesquisa endodôntica, sendo importante o desenvolvimento de métodos de avaliação. A proposta deste estudo foi descrever uma técnica de padronização de imagens de dentes humanos extraídos, obtidas a partir de tomografia computadorizada com aquisição volumétrica ou de feixe cônico (TCFC), tornando possível a posterior avaliação do preparo de canais radiculares, por meio da técnica de subtração tomográfica, com o software Adobe Photoshop CS4. A técnica descrita demonstra que imagens tridimensionais adquiridas por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) podem ser analisadas pela subtração digital tomográfica, tornando possível diferentes estudos na pesquisa endodôntica.

Introdução

Apesar do desenvolvimento de novos métodos e instrumentos, a modelagem e a direção do longo eixo original dos canais radiculares

curvos continuam susceptíveis à alterações durante o preparo (1). Modificações na morfologia do canal radicular tais como zips e degraus podem ser observadas por meio da sobreposição digital de secções seriadas, radiografias ou canais seccionados, antes e depois do preparo do canal radicular.

Diferentes metodologias têm sido descritas com o propósito de avaliar a instrumentação dos canais radiculares, tais como, modelos plásticos (2), cortes histológicos (3), estudos de microscopia eletrônica de varredura (4), secções transversais (5, 6), comparações radiográficas (7) e impressões em silicone dos canais instrumentados (8). O uso da tomografia computadorizada (TC), em Endodontia, era limitado devido ao alto custo (9). Atualmente, os avanços tecnológicos e desenvolvimento de softwares de imagem, possibilitaram a sua aplicação na pesquisa endodôntica (10-14). Assim, a TC tem sido utilizada para avaliação dos efeitos da instrumentação do canal radicular em três dimensões (9, 10, 15, 16) tornando necessário o desenvolvimento de métodos de avaliação com esta tecnologia.

A Tomografia computadorizada (TC) é uma técnica que permite a representação tridimensional, não-destrutiva, da anatomia do canal radicular. Esta técnica oferece numerosas aplicações para pesquisas in vitro (17). Por exemplo, a TC pode ser usada para determinar o volume do canal radicular, transporte e deslocamento no longo eixo radicular.

Sonntag et al. (1) apresentaram uma revisão de literatura sobre os métodos de determinação da curvatura do canal radicular, antes e depois do preparo. Ao final, os autores concluíram que as técnicas computadorizadas possibilitam a determinação da curvatura e que a tomografia computadorizada pode ser aplicável à numerosas investigações.

Assim, o objetivo deste estudo foi a proposta de técnica de padronização das imagens, de dentes humanos extraídos, obtidas a partir de tomografias computadorizadas com aquisição volumétrica ou de feixe cônico (TCFC), possibilitando a posterior avaliação do preparo de canais radiculares por meio da técnica de subtração tomográfica utilizando o software Adobe Photoshop CS4.

Metodologia

Para a padronização das amostras deste estudo foram confeccionadas matrizes de silicona, cada uma contendo dois dentes. Foram selecionados dentes molares superiores e suas raízes mésio-vestibulares escolhidas para serem submetidas à análise. Após a confecção de todas as matrizes, estas foram reinseridas nos moldes, agora denominados de suportes, para a realização da tomografia computadorizada. Os suportes contendo os dentes foram posicionados no tomógrafo i-Cat (Imaging Sciences International Inc. - Hatfield, Pennsylvania, U.S.A.) para obtenção de imagens seqüenciais com 0,3

milímetros de espessura, no plano axial. As imagens foram arquivadas em formato DICOM e, posteriormente, transferidas no software Xoran (Xoran Technologies).

Inicialmente, a imagem do objeto foi alinhada aos eixos x e y, do plano cartesiano apresentado na tela. A movimentação das imagens foi realizada com o auxílio da ferramenta, representada por uma reta, posicionada no lado direito de cada janela. Assim, foram determinadas as angulações α , β , γ correspondentes à posição da imagem em cada uma das janelas coronal, sagital e axial, respectivamente (circulado em vermelho na Figura 1). Na janela axial, foram determinadas e registradas as coordenadas (o número das fatias) dos pontos iniciais, H_{s0} e L_{s0} , dos segmentos correspondentes a altura e a largura do suporte, respectivamente (Figura 1).



Figura 1 – Na janela coronal, a angulações α , β , γ (circulado em vermelho). Na janela axial, os pontos iniciais, H_{s0} e L_{s0} , dos segmentos referentes a altura (verde) e a largura (vermelho) do suporte.

Também foram registradas as coordenadas dos pontos finais, H_{sf} e L_{sf} , dos segmentos correspondentes, respectivamente, a altura e a largura do mesmo (Figura 2).

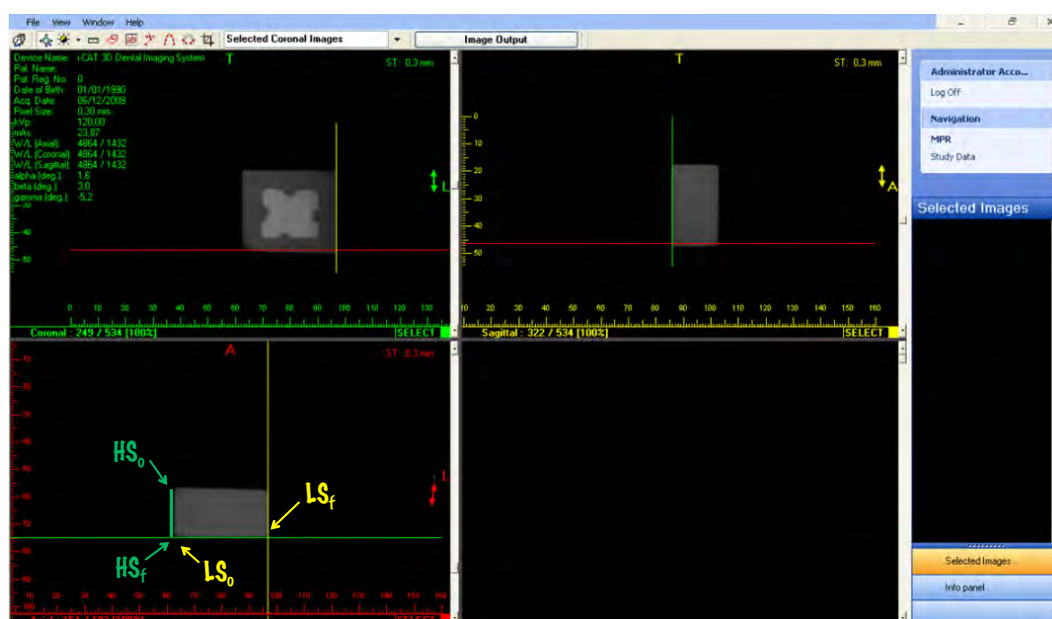


Figura 2 – Na janela axial, os pontos finais, H_{sf} e L_{sf} , dos segmentos referentes a altura (verde) e a largura (amarelo) do suporte.

Na janela coronal, foram determinadas e registradas as coordenadas dos pontos iniciais, h_{m0} e l_{m0} , dos segmentos correspondentes a altura e a largura da matriz, respectivamente (Figura 3). E, em seguida, as coordenadas dos pontos finais, h_{mf} e l_{mf} , dos segmentos correspondentes, respectivamente, a altura e a largura da mesma (Figura 4).

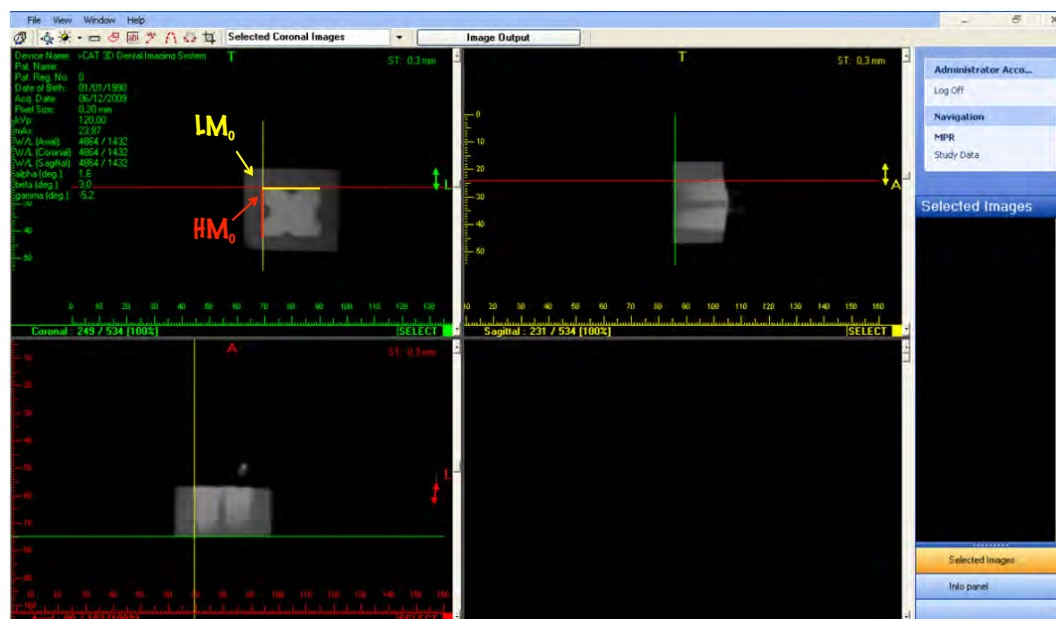


Figura 3 – Na janela coronal, os pontos iniciais, h_{m0} e l_{m0} , dos segmentos referentes a altura (vermelho) e a largura (amarelo) da matriz.

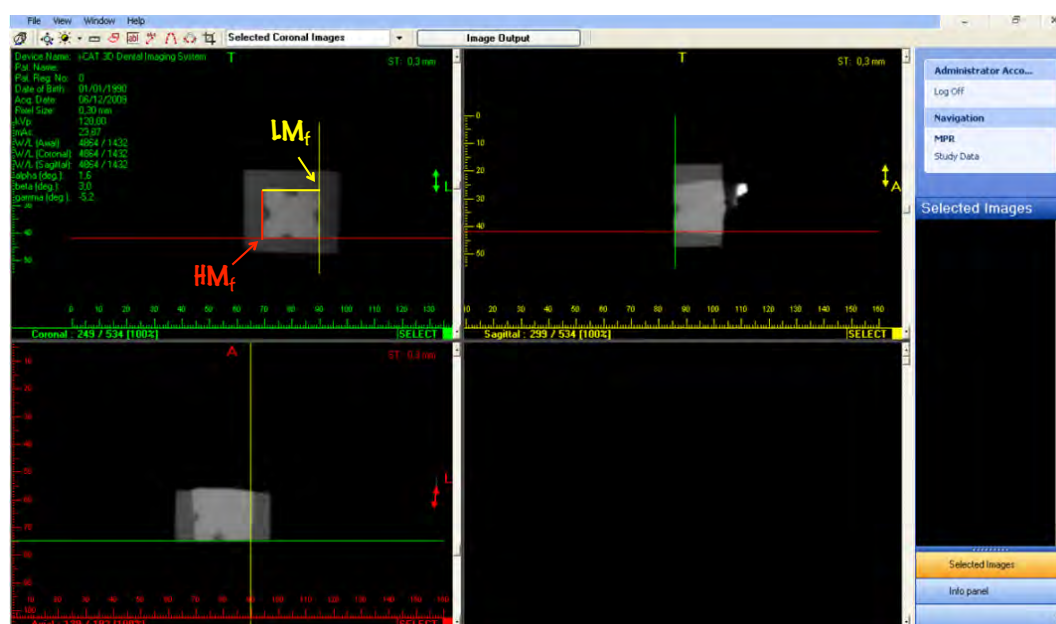


Figura 4 – Na janela coronal, os pontos iniciais, h_{mf} e l_{mf} , dos segmentos referentes a altura (vermelho) e a largura (amarelo) da matriz.

Neste software, a espessura mínima da fatia a ser escaneada é de 0,3 milímetros, ou seja, é possível deslocar os eixos a cada 0,3

milímetros. Porém, na janela dos cortes transversais, só é possível visualizá-los a cada 1,0 milímetro do segmento panorâmico. Assim, a cada 1,0 milímetro, têm-se aproximadamente três fatias escaneadas. Precisamente, de forma matemática, o software Xoran (Xoran Technologies) nos apresenta três fatias escaneadas a cada 0,9 milímetros, ou ainda, 10 fatias a cada 3,0 milímetros. Na janela sagital, posicionou-se o eixo coronal sobre o ponto ($L_{so} - 0,9 \text{ mm}$), ou seja, deslocaremos o eixo, apicalmente, em três fatias. (Figura 5). Nesse momento, foi possível visualizar perfeitamente, na janela coronal, as embocaduras dos canais radiculares. Na janela coronal, os eixos sagital e axial foram posicionados de modo que o ponto de intersecção entre eles, estivesse exatamente localizado sobre a embocadura do canal a ser analisado (no caso deste estudo, o canal mésio-vestibular). Este ponto de intersecção foi denominado ponto de eleição e nos permitiu visualizar, na janela axial, o comprimento do canal radicular selecionado quase que em sua totalidade (Figura 5). Registraram-se as coordenadas do ponto de eleição (PE_s e PE_f).

Na janela axial, deslocamos o eixo sagital, de modo que este passasse pelo ponto mais apical da raiz (A_s), independente de estar ou não passando pelo seu longo eixo, como por exemplo no caso de dilacerações radiculares. A coordenada do eixo sagital foi registrada (Figura 6).



Figura 5 – Na janela sagital, eixo coronal (verde) na posição ($L_{SO} - 0,9$ mm). Na janela coronal, ponto de intersecção entre os eixos axial (vermelho) e sagital (amarelo) coincidente com o ponto de eleição, sobre a embocadura do canal. Coordenadas, PE_o e PE_f registradas.

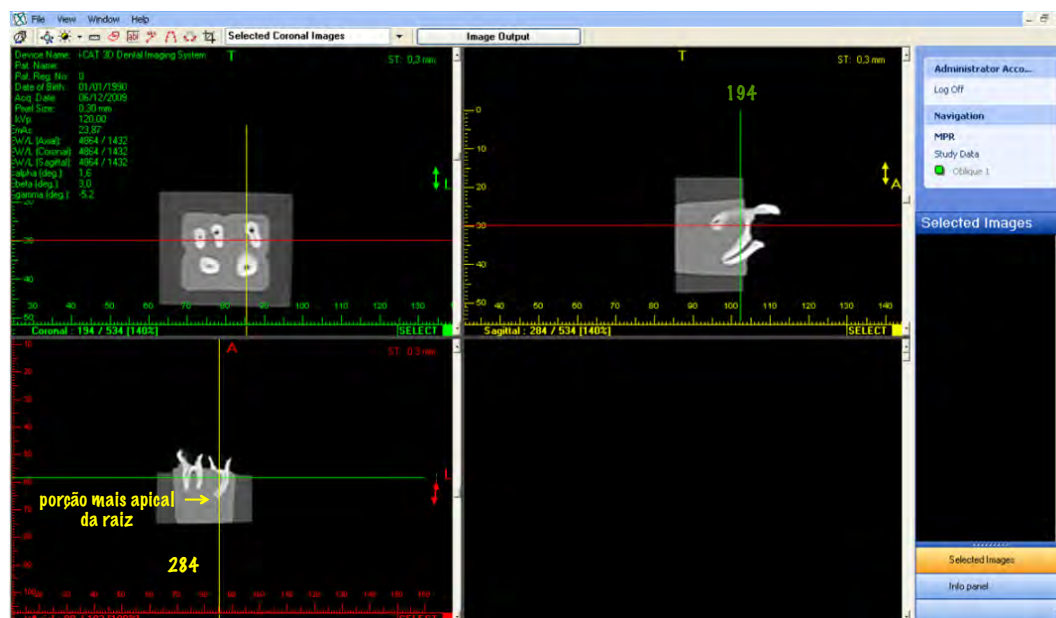


Figura 6 – Na janela axial, eixo sagital (amarelo) passando pelo ponto mais apical da raiz (A_s). Observe que o eixo não passa, necessariamente, pelo longo eixo radicular.

Na janela sagital, posicionou-se os eixos axial e coronal, de tal maneira que o ponto de intersecção entre eles coincidissem com o ápice radicular tomográfico e suas coordenadas, A_a e A_c , foram registradas.

Para que o segmento panorâmico fosse traçado, foi necessário atentar as especificações do software Xoran (Xoran Technologies). É importante levar em consideração que o primeiro corte transversal a ser observado na janela das secções transversais, tracejado no segmento panorâmico, é o de número 4, localizado a 4,0 milímetros do início deste segmento. Sendo assim, para que este corte (número 4) coincida com a fatia que está localizada a 1,0 milímetro do ápice radicular (corte apical), o segmento panorâmico deverá iniciar 3,0 milímetros além do mesmo.

Neste estudo, a espessura do corte transversal foi determinado em 0,3 milímetros e, dessa forma, não é possível se obter o corte localizado a 1,0 milímetro do ápice e sim, aquele localizado a 0,9 milímetros. Assim, as secções dos terços apical, médio e cervical a serem avaliados estarão localizados a 0,9, 3,9 e 6,9 milímetros do ápice radicular, respectivamente. Traduzindo em fatias, as secções dos terços apical, médio e cervical estarão localizadas a 13, 23 e 33 fatias do início do segmento panorâmico.

Na janela axial, o segmento panorâmico foi traçado iniciando em ($A_c + 10$ fatias) e terminando em um comprimento mínimo de 12 milímetros (40 fatias). Esta distância mínima deve ser respeitada, já que o último corte transversal do segmento panorâmico que pode ser

visualizado, está localizado a 2,0 milímetros do término deste segmento. Assim, se o corte cervical corresponde ao corte visualizado de número 10, localizado a 7,0 milímetros do ápice e a 10,0 milímetros do início do segmento panorâmico, este deverá ter o comprimento mínimo de 12,0 milímetros. Assim, foram registradas as coordenadas (números das fatias) correspondentes aos cortes dos terços apical (T_a), médio (T_m) e cervical (T_c), estando estes representados, respectivamente, nos cortes transversais de números 4, 7 e 10 (Figura 7).

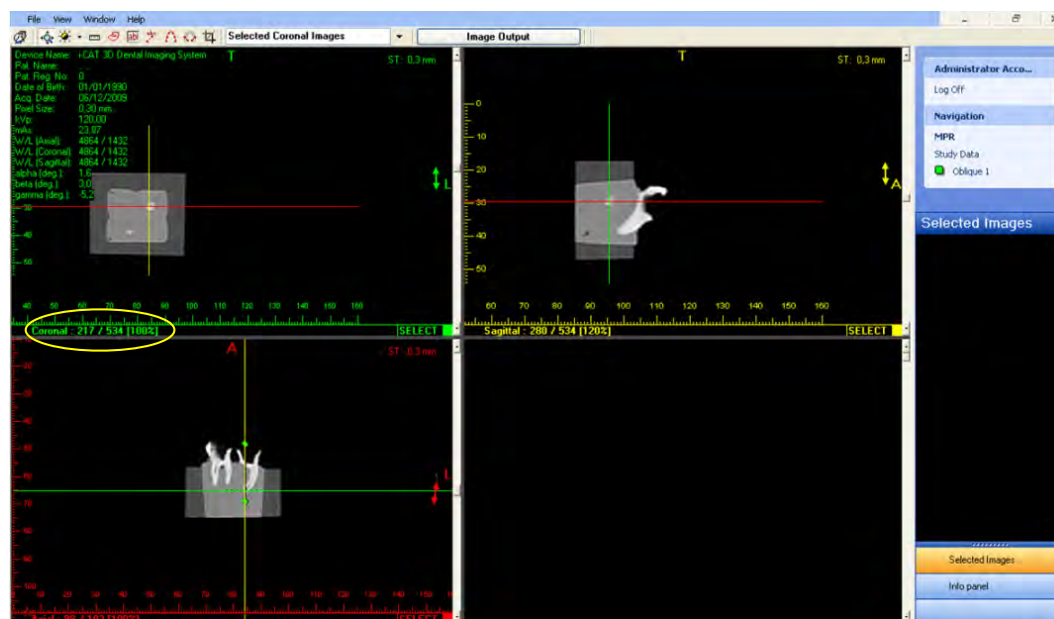


Figura 7 – Na janela sagital, ponto de intersecção entre os eixos coronal (verde) e axial (vermelho) passando pelo ponto mais apical da raiz. Na janela axial, o segmento panorâmico traçado.

A janela contendo os cortes transversais foi expandida ao máximo a fim de que as imagens dos cortes também fossem ampliadas ao máximo (Figura 8).

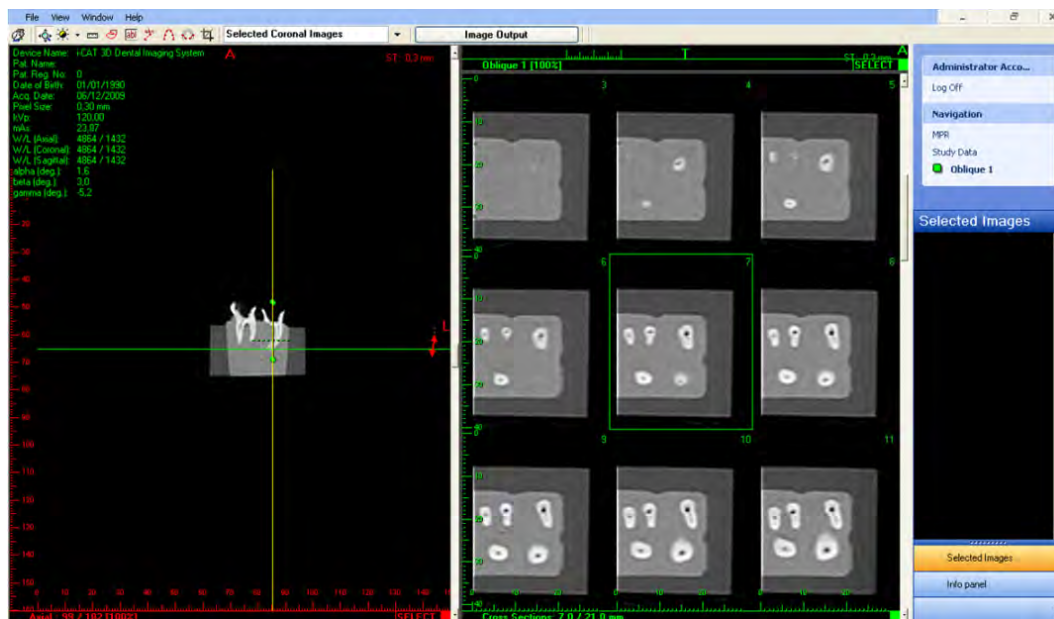


Figura 8 – Janela dos cortes transversais expandida. Observe que o corte transversal evidenciado é correspondente ao tracejado sobre o segmento panorâmico.

Por meio da função “print screen”, a imagem da tela do computador foi copiada e colada no software Paint versão 5.1 (Microsoft Corporation – Redmond – Washington – EUA), e salva em formato BMP (Figura 9).

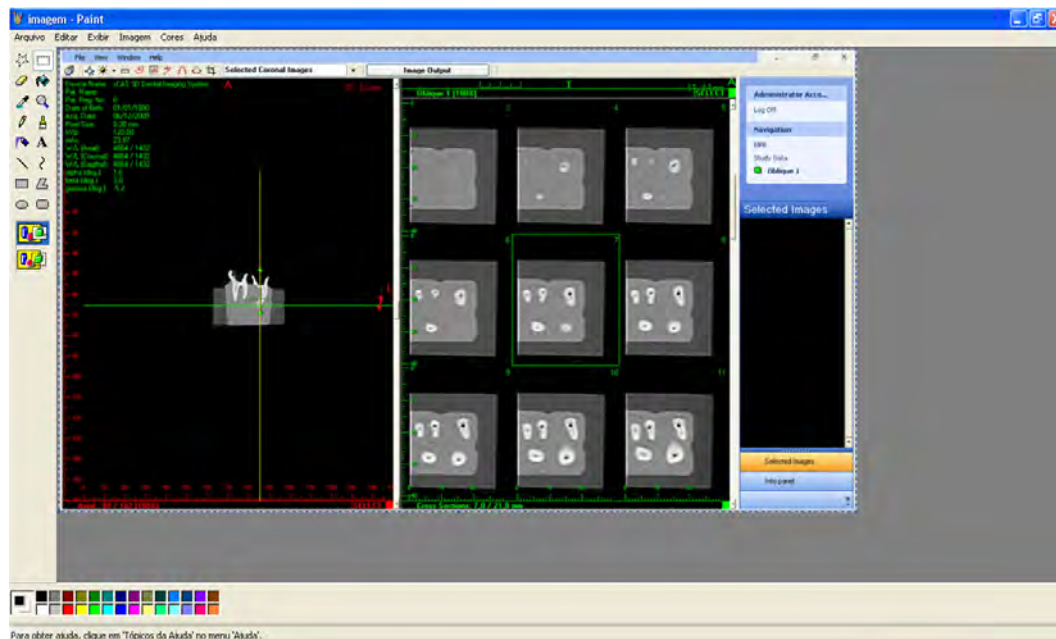


Figura 9 – Tela do software Paint com o “print screen” da tela do software Xoran.

Posteriormente, esta imagem foi aberta no software Adobe Photoshop CS4 (Adobe Systems Inc – San Jose – Califórnia – EUA), onde a imagem de cada um dos terços radiculares da raiz em questão, individualmente, recortada e salva em formato BMP (Figura 10).

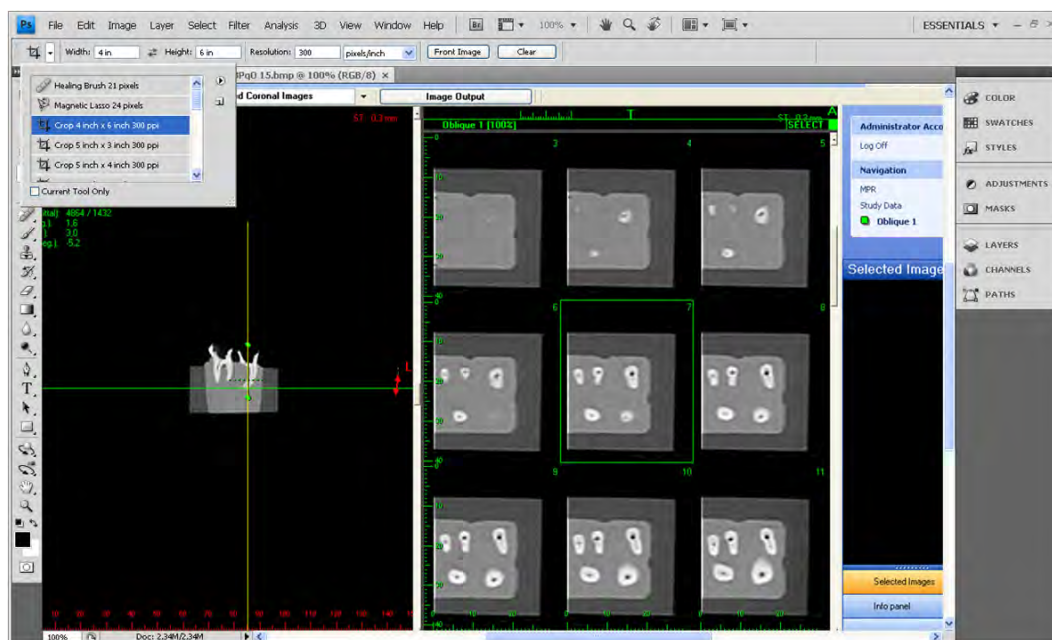


Figura 10 – Tela do software Adobe Photoshop CS4 com a imagem a ser trabalhada.

Após a análise do estudo inicial (antes do preparo), os canais radiculares foram devidamente instrumentados, sob irrigação abundante com solução de hipoclorito de sódio 1%, até o comprimento real do dente (CRD). Em seguida, foram novamente submetidos ao exame tomográfico, o qual foi realizado no mesmo aparelho devidamente calibrado e sob as mesmas condições que o exame anterior. Todas as etapas de análise do estudo realizadas no estudo inicial (antes do preparo), foram também realizadas para o estudo final (após o preparo) e, todos os dados devidamente registrados. Os registros do estudo inicial serviram de

referência e validação para o estudo final. Ao final da etapa de análises, no software Xoran, de ambos os estudos, inicial e final, todas as imagens dos cortes transversais: apical, médio e cervical de cada dente, estavam obtidas em formato BMP. Foi dada seqüência à avaliação do preparo do canal radicular por terços, por meio da técnica de subtração radiográfica digital das imagens, antes e após o preparo, no software Adobe Photoshop CS4. As imagens, inicial e final de cada terço, foram abertas na tela do computador, lado a lado, onde foram sobrepostas por meio da função “subtrair”, na opção “cálculos”, presente na barra de ferramentas. Este procedimento resultou em uma nova imagem apresentando a diferença entre as imagens fontes (inicial e final), ou seja, o desgaste realizado durante o preparo biomecânico (Figura 11).

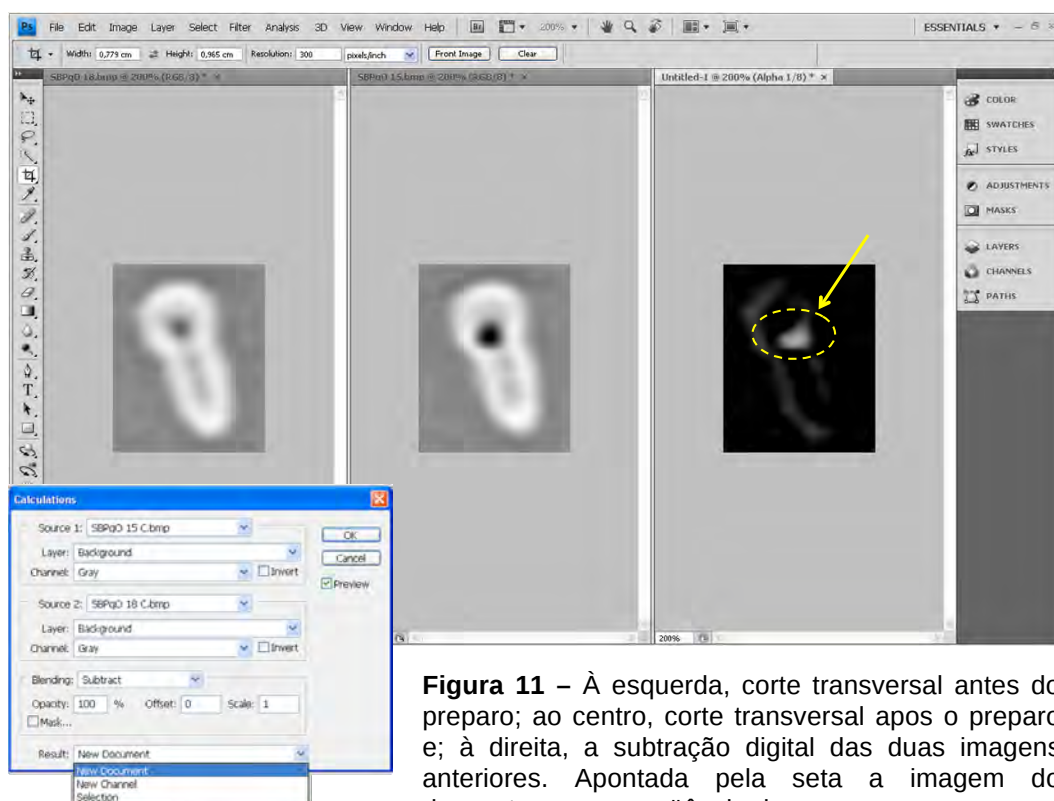


Figura 11 – À esquerda, corte transversal antes do preparo; ao centro, corte transversal após o preparo e; à direita, a subtração digital das duas imagens anteriores. Apontada pela seta a imagem do desgaste em consequência do preparo.

Resultados

Utilizando-se o software Adobe Photoshop CS4 para a realização da técnica de subtração digital foi possível realizar a subtração da imagem final em relação à inicial, resultando na representação da área de desgaste das paredes dentinárias em consequência do preparo biomecânico.

Discussão

Este estudo apresenta uma proposta de técnica simplificada e que não depende de cálculos ou fórmulas matemáticas. A partir da padronização de imagens de TCFC, por meio de software específico, se obtém imagens das mesmas secções transversais, antes e após a instrumentação, possibilitando a avaliação do preparo por meio da técnica de subtração radiográfica digital.

Diferentemente da avaliação morfométrica da instrumentação do canal radicular, realizada pelo método descrito por Bramante et al. (5), na qual os espécimes são fisicamente seccionados transversalmente, o que resulta na perda de tecido duro dental, a TMC não necessita de preparo da amostra e é capaz de escanear o dente em sua integridade, não necessitando de qualquer corte (13). Além disso, outros autores relataram as dificuldades na avaliação métrica devido aos erros de projeção que eles encontraram (16).

Rhodes et al. (13) avaliaram um protótipo de aparelho de TMC, o qual utiliza a geometria de feixe cônico, para o uso experimental em Endodontologia. Ao final, os autores concluíram que o protótipo apresentava potencial para as avaliações, qualitativa e quantitativa, do sistema de canais radiculares. No entanto, além do tempo de três a seis horas para o escaneamento e reconstrução da imagem, o equipamento é caro e a reconstrução tridimensional requer um alto grau de conhecimento em computação.

Ambas as TC e TMC são não-invasivas; as amostras permanecem intactas durante os estudos de instrumentação. Uma grande quantidade de informações pode ser adquirida das imagens, as fatias podem ser recriadas em qualquer plano, e os dados podem ser representados em imagens bi ou tridimensionais (13). A TC apresenta custo inferior que a TMC, podendo ser encontrada e utilizada mais facilmente.

Considerando-se as vantagens proporcionadas pela tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), este estudo apresenta uma proposta de técnica, empregando este método de diagnóstico por imagem, para a avaliação da instrumentação de canais radiculares.

Matherne et al. (18) investigaram o uso da TCFC como uma ferramenta diagnóstica para a identificação do sistema de canais radiculares quando comparado com imagens obtidas pelo uso de dois sistemas de radiografia digital. Os autores concluíram que as imagens de TCFC possibilitaram melhor análise do sistema de canais radiculares.

Gambill et al. (19) utilizaram a TC para avaliar o preparo de canais radiculares com o uso de instrumentos de níquel-titânio e aço inoxidável manuais, mostrando que os instrumentos de níquel-titânio utilizados ocasionaram menor transporte, removeram menos dentina e produziram preparos mais centralizados e circulares do que os instrumentos de aço inoxidável. Ainda, ressaltaram que o sistema de TC promoveu um método de avaliação reproduzível e não-invasivo de certos aspectos da instrumentação endodôntica.

Garip and Günday (20) compararam preparos de canais radiculares por meio da TC, empregando a metodologia descrita por Gambill et al. (19). Tasdemir et al. (21) compararam o preparo de canais radiculares com limas tipo k convencionais e com instrumentos rotatórios de níquel-titânio. Garcia et al. (22) realizaram um estudo para analisar a eficiência de corte dos instrumentos de níquel-titânio por meio da TC helicoidal, afirmando que a TC foi um sistema efetivo e não-invasivo para o estudo das alterações ocorridas no interior do canal radicular.

Uyanik et al. (23) investigaram três sistemas rotatórios de níquel-titânio quanto às alterações no volume do canal radicular e área de secção transversal, transporte do canal radicular e tempo de trabalho, por meio da TC. Pasternak-Júnior et al. (24) avaliaram, por meio da TCFC, o transporte do canal radicular e a capacidade de centralização dos instrumentos após instrumentação dos canais radiculares méso-vestibulares de dentes molares superiores. Os estudos encontrados na

literatura empregando a TC ou a TCFC para avaliação do preparo de canais radiculares tem sido baseados na metodologia de análise de imagens descrita no estudo de Gambill et al. (19). Porém, este método envolve a mensuração de uma série de medidas e cálculos matemáticos.

Posteriormente, Bergmans et al. (9) descreveram uma metodologia para a avaliação quantitativa do preparo de canais radiculares, utilizando-se a TMC juntamente com um software desenvolvido a partir de um modelo matemático. Estrela et al. (25) descreveram um método para determinar o raio de curvatura radicular, utilizando-se a TCFC, baseando-se em três pontos matemáticos determinados com as ferramentas de trabalho do software Planimp, que possibilita o cálculo do raio de curvatura em ambas as direções, apical e coronária. Os autores afirmam ser este, um método de fácil realização, reproduzível e que permite um planejamento endodôntico mais confiável e previsível, refletindo diretamente na maior eficácia do preparo de canais radiculares curvos.

O método de subtração radiográfica digital (SRD) utilizando-se softwares específicos é considerado uma ferramenta valiosa de avaliação, permitindo a melhor detecção de pequenas alterações. Na imagem digital é possível a distinção entre 256 tons de cinza enquanto o olho humano pode distinguir apenas 25. Desta forma, a técnica de SRD pode detectar alterações de uma forma muito mais eficiente do que o método visual (26).

A utilização de softwares de análise de imagens não-específicos, tais como ImageTool, Image Pro Plus e Adobe Photoshop é uma alternativa para a técnica de SRD (27). O software Adobe Photoshop é um software de análise de imagens com diversas ferramentas para manipulação de imagens (28). Este software inclui ferramentas que permitem a manipulação e mensuração das imagens, minimizando a subjetividade do processo de avaliação, e permitindo a SRD de duas imagens sobrepostas. A SRD é realizada somente se as imagens forem semelhantes, do contrário o software Adobe Photoshop CS4 não permite a realização da função “subtrair”. Assim, a técnica descrita foi validada, já que o software Adobe Photoshop CS4 permitiu a realização desta função, fornecendo uma nova imagem apresentando a diferença entre as imagens fontes. Além disso, neste estudo, foram utilizadas raízes méso-vestibulares de dentes molares superiores, por estas apresentarem canais radiculares mais atretricos e com maior grau de curvatura, sendo portanto, mais difícil a aplicação da técnica do que nos canais amplos e retos.

A imagem do objeto, adquirida pelo TCFC, pode ser corrigida e ajustada por meio do software específico, no caso deste estudo, o software Xoran. No momento da aquisição da imagem tomográfica, torna-se importante a correta calibração do aparelho (espessura do corte, tamanho do voxel, entre outros). Desta forma, as aquisições de imagens devem ser realizadas sob os mesmos parâmetros. A partir delas, a

técnica de padronização de imagens obtidas em diferentes períodos, empregando software específico, pode ser aplicada.

A literatura não relata estudos com o software Xoran usado para a análise de imagens adquiridas de TCFC. Porém, esta técnica pode ser utilizada em outro software específico para análise de imagens de TCFC que apresente as ferramentas necessárias: régua milimetrada imóvel em relação as imagens apresentadas, em todas as janelas (axial, coronal e sagital); ferramenta para movimentação das imagens para obtenção do alinhamento aos planos, em cada uma das janelas; visualização dos números das fatias axial, coronal e sagital selecionadas, para registro das coordenadas; e visualização das imagens dos cortes transversais do segmento panorâmico, em adequada resolução.

A partir da obtenção da imagem correspondente a área de instrumentação, no software Adobe Photoshop CS4, esta poderá ser mensurada de diferentes modos, utilizando-se softwares não específicos anteriormente citados.

Ao final, a técnica descrita para padronização de imagens tomográficas e uso de subtração tomográfica digital possibilita que imagens tridimensionais adquiridas por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) sejam analisadas pela subtração digital, criando uma série de perspectivas para diferentes estudos na pesquisa endodôntica.

Referencias Bibliográficas

1. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. J Endod 1975;1(8):255-262.
2. Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. J Endod 1976;2(10):304-311.
3. Mizrahi SJ, Tucker JW, Seltzer S. A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instruments. J Endod 1975;1(10):324-333.
4. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. J Endod 1987;13(5):243-245.
5. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1971;32(2):271-275.
6. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. J Endod 1987;13(10):479-489.
7. Abou-Rass M, Jastrab RJ. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. J Endod 1982;8(2):78-82.
8. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal

- instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2001;34(5):390-398.
9. Peters OA, Laib A, Rueggegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res* 2000;79(6):1405-1409.
 10. Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod* 2008;34(10):1233-1238.
 11. Peru M, Peru C, Mannocci F, Sherriff M, Buchanan LS, Pitt Ford TR. Hand and nickel-titanium root canal instrumentation performed by dental students: a micro-computed tomographic study. *Eur J Dent Educ* 2006;10(1):52-59.
 12. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J* 1999;32(3):165-170.
 13. Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J* 2009;42(12):1057-1064.
 14. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. A comparison of two nickel-titanium instrumentation techniques in teeth using microcomputed tomography. *Int Endod J* 2000;33(3):279-285.

15. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod* 1995;21(11):561-568.
16. Sonntag D, Stachniss-Carp S, Stachniss V. Determination of root canal curvatures before and after canal preparation (part 1): a literature review. *Aust Endod J* 2005;31(3):89-93.
17. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J* 2001;34(3):221-230.
18. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod* 2008;34(1):87-89.
19. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 1996;22(7):369-375.
20. Garip Y, Gunday M. The use of computed tomography when comparing nickel-titanium and stainless steel files during preparation of simulated curved canals. *Int Endod J* 2001;34(6):452-457.
21. Tasdemir T, Aydemir H, Inan U, Unal O. Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. *Int Endod J* 2005;38(6):402-408.

22. Hervás García A, Forner Navarro L, Llena Puy MC, Zaragoza Cardells E. Cutting efficiency evaluation of Quantec Series 2000 orifice openers with computed tomography (CT). *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13(8):E516-522.
23. Ozgur Uyanik M, Cehreli ZC, Ozgen Mocan B, Tasman Dagli F. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *J Endod* 2006;32(7):668-671.
24. Pasternak-Junior B, Sousa-Neto MD, Silva RG. Canal transportation and centring ability of RaCe rotary instruments. *Int Endod J* 2009;42(6):499-506.
25. Estrela C, Bueno MR, Sousa-Neto MD, Pecora JD. Method for determination of root curvature radius using cone-beam computed tomography images. *Braz Dent J* 2008;19(2):114-118.
26. Torabinejad M, Eby WC, Naidorf IJ. Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J Endod* 1985;11(11):479-488.
27. Carvalho FB, Gonçalves M, Tanomaru-Filho M. Evaluation of chronic periapical lesions by digital subtraction radiography by using Adobe Photoshop CS: a technical report. *J Endod* 2007;33(4):493-497.
28. Chalazonitis AN, Koumarianos D, Tzovara J, Chronopoulos P. How to optimize radiological images captured from digital cameras, using

the Adobe Photoshop 6.0 program. J Digit Imaging 2003;16(2):216-229.



Capítulo 3

Padronização de imagens de tomografia computadorizada volumétrica para análise comparativa de lesões periapicais in vivo por meio da técnica de subtração tomográfica digital usando Adobe Photoshop CS. Relato de técnica.¹

Nakazone PA, Tanomaru-Filho M, Gonçalves M.

¹ O artigo será submetido para publicação no periódico **Journal of Endodontics**.

Resumo

Introdução: A avaliação do reparo periapical por meio da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) em dentes endodonticamente tratados tem sido realizada. No entanto, para utilização de métodos comparativos criteriosos, possibilitando o uso de subtração digital, torna-se importante a padronização das imagens adquiridas. **Objetivo:** A proposta deste estudo foi descrever uma técnica de padronização das imagens obtidas por meio da TCFC para avaliação de alterações de lesões periapicais após o tratamento endodôntico. **Métodos:** A técnica utiliza o software Xoran (Xoran Technologies – Ann Arbor – Michigan – EUA) para a padronização e o software Adobe Photoshop CS4 (Adobe Systems Inc. – San Jose – Califórnia/EUA) para a subtração digital das imagens adquiridas em exames de tomografia computadorizada com aquisição volumétrica ou TCFC. Dentes anteriores com necrose pulpar e lesão periapical crônica visível radiograficamente foram submetidos ao tratamento endodôntico seguido de exames por radiografia periapical convencional e TCFC nos períodos: final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1). **Resultados:** As imagens dos cortes transversais selecionados, após padronização, nos períodos (T0) e (T1), foram importadas ao software Adobe Photoshop CS4, onde foram sobrepostas. Por meio da função “subtrair”, foi obtida uma nova imagem apresentando a alteração/reparo da lesão periapical. **Conclusão:** De acordo com esta metodologia, a subtração tomográfica, utilizando-se o

software Adobe Photoshop CS4, pode ser empregada, não somente para a avaliação do reparo periapical in vivo, como também para avaliações comparativas de alterações em diferentes estruturas anatômicas.

Palavras-chave: tomografia computadorizada, lesão periapical, preservação, subtração radiográfica, feixe cônico.

Introdução

O tratamento endodôntico de um dente com necrose pulpar e lesão periapical visível radiograficamente visa o controle da infecção presente no sistema de canais radiculares, permitindo e/ou estimulando o reparo da região periapical (1). A radiografia periapical convencional é o método mais usado para avaliar o reparo periapical após tratamento endodôntico. Porém, o método apresenta limitações na avaliação da anatomia do canal radicular, localização e extensão da lesão periapical, e sua relação com estruturas anatômicas adjacentes (2-7).

As técnicas radiográficas digitais e os métodos de análises computadorizados permitem a mensuração da área da lesão periapical e proporcionam correlação entre as imagens obtidas em diferentes períodos de observação (8). O método tem sido utilizado para observar as alterações ósseas periapicais, em função da alta sensibilidade (9), detectando alterações ósseas inferiores a 0.12 milímetros de espessura.

A análise digital é capaz de distinguir 256 tons de cinza e o olho humano apenas 25 (10). Porém, a dificuldade nesta técnica está na padronização da obtenção das imagens (9). A possibilidade de uso do software Adobe CS para avaliação do reparo ou expansão de lesões periapicais por meio de subtração radiográfica digital foi descrita por Carvalho et al. (11), a partir da padronização na obtenção das radiografias periapicais durante as tomadas.

A tomografia computadorizada (TC) proporciona informações tridimensionais, além de melhor observação das estruturas ósseas e relação com estruturas anatômicas adjacentes (4, 7, 8). Com o surgimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), este tipo de exame passou a ser aplicado à diversas áreas da Odontologia. A avaliação do reparo periapical utilizando-se a TCFC na preservação de dentes endodonticamente tratados tem demonstrado maior confiabilidade e acurácia do que a avaliação radiográfica (4, 12, 13). No entanto, para utilização de métodos comparativos de análise, possibilitando o uso de subtração digital, torna-se importante a padronização das imagens adquiridas.

Assim, o objetivo deste estudo foi descrever uma nova técnica de padronização para imagens obtidas a partir de tomografias computadorizadas com aquisição volumétrica possibilitando a posterior avaliação comparativa, por meio da técnica de subtração digital,

empregando o software Adobe Photoshop CS4 (Adobe Systems Inc.– San Jose – Califórnia – EUA).

Material e Método

No presente estudo, pacientes que apresentavam dentes anteriores com necrose pulpar e lesões periapicais crônicas visíveis radiograficamente foram selecionados, na Clínica de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP. Após o tratamento endodôntico, foi realizado o exame por tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). As imagens adquiridas foram utilizadas para técnica de padronização e posterior comparação quanto às alterações ósseas nos períodos, final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1), por meio da técnica de subtração digital empregando software Adobe Photoshop CS4.

A aquisição das imagens tomográficas foi realizada no tomógrafo i-Cat (Imaging Sciences International Inc. - Hatfield, Penssylvania, EUA) sendo obtidas imagens seqüenciais com 0,3 milímetros de espessura, no plano axial, o que resultou em boa qualidade final da imagem para interpretação. O exame de TCFC foi salvo em ambos os formatos DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) e Xoran.

Para a padronização das imagens tomográficas foi utilizado o software Xoran (Xoran Technologies – Ann Arbor – Michigan – EUA).

Primeiramente, o a imagem do crânio do paciente foi corretamente posicionada em relação aos três planos anatômicos: sagital ou secção ântero-posterior; horizontal, transverso ou axial e; frontal ou coronal. Para isso, as imagens foram movimentadas por meio de uma ferramenta, presente no software, simbolizada por uma reta e posicionada à direita em cada um dos quadrantes. Tal movimentação foi realizada até que se fosse obtido o alinhamento dos pontos craniométricos pelos quais cada eixo seria posicionado posteriormente (Figura 1).

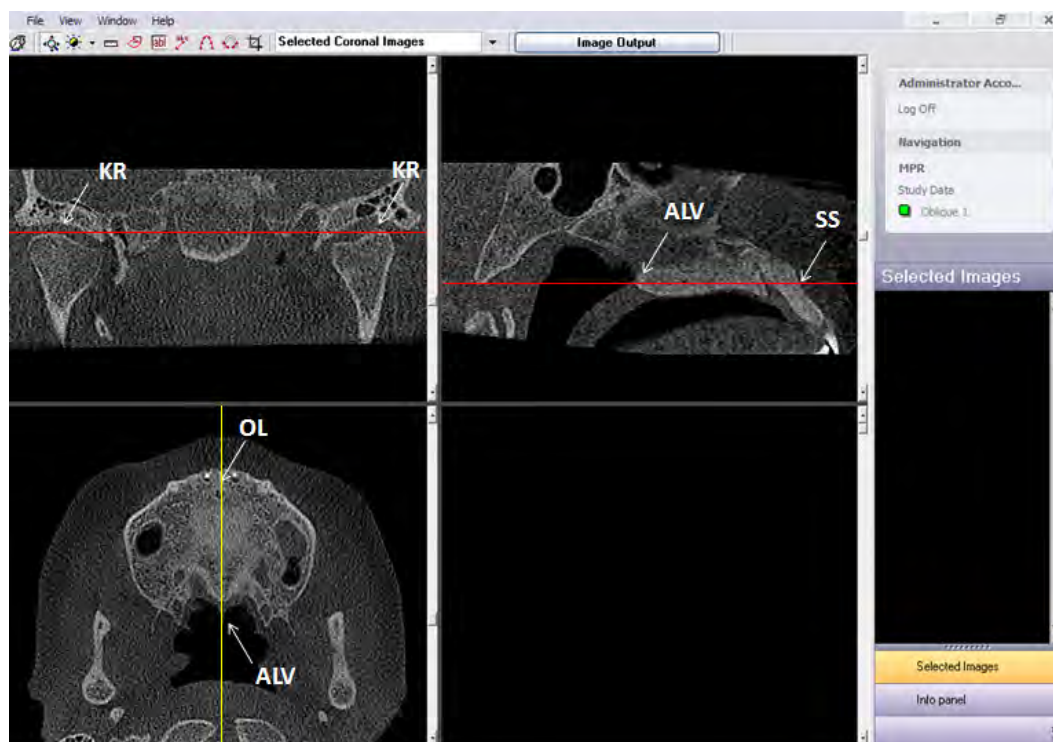


Figura 1: Representação da localização dos pontos craniométricos para o alinhamento da imagem do crânio: Koronion (KR); Alveolon (ALV); Subspinale (SS) e Orale (OL).

Os pontos craniométricos são estruturas anatômicas bem definidas que estão localizadas em acidentes anatômicos facilmente identificáveis ou em posições geométricas. A maioria destes pontos situa-se no plano

médio (PM) e são ímpares, outros estão em planos laterais (PL) e são pares. A seguir, na Tabela I, são apresentados os pontos craniométricos utilizados neste estudo e suas localizações.

Tabela I: Apresentação e localização dos pontos craniométricos, usados neste estudo, para orientação dos eixos axial, sagital e coronal, em cada um dos quadrantes (janelas).

Eixo	Quadrante / Janela	Localização	Pontos craniométricos selecionados	Descrição do ponto
Sagital (amarelo)	Axial (vermelha)	Plano Médio	Orale (OL)	Ponto médio localizado no palato, na tangente às faces palatinas dos incisivos centrais superiores, junto ao osso alveolar.
			Alveolon (ALV)	Ponto de encontro da linha media do palato com a perpendicular que tangencia a borda posterior da arcada alveolar.
Axial (vermelho)	Sagital (amarela)	Plano Médio	Alveolon (ALV)	Ponto de encontro da linha media do palato com a perpendicular que tangencia a borda posterior da arcada alveolar.
			Subspinale (SS)	Ponto mais reentrante, no plano sagital, entre o prosthion e a espinha nasal anterior. É o ponto "A" da cefalometria radiográfica.
	Coronal (verde)	Plano Lateral	Koronion (KR)	Ponto mais alto do côndilo mandibular.
Coronal (verde)	Axial (vermelha)	Plano Lateral	Zygion (ZY)	Ponto mais lateral do arco zigomático.
			Mastoideale (MS)	Ponto mais inferior da apófise mastóide do temporal.

Os eixos foram devidamente posicionados sobre os pontos craniométricos a fim de se obter o correto alinhamento da imagem do crânio e, determinando as angulações α , β , γ (Figuras 2 e 3).

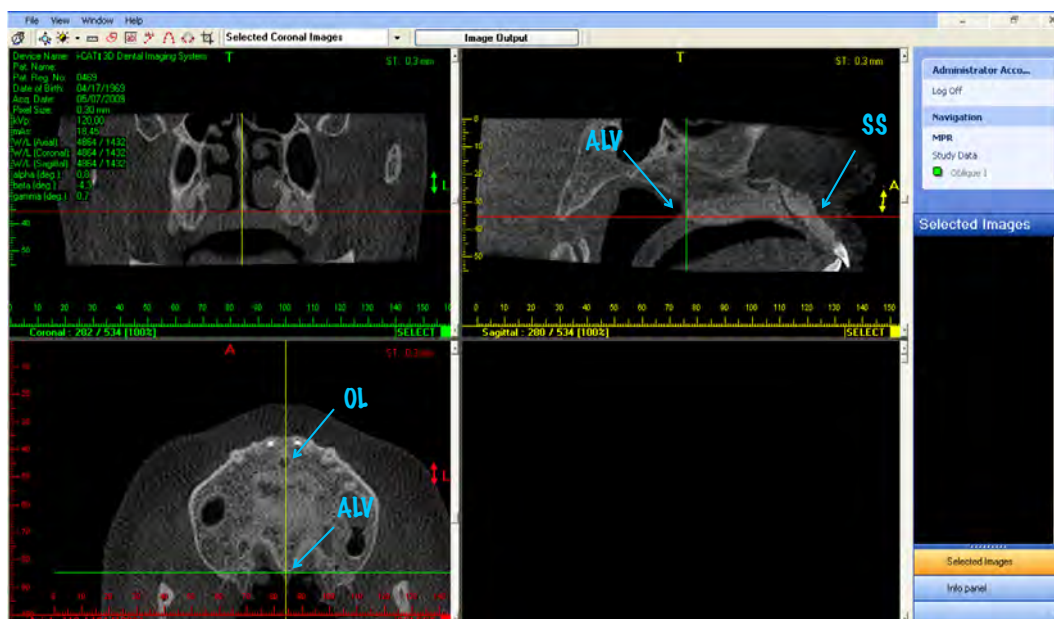


Figura 2: Na janela sagital, eixo axial passando pelos pontos Alveolon (ALV) e Subspinale (SS), eixo coronal também passando pelo ponto Alveolon (ALV). Na janela axial, eixo sagital passando pelos pontos Alveolon (ALV) e Orale (OL).

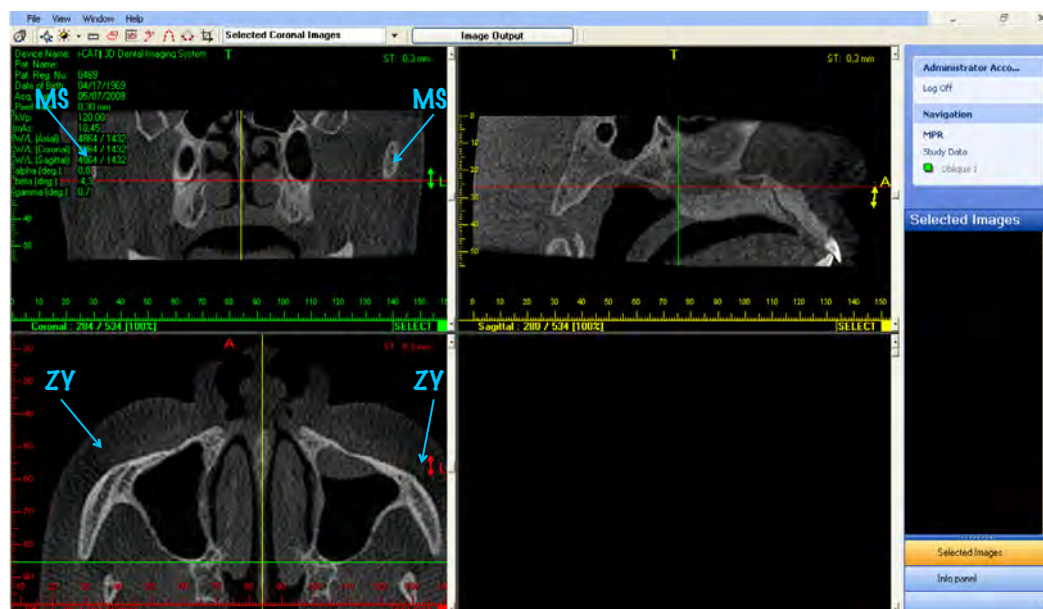


Figura 3: Na janela coronal, eixo axial passando pelos pontos Mastoideale (MS). Na janela axial, eixo coronal passando pelos pontos zygion (ZY).

Após o posicionamento de cada um dos eixos sobre os pontos craniométricos, foram registradas as coordenadas (números das fatias)

correspondentes às posições dos mesmos. Ao final do alinhamento, também foram registradas as angulações α , β , γ .

O próximo passo foi deslocar o eixo axial (linha vermelha), na janela coronal ou sagital, até que a lesão periapical pudesse ser visualizada na janela axial. Em seguida, o eixo coronal foi sobreposto sobre a lesão periapical, e novamente, foram registradas as coordenadas representadas pelos eixos em cada uma das janelas (Figura 4).

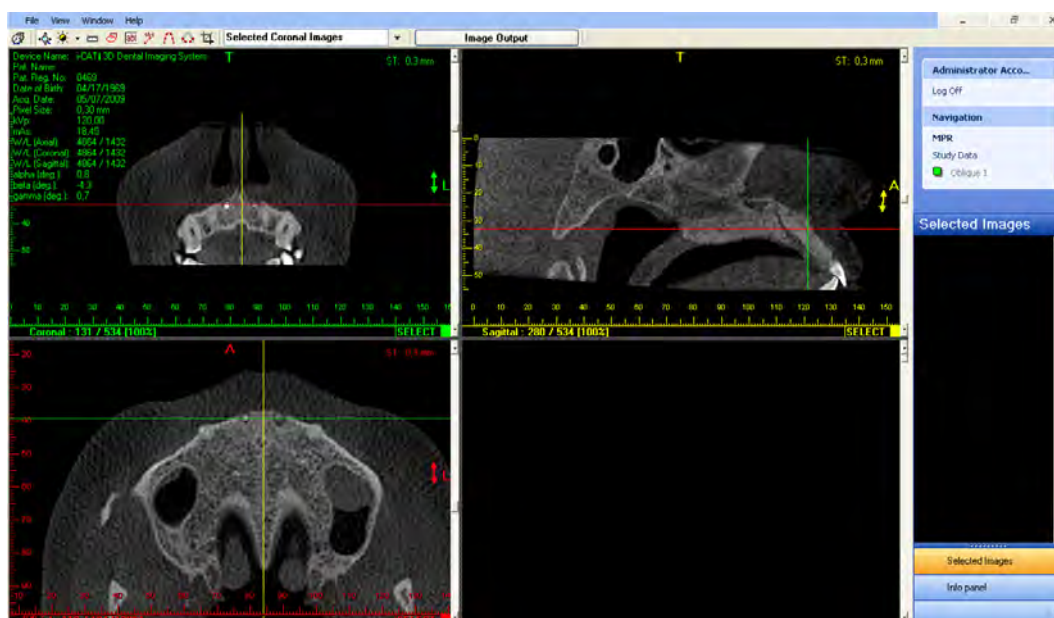


Figura 4: Deslocamento do eixo axial em quaisquer das janelas, coronal ou sagital, de modo que a lesão periapical possa ser visualizada na janela axial, onde o eixo coronal foi posicionado sobre a mesma.

O segmento panorâmico foi traçado, na janela axial, sobre dois pontos de intersecção quaisquer entre os eixos coronal e sagital, os quais tiveram suas coordenadas registradas. Após o traçado do segmento

panorâmico, o software possibilita a visualização das secções transversais (Figura 5).



Figura 5: Apresentação da tela do software após o traçado do segmento panorâmico. Na janela axial, os pontos inicial (A) e final (B) do segmento panorâmico. Na janela dos cortes transversais, corte selecionado em destaque (número 22).

A imagem da tela foi “copiada” por meio da função *print screen* do computador e “colada” no software Paint versão 5.1 (Microsoft Corporation – Redmond – Washington - EUA), onde foi salva em formato bitmap (BMP) (Figura 6). Em seguida, no software Adobe Photoshop CS4, esta imagem foi aberta, e apenas a imagem da secção transversal, que apresentava a maior área de lesão periapical, foi recortada e salva em formato BMP (Figura 7).

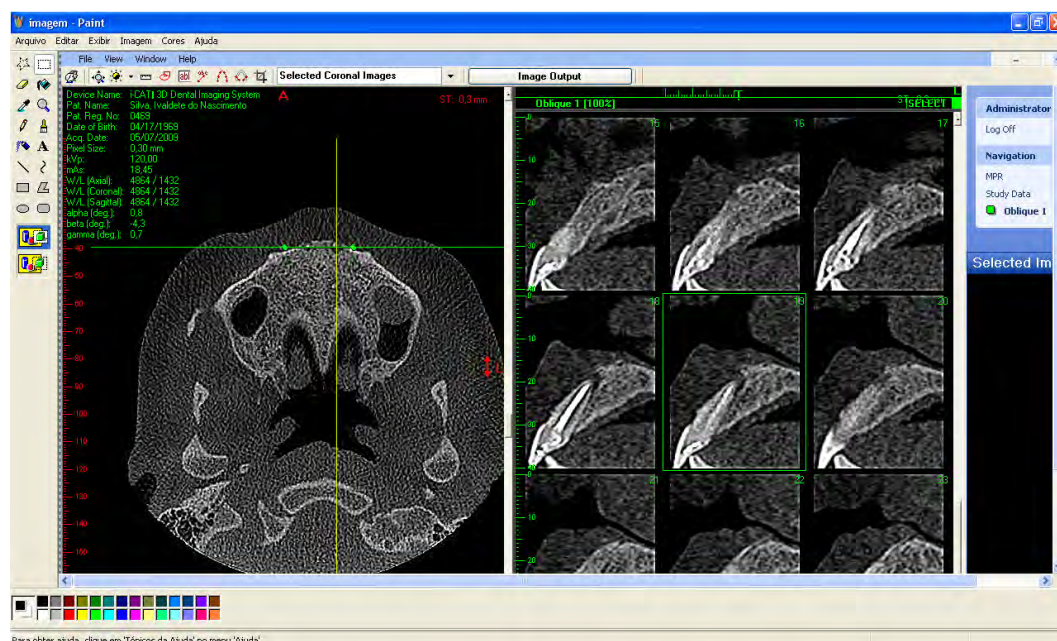


Figura 6: Apresentação da tela do software Paint com a imagem da tela do software Xoran, da qual será recortada apenas a imagem da secção transversal de interesse.

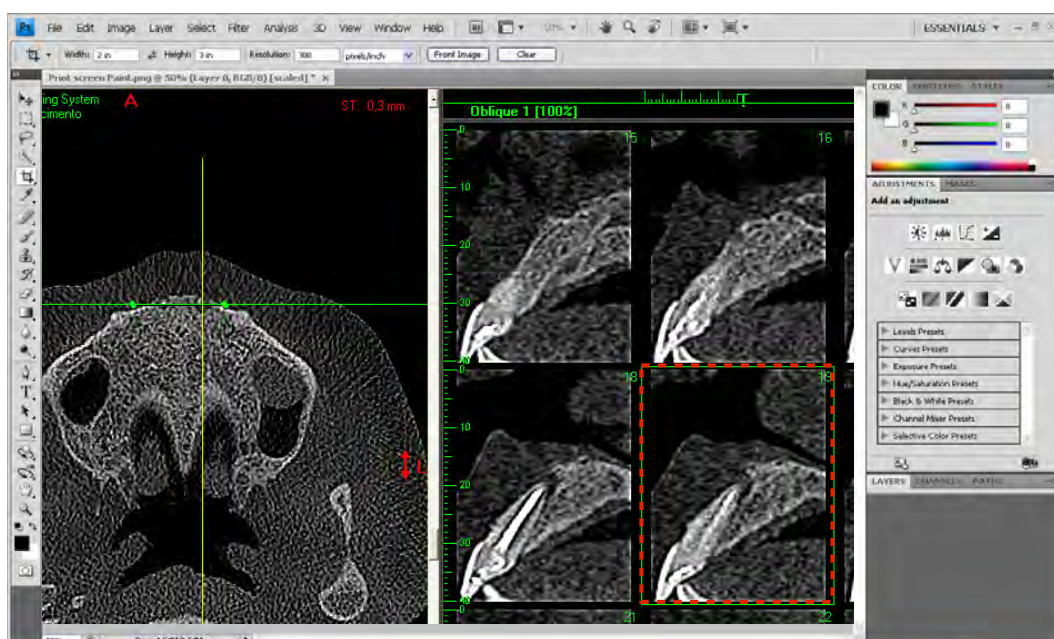


Figura 7: Apresentação da tela do software Adobe Photoshop CS4 com a imagem da qual será recortada apenas a imagem da secção transversal de interesse.

Após a obtenção da imagem do corte transversal do período final (T0), todas as etapas acima descritas foram repetidas para o exame de TCFC do período de três meses de preservação (T1), o qual foi realizado no mesmo aparelho de TCFC e sob as mesmas condições que o exame do período final do tratamento endodôntico (T0).

No presente estudo, não foi necessário repetir todos os procedimentos, pois o software Xoran possui uma ferramenta que nos permite tanto exportar quanto importar os protocolos dos estudos. Sendo assim, ao final da análise do exame do período final do tratamento endodôntico (T0), na barra de ferramentas, selecionou-se a opção “Arquivo” e em seguida a função “Exportar Protocolo”. Selecionou-se uma pasta de destino, onde este arquivo foi salvo em formato xoran. Quando da análise do estudo do período de três meses de preservação (T1), após o mesmo ter sido aberto, selecionou-se na barra de ferramentas a opção “Arquivo” e em seguida a função “Importar Protocolo”. Dentre os arquivos de protocolos apresentados, selecionou-se o protocolo do período final do tratamento endodôntico (T0). Este procedimento fez com que todos os parâmetros adquiridos e registrados no exame período final do tratamento endodôntico (T0), fosse “copiado” para o estudo período de três meses de preservação (T1), facilitando nosso trabalho.

Em seguida, acertou-se as angulações por meio da ferramenta representada, na tela do software, por uma reta posicionada ao lado direito de cada janela.

Resultados

Ambas as imagens, dos períodos final do tratamento endodôntico (T0) e três meses de preservação (T1), foram importadas ao software Adobe Photoshop CS4 e abertas, lado a lado, na tela do computador.

Na barra de ferramentas deste software, foi selecionada a opção “imagem”, seguida da ferramenta “cálculos”. Dentre as opções apresentadas por esta ferramenta, selecionou-se a função “subtrair” que, por meio da sobreposição de imagens, resultou em uma nova imagem (R) que representa a diferença entre as elas, permitindo a observação das áreas de neoformação ou destruição óssea (Figura 7).

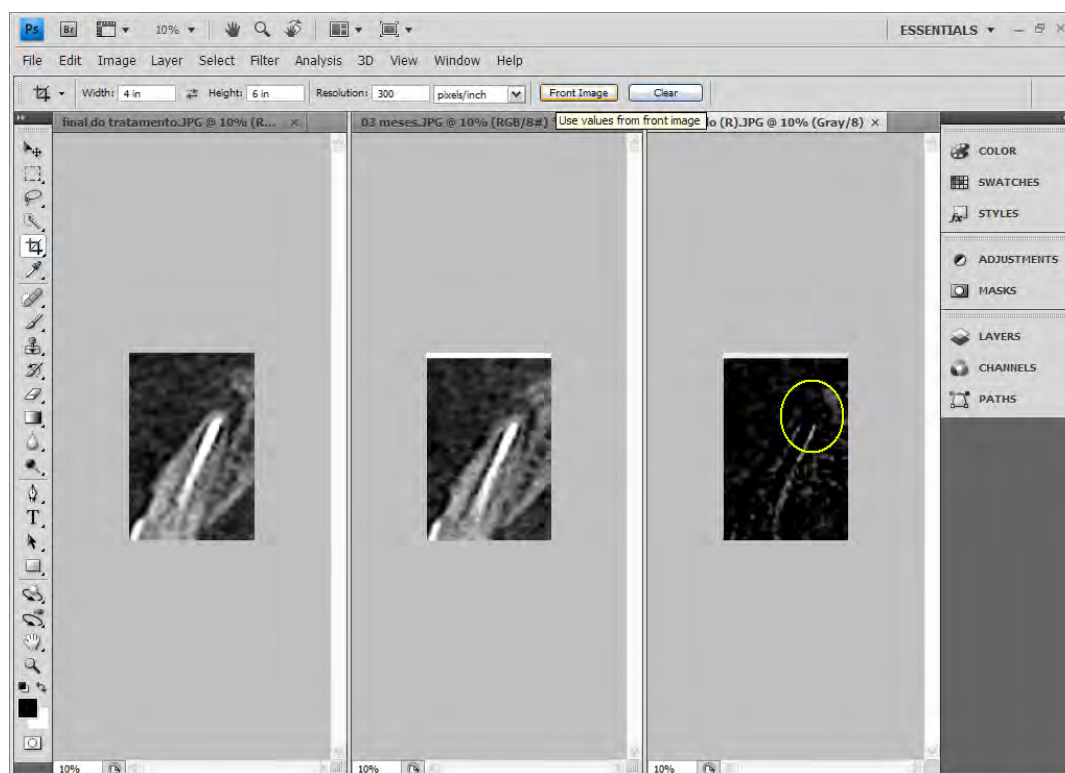


Figura 7: Tela apresentada pelo software Adobe Photoshop CS4 contendo: à esquerda, a imagem da secção transversal ao final do tratamento endodôntico (T0); ao centro, a imagem ao período de três meses de preservação (T1); e à direita, a imagem resultante (R) da subtração das duas anteriores. Em destaque (círculo amarelo), área radiopaca que representa reparo parcial da lesão periapical.

Discussão

A avaliação do reparo ou expansão de uma lesão periapical é, geralmente, subjetiva e pode ser prejudicada pela sobreposição de estruturas anatômicas (15). O reparo de lesões periapicais pode ser avaliado por meio de programas não-específicos de imagem, que permitem contornar o limite da lesão periapical, por meio do cursor (8, 16-18). Porém, estas técnicas são subjetivas quando comparadas à técnica de subtração radiográfica digital (SRD) (17).

O método de SRD por meio softwares específicos é uma ferramenta valiosa para a avaliação de lesões periapicais, promovendo maior confiabilidade na avaliação da formação/reabsorção óssea durante e/ou após o tratamento de canal radicular (19). Além disso, possibilita a detecção de pequenas alterações ósseas (10, 20), sendo até duas vezes mais sensível na detecção de lesões periapicais que a interpretação radiográfica convencional (9). Sob condições técnicas favoráveis, ou seja, sem distorção da projeção geométrica, a SRD é capaz de detectar alterações inferiores a 0.12 milímetros em espessura óssea (10). Nas situações clínicas, onde as distorções geométricas são de 2-3°, o método de SRD é capaz de detectar alterações de aproximadamente 0.42 milímetros, contrastando com a radiografia periapical convencional que somente detecta alterações superiores a 0.85 milímetros (10). A técnica de SRD pode detectar alterações ósseas periapicais de uma forma muito

mais eficiente do que o método visual (10), inclusive daquelas confinadas em osso esponjoso (20, 21).

A utilização de softwares de análise de imagens não-específicos, tais como ImageTool, Image Pro Plus e Adobe Photoshop é uma alternativa para a técnica de SRD na avaliação do processo de reparo ou progresso de lesões periapicais (20, 21). O software Adobe Photoshop é um software de análise de imagens com diversas ferramentas para manipulação de imagens (22). Este software inclui ferramentas que permitem a SRD de duas imagens sobrepostas. Vários estudos têm demonstrado a importância da SRD na avaliação do processo de reparo de lesões periapicais de dentes endodonticamente tratados (11, 17, 23).

Yashioka et al. (23) avaliaram a eficácia da subtração digital radiográfica concluindo ser, o método, importante na detecção precoce do reparo ósseo nos tecidos periapicais. Carvalho et al. (17) descreveram uma técnica de subtração radiográfica na qual imagens de radiografia periapicais convencionais padronizadas por meio de dispositivo, em diferentes períodos de avaliação, foram importadas para o software Adobe Photoshop CS e submetidas à SRD. As imagens resultantes demonstraram aparência radiopaca para áreas de neoformação, e aparência radiolúcida para áreas de reabsorção óssea. Os autores concluíram que a SRD é um método confiável na avaliação da progressão de lesões periapicais após o tratamento de canal radicular, evidenciando alterações periapicais, mesmo em pequenos intervalos de tempo. Em

contrapartida, Orstavik et al. (9) relataram que o método da SRD apresenta limitações na avaliação do reparo periapical, devido a problemas inerentes a técnica, tal como a dificuldade em se obter imagens radiográficas padronizadas.

A dificuldade para a aquisição de imagens padronizadas, encontrada no método de SRD, é descartada para o método tomográfico, uma vez que a imagem do objeto pode ser corrigida e ajustada por meio do software específico, no caso deste estudo, o software Xoran. No momento da aquisição da imagem tomográfica, torna-se importante a correta calibração do aparelho (espessura do corte, tamanho do voxel, entre outros). Desta forma, as aquisições de imagens devem ser realizadas sob os mesmo parâmetros. A partir delas, a técnica de padronização de imagens obtidas em diferentes períodos empregando software específico pode ser aplicada.

A literatura não relata estudos com o software Xoran usado para a análise de imagens adquiridas de TCFC. Porém, esta técnica pode ser utilizada qualquer software específico para análise de imagens de TCFC que apresente as ferramentas: régua milimetrada imóvel nas janelas (axial, coronal e sagital); ferramenta para movimentação das imagens para obtenção do alinhamento aos planos, em cada uma das janelas; visualização dos números dos cortes axial, coronal e sagital selecionados, para registro das coordenadas; e visualização das imagens dos cortes transversais do segmento panorâmico, em adequada resolução.

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido usada como importante método de diagnóstico por imagem. Com objetivo de melhorar a qualidade de informações na preservação de lesões periapicais, a possibilidade do uso de tomografia computadorizada deve ser considerado.

Lofthag-Hansen et al. (6) compararam a radiografia periapical com imagens tridimensionais de TCFC, para o diagnóstico da patologia periapical, destacando a importância da tomografia no diagnóstico de alterações periapicais. Stavropoulos e Wenzel (24) mostraram que a TCFC foi melhor quando comparada às radiografias digital e periapical convencional na detecção de alterações periapicais. Estrela et al. (25) avaliaram os métodos de TCFC, radiografia panorâmica e periapical convencional, na detecção de periodontite apical, por meio do índice periapical (IPA) de Orstavik et al. (26), concluindo que a TCFC demonstrou melhor eficiência na detecção das patologias periapicais.

A presente proposta de padronização de imagens tomográficas está baseada em Craniometria, estudo que determina a mensuração do crânio de maneira universal, permitindo a avaliação comparativa entre diversos estudos (27). A mensuração do crânio utiliza pontos chamados craniométricos, localizados em acidentes anatômicos facilmente identificáveis ou em posições geométricas (27). Para que fosse possível o alinhamento da imagem do crânio aos três planos anatômicos

conhecidos, foram selecionados e utilizados alguns destes pontos, anteriormente descritos.

Dos Santos et al. (28) investigaram dados sobre a correta localização e definição de 22 pontos craniométricos estabelecidos na literatura a partir de estruturas anatômicas, e os adaptaram para imagens digitais obtidas em exames digitais de ressonância magnética. Dentre os pontos craniométricos descritos por estes autores, estão os pontos utilizados neste estudo.

A técnica proposta proporciona padronização da imagem tomográfica permitindo avaliação comparativa em diferentes períodos, com maior precisão quanto às alterações ocorridas em estruturas ósseas e região adjacente. Ela pode ser utilizada para diferentes finalidades e em diversas áreas, como por exemplo: na preservação pós-tratamento endodôntico e pós-cirúrgica, acompanhamento do processo de apicificação de dentes com rizogênese incompleta, controle dos processos de reabsorção externa, entre outros. Patel e Dawood (29) relataram que o uso da TCFC em casos clínicos de reabsorções externas cervicais permite a identificação da real extensão das lesões. Patel et al. (30), em um estudo “in vivo”, compararam a acurácia da radiografia periapical com a TCFC na detecção e controle de lesões de reabsorção, concluindo que a TCFC resultou em perfeito diagnóstico e acompanhamento dos casos tratados.

Também podemos destacar a possibilidade de uso da técnica de subtração tomográfica na avaliação do tratamento periodontal (quantificação e comparação de defeitos periodontais). Misch et al. (31) realizaram um estudo comparando defeitos periodontais por meio da TCFC e métodos tradicionais, relatando a vantagem da TCFC na quantificação dos defeitos, inclusive nas faces, vestibular e lingual.

Conclusão

A técnica descrita para padronização de imagens tomográficas e uso de subtração tomográfica digital possibilita que imagens tridimensionais adquiridas por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) sejam analisadas pela subtração digital. Este método descrito com uso do Adobe Photoshop CS4 é capaz de detectar pequenas alterações ósseas (neoformação/ reabsorção) na região periapical de dentes endodonticamente tratados. A técnica pode ainda ser usada, com outras finalidades, em análises comparativas de imagens obtidas por meio do exame tomográfico.

Referências

1. Leonardo MR. Endodontia: Tratamento de canais radiculares: Princípios técnicos e biológicos. São Paulo, SP, Brasil. Editora Artes Médicas, 2005.

2. Trope M PJ, Petras J, Barnett F, Tronstad L. Differentiation of radicular cyst and granulomas using computerized tomography. *Endodont Dent Traumatol* 1989;5:69-72.
3. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endodont Dent Traumatol* 1990;6(1):16-20.
4. Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endodont Dent Traumatol* 1999;15(4):186-189.
5. Schwarz MS, Rothman SL, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2(3):137-141.
6. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(1):114-119.
7. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed

tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001;92(6):682-688.

8. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Goncalves M, Tanomaru JM. Detection of periapical lesion development by conventional radiography or computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008;106(1):e56-61.
9. Orstavik D, Farrants G, Wahl T, Kerekes K. Image analysis of endodontic radiographs: digital subtraction and quantitative densitometry. Endod Dent Traumatol 1990;6(1):6-11.
10. Nicopoulou-Karayianni K, Bragger U, Patrikiou A, Stassinakis A, Lang NP. Image processing for enhanced observer agreement in the evaluation of periapical bone changes. Int Endod J 2002;35(7):615-622.
11. Carvalho FB, Goncalves M, Tanomaru-Filho M. Evaluation of chronic periapical lesions by digital subtraction radiography by using Adobe Photoshop CS: a technical report. J Endod 2007;33(4):493-497.
12. Paula-Silva FW, Junior MS, Leonardo MR, Consolaro A, da Silva LA. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic

- evaluation of periapical repair in dogs' post-endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108(5):796-805.
13. Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod* 2009;35(7):1009-1012.
 14. Greef S, Willems G. Three-dimensional cranio-facial reconstruction in forensic identification: latest progress and new tendencies in the 21st century. *J Forensic Sci* 2005;50(1):12-17.
 15. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success--who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972;33(3):432-437.
 16. Grecca FS, Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Borges MA. Radiographic evaluation of periradicular repair after endodontic treatment of dog's teeth with induced periradicular periodontitis. *J Endod* 2001;27(10):610-612.
 17. Carvalho FB, Goncalves M, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of periapical changes following endodontic therapy:

- digital subtraction technique compared with computerized morphometric analysis. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38(7):438-444.
18. Tanomaru-Filho M, Poliseli-Neto A, Leonardo ML, Silva LA, Tanomaru JM, Ito IY. Methods of experimental induction of periapical inflammation. Microbiological and radiographic evaluation. *Int Endod J* 2005;38:477-482.
19. Nicopoulou-Karayianni K, Bragger U, Burgin W, Nielsen PM, Lang NP. Diagnosis of alveolar bone changes with digital subtraction images and conventional radiographs. An in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72(2):251-256.
20. Gotfredsen E, Wenzel A. Integration of multiple direct digital imaging sources in a picture archiving and communication system (PACS). *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32(5):337-342.
21. Rawlinson A, Elcock C, Cheung A, Al-Buhairi A, Khanna S, Walsh TF, et al. An in-vitro and in-vivo methodology study of alveolar bone measurement using extra-oral radiographic alignment apparatus, Image Pro-Plus software and a subtraction programme. *J Dent* 2005;33(9):781-788.

22. Chalazonitis AN, Koumarianos D, Tzovara J, Chronopoulos P. How to optimize radiological images captured from digital cameras, using the Adobe Photoshop 6.0 program. *J Digit Imaging* 2003;16(2):216-229.
23. Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H, Sasaki T. An observation of the healing process of periapical lesions by digital subtraction radiography. *J Endod* 2002;28(8):589-591.
24. Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clin Oral Investig* 2007;11(1):101-106.
25. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34(3):273-279.
26. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 1986;2(1):20-34.

27. Pereira CB, Mello e Alvin MC de. Manual de estudos craniométricos e cranioscópicos. Disponível em: <http://www.cleber.com.br/manual1.html>.
28. Santos WDF DP, dos Santos AC, Martin CCS, Guimarães MA. Craniometric Landmarks definitions from multiplanar magnetic ressonance images (MRI) regarding forensic facial reconstruction. Medicina Ribeirão Preto 2008;41(1):17-23.
29. Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. Int Endod J 2007;40(9):730-737.
30. 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(9):831-838.
31. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. J Periodontol 2006;77(7):1261-1266.



Discussão

Discussão

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido usada como importante método de diagnóstico por imagem, sendo indicada sempre que houver a necessidade de melhorar a qualidade de informações. Em Endodontia, a TCFC tem sido empregada para estudo da anatomia do canal radicular, avaliação do preparo do canal radicular, obturação, retratamento, detecção de lesões ósseas, e procedimentos experimentais em endodontia ^{8, 14, 18}.

Muitas técnicas radiográficas avançadas têm sido utilizadas na Odontologia para a detecção de lesões ósseas: radiografias digitais, métodos de densiometria, tomografias computadorizadas, ressonância magnética, ultrassom e técnicas nucleares ^{8, 14, 19}. Alguns estudos têm comparado as diferenças na interpretação da imagem da periodontite apical (PA) por meio da utilização de TCFC, radiografia periapical convencional, ou radiografia digital, tendo a TCFC, mostrado ótimos resultados na detecção da PA ^{16, 18, 30}.

A semelhança na avaliação da extensão das lesões periapicais realizada por meio da TC e radiografia convencional, sugere que, sob as condições de análise das alterações periapicais deste estudo, as lesões apresentavam área de reabsorção óssea capaz de proporcionar evidência radiográfica. Nestes casos, a área histológica (compatível

com a área tomográfica) apresenta-se semelhante à área radiográfica. Podemos inferir que os métodos radiográfico e tomográfico são semelhantes na análise de alterações periapicais com evidenciação radiográfica. Tais resultados sugerem, ainda, que as áreas de reabsorção óssea, pós-tratamento endodôntico, apresentavam extensão compatível com a avaliação radiográfica, uma vez que os períodos de preservação foram curtos. Embora, tenha sido possível detectar diminuição significativa das áreas de reabsorção periapical, elas eram evidentes radiograficamente. Provavelmente, em períodos mais avançados, quando as áreas de reabsorção tornam-se menores a maior sensibilidade da TCFC deva ser ressaltada.

Estes achados concordam com os encontrados no estudo de Tanomaru-Filho et al.²⁷, que analisaram as alterações histológicas da lesão periapical induzida, em dentes de cães, em diferentes períodos de desenvolvimento, correlacionando-as com a presença desta na radiografia periapical. Os autores demonstraram que alterações ósseas histopatológicas podem ser verificadas nos períodos iniciais do desenvolvimento da lesão periapical, quando ainda não são observadas na radiografia periapical. Desta forma, possivelmente em períodos maiores de preservação quando as áreas de reabsorção periapical passam a ser menores, a tomografia apresentaria maior capacidade de avaliar alterações ósseas periapicais.

A avaliação do reparo ou expansão de uma lesão periapical é, geralmente, subjetiva e pode ser prejudicada pela sobreposição de estruturas anatômicas ¹². Usualmente, este tipo de avaliação é realizada por meio de programas não-específicos de imagem, contornando-se o limite da lesão periapical, com o auxílio do cursor ^{3, 13, 15, 28}. Porém, estas técnicas são subjetivas quando comparadas à técnica de subtração radiográfica digital (SRD) ³, que devido ao poder de distinção entre 256 tons de cinza, pode detectar alterações de uma forma muito mais eficiente do que o método visual ²⁹.

Dentre os softwares de análise de imagens não-específicos, tais como ImageTool, Image Pro Plus e Adobe Photoshop, o último é uma alternativa para a técnica de SRD ⁴, uma vez que possui diversas ferramentas para manipulação de imagens ⁶ capazes de minimizar a subjetividade do processo de avaliação, permitindo a SRD de duas imagens sobrepostas. Vários estudos têm demonstrado a importância da SRD na avaliação do processo de reparo de lesões periapicais de dentes endodonticamente tratados ^{3, 4, 31}.

Comumente, os estudos para avaliação do preparo de canais radiculares são realizados com outro tipo de TC, denominada tomografia micro-computadorizada (TMC). Ambas as TC e TMC são não-invasivas, ou seja, as amostras permanecem intactas durante os estudos de instrumentação. Uma grande quantidade de informações pode ser adquirida destas imagens, as fatias podem ser recriadas em qualquer

plano, e os dados podem ser representados em imagens bi ou tridimensionais ²⁵. Porém, a TC apresenta custo inferior que a TMC, podendo ser encontrada e utilizada mais facilmente. Considerando-se as vantagens proporcionadas pela tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), o segundo estudo apresenta uma proposta de técnica, empregando este método de diagnóstico por imagem, para a avaliação da instrumentação de canais radiculares.

Utilizando-se o software Adobe Photoshop CS4 para a realização da técnica de subtração radiográfica foi possível realizar a subtração da imagem final (após o preparo) em relação à imagem inicial (antes do preparo), resultando na representação da área de desgaste das paredes dentinárias em consequência do preparo biomecânico. Tal proposta de técnica é simplificada e não depende de cálculos ou fórmulas matemáticas ^{29, 30}. Apesar de não terem sido encontrados, na literatura, estudos realizados com o software Xoran, esta técnica pode ser realizada em qualquer outro software específico para análise de imagens de TCFC que apresente as ferramentas necessárias.

A proposta de técnica, apresentada no Capítulo 3, visando padronização de imagens tomográficas está baseada em Craniometria ²³. Tal técnica proporciona padronização da imagem tomográfica permitindo avaliação comparativa em diferentes períodos, com maior precisão quanto às alterações ocorridas em estruturas ósseas e região adjacente. Pode ser utilizada para diferentes finalidades e em diversas áreas,

criando uma série de perspectivas para diferentes estudos na pesquisa endodôntica.



Conclusão

Conclusão

Considerando a metodologia empregada e os resultados obtidos nestes experimentos, podemos concluir que:

- Os métodos de avaliação por imagem, radiográfico e tomográfico, evidenciaram a regressão de lesões periapicais três meses após o tratamento endodôntico, e proporcionaram mensurações semelhantes das mesmas.
- A subtração tomográfica, utilizando-se o software Adobe Photoshop CS4, pode ser empregada, não somente para a avaliação do reparo periapical in vivo, como também para avaliações comparativas de alterações em diferentes estruturas anatômicas, a partir da técnica proposta de padronização de imagens tomográficas.
- A técnica de padronização de imagens de dentes humanos extraídos, obtidas a partir de tomografia computadorizada com aquisição volumétrica ou de feixe cônico (TCFC), torna possível a posterior avaliação do preparo de canais radiculares, por meio da técnica de subtração tomográfica, com o software Adobe Photoshop CS4.



Referências

Referencias*

1. Bergmans L, Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J*. 2001; 34: 390-8.
2. Brooks SL. Computed tomography. *Dent Clin North Am*. 1993; 37: 575-90.
3. Carvalho FB, Goncalves M, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Evaluation of periapical changes following endodontic therapy: digital subtraction technique compared with computerized morphometric analysis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009; 38: 438-44.
4. Carvalho FB, Goncalves M, Tanomaru-Filho M. Evaluation of chronic periapical lesions by digital subtraction radiography by using Adobe Photoshop CS: a technical report. *J Endod*. 2007; 33: 493-7.

* De acordo com o estilo Vancouver. Disponível em:
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html.

5. Cavalcanti MG, Ruprecht A, Vannier MW. Evaluation of an ossifying fibroma using three-dimensional computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2001; 30: 342-5.
6. Chalazonitis AN, Koumarianos D, Tzovara J, Chronopoulos P. How to optimize radiological images captured from digital cameras, using the Adobe Photoshop 6.0 program. *J Digit Imaging.* 2003; 16: 216-29.
7. Cotti E, Vargiu P, Dettori C, Mallarini G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol.* 1999; 15: 186-9.
8. Cotti E, Campisi G. Advanced radiographic techniques for the detection of lesions in bone. *Endod Top* 2004; 7: 52-72.
9. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc.* 2003; 31: 817-23.
10. Gambill JM, Alder M, Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22: 369-75.

11. Garib DG. Cone beam computed tomography (CBCT): understanding this new imaging diagnostic method with promising application in Orthodontics. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial. 2007; 12: 139-156.
12. Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success--who's reading the radiograph? Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1972; 33: 432-7.
13. Grecca FS, Leonardo MR, Silva LA, Tanomaru-Filho M, Borges MA. Radiographic evaluation of periradicular repair after endodontic treatment of dog's teeth with induced periradicular periodontitis. J Endod. 2001; 27: 610-2.
14. Huuonen S, Orstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. Endod Top. 2002; 1: 3-25.
15. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Gonçalves M, Tanomaru JM. Detection of periapical lesion development by conventional radiography or computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008; 106: e56-61.

16. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007; 103: 114-9.
17. 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: 1558-64.
18. Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Ianamoto K, Aiji E, Nakamura H. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirooted tooth: a case report. *J Endod.* 2006; 32: 583-7.
19. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995; 21: 561-8.
20. Parks ET. Computed tomography applications for dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000; 44: 371-94.

21. Paula-Silva FW de, Santamaria M Jr, Leonardo MR, Consolaro A, Silva LA da. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dogs' post-endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108,: 796-805.
22. Paula-Silva FW de, Wu MK, Leonardo MR, Silva LA da, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod.* 2009. 35: 1009-12.
23. Pereira CB, Mello e Alvin MC de. Manual de estudos craniométricos e cranioscópicos. [Acesso em 2010 Jan 23] Disponível em: <http://www.cleber.com.br/manual1.html>.
24. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001; 34: 221-30.
25. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999; 32: 165-70.

26. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res.* 2003; 6: 31-6; discussion 179-82.
27. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Duarte MA, Gonçalves M, Guerreiro-Tanomaru JM. Comparative radiographic and histological analyses of periapical lesion development. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 107: 442-7.
28. Tanomaru-Filho M, Poliseli-Neto A, Leonardo MR, Silva LA, Tanomaru JM, Ito IY. Methods of experimental induction of periapical inflammation. Microbiological and radiographic evaluation. *Int Endod J.* 2005; 38: 477-82.
29. Torabinejad M, Eby WC, Naidorf IJ. Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J Endod.* 1985; 11: 479-88.
30. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 92: 682-8.

31. Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H, Sasaki T. An observation of the healing process of periapical lesions by digital subtraction radiography. J Endod. 2002; 28: 589-91.

Autorizo a reprodução deste trabalho.
(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 26 de março de 2010.

PAULA APARECIDA NAKAZONE