CAIO CESAR CREMONINI

Avaliação de medidas lineares do rebordo alveolar previamente à colocação de implantes, na presença de artefatos metálicos dentários, usando a tomografia computadorizada de feixe cônico ou tomografia computadorizada multislice

São Paulo

2011

CAIO CESAR CREMONINI

Avaliação de medidas lineares do rebordo alveolar previamente à colocação de implantes, na presença de artefatos metálicos dentários, usando a tomografia computadorizada de feixe cônico ou tomografia computadorizada multislice

Versão Corrigida

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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Pugliesi Alves de Lima

São Paulo

2011

Cremonini CC. Avaliação de medidas lineares do rebordo alveolar previamente à colocação de implantes, na presença de artefatos metálicos dentários, usando a tomografia computadorizada de feixe cônico ou tomografia computadorizada multislice. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Aprovado em: / /2011

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Gostaria de dedicar esse trabalho ao meu pai Fernando, que sempre teve em sua palavra o incentivo, carinho e orientação de conduta, caráter e perseverança.

À minha mãe Carolina, pelo amor incondicional, apoio e conselhos e paciência

À Ruth (la), pelo amor, preocupação e orações para que tudo dê certo.

Ao meu irmão Fernando e minha irmã Thaís pelo apoio e carinho

Ao Professor Luiz Lima, que desde 2006 acreditou no meu trabalho e ajudou sempre o meu crescimento profissional.

Ao Professor João Batista César Neto, que me ensina sobre odontologia, pesquisa e como melhorar a cada dia como ser humano.

Ao Professor Marcelo Gusmão Paraíso Cavalcanti, que desde 2006 me ensina sobre ciência.

Aos Professores da disciplina de Periodontia (Prof. Cláudio M. Pannuti, Profa. Marinella Houshouzen, Prof. Marco Georgetti, Profa. Marina Conde, Prof. Giorgio di Michelli, Prof Giuseppe A. Romito, Profa. Luciana Saraiva, Prof. Franciso Pustiglioni, Prof Cesário A. Duarte, Prof Koto Nakae) por contribuírem o tempo todo para a conclusão do Mestrado.

Aos colegas de pós-graduação (Rogéria P. Gonçalves, Adriana M. Foz, Samuel Barros, Gislene Inoue, Elaine Fueta Gomes, Livia Tolentino, Ana Paula Benedete, Ricardo Takiy, Leandro Chambrone, Christiane Yorioka),

Aos amigos do LABI-3D (Marianna Dumas, Estevam Utumi, Marcelo Sales, Carla Ruffeil, Andréia Perrella, Alexandre, Marco Albuquerque) por manter um ambiente descontraído e sempre me ajudarem em tudo que eu precisava

À minha namorada, Beatriz, pelo apoio e dedicação

Ao meu amigo Wallace pelo incentivo e conversas sobre a vida, que me ajudam a superar desafios.

Aos meus amigos Fagner e Ariana, pessoas que me inspiram a estudar sempre mais.

.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça de poder realizar o que gosto.

À minha família – Pai (Fernando), Mãe (Carolina), Nando, Thaís, Ia, pelo amor, carinho, palavras de apoio, e por estar junto de mim independentemente se a situação fosse boa ou ruim.

Agradeço ao meu Professor orientador Dr. Luiz A. Lima, pela dedicação, conhecimento adquirido, e guia para eu realizar o meu trabalho.

Ao Professor João Batista César Neto, que contribuiu ativamente na elaboração do texto. Sempre ajudou com todo o ímpeto de um professor de excelência.

Ao Professor Marcelo Cavalcanti, por permitir a utilização do LABI-3D para elaboração do trabalho, além de co-orientar o trabalho, e ter disponibilidade para ajudar sempre, além de ensinar ciência com excelência.

Ao Professor Cláudio Mendes Pannuti, que contribuiu ativamente na interpretação dos resultados, além de despertar o senso crítico científico. Sempre esteve disponível para qualquer ajuda.

A minha colega C.D. Marianna Dumas, co-autora do trabalho, que contribuiu para que o trabalho pudesse ser realizado de maneira leve, e pelo aprendizado simultâneo.

Às bibliotecárias Glauci e Vânia, pela ajuda e atenção para revisão da tese.

Ao funcionário da biblioteca da FOUSP, Amarildo, que sempre deu uma palavra de incentivo nos estudos dentro da biblioteca.

RESUMO

Cremonini CC. Avaliação de medidas lineares do rebordo alveolar previamente à colocação de implantes, na presença de artefatos metálicos dentários, usando a tomografia computadorizada de feixe cônico ou tomografia computadorizada multislice. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2011.

Objetivos: O objetivo do estudo foi avaliar a influência de artefatos metálicos dentários em medidas lineares (altura e espessura) realizadas em cortes seccionais parassagittais do rebordo alveolar, na região do forame mental, utilizando-se duas técnicas de tomografia computadorizada: tomografia computadorizada *multislice* (TCMS), e tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). **Materiais e Métodos:** Dez mandíbulas humanas secas foram selecionadas e escaneadas em dois momentos por cada técnica de tomografia computadorizada, sendo um deles na presença e o segundo na ausência de artefatos metálicos dentários. No segundo escaneamento, restaurações metálicas foram colocadas no topo da crista óssea alveolar, numa posição coronária e adjacente à região do forame mental, para simular a presença dos artefatos. Imagens de cortes parassagittais foram obtidas e medidas lineares (altura e espessura) foram realizadas no rebordo alveolar na região do forame mental por um único observador previamente treinado e calibrado, por meio do software Imaging Studio®, e esse também realizou a análise descritiva se a presença dos artefatos interferiu ou não na identificação de estruturas anatômicas. Todas as mandíbulas foram analisadas na região do forame mental dos lados direito e esquerdo. **Resultados:** Para a TCMS, a presença do artefato metálico aumentou a espessura óssea em 5% e houve uma redução de 6% na altura óssea, entretanto, diferenças em relação à altura e espessura óssea não foram estatisticamente significativas ($p>0,05$). Para a TCFC, a presença dos artefatos metálicos produziu um aumento de 6% na espessura óssea e uma redução de 0,68% na altura óssea. Não houve diferenças significantes ($p>0,05$) ao comparar medidas lineares com e sem artefatos metálicos dentários. Nas imagens com artefatos metálicos, houve uma perda de continuidade da crista óssea alveolar para ambas as técnicas. **Conclusão:** A presença de artefatos metálicos dentários não

alterou as medidas lineares em ambas as técnicas, embora a presença dos artefatos tenha dificultado a localização da crista óssea alveolar.

Palavras-chave: tomografia computadorizada, feixe cônico, multislice, implantes dentários, artefatos metálicos dentários, medidas lineares.

ABSTRACT

Cremonini CC. Assessment of linear measurements of bone for implant sites in the presence of metallic artefacts using cone beam computed tomography and multislice computed tomography. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2011.

Objective: The objective was to evaluate the influence of dental metallic artefacts on linear measurements (height and thickness) performed in parassagittal sections at the alveolar ridge at the mental foramen region using multislice and cone-beam computed tomography techniques. **Materials and Methods:** Ten dried human mandibles were scanned twice by each technique, with and without dental metallic artefacts. Metallic restorations were placed at the top of the alveolar ridge, adjacent and coronary to the mental foramen region for the second scanning, in order to simulate dental metallic artefacts. Parassagittal images were obtained and linear measurements were performed using the Imaging Studio ® software, by a single examiner previously trained and calibrated. The observer also analyzed if the presence of the artefacts could jeopardize the identification of anatomic structures at the image. All mandibles were analyzed at both the right and the left mental foramen regions. **Results:** For the multislice technique, dental metallic artefacts produced an increase of 5% in bone thickness and a reduction of 6% in bone height, although these differences were not statistically significant ($p > 0.05$). With respect to the cone-beam technique, dental metallic artefacts produced an increase of 6% in bone thickness and a reduction of 0.68% in bone height. No significant differences ($p > 0.05$) were observed when comparing measurements performed with and without metallic artefacts. At the images with artefacts, the alveolar bone identification was jeopardized at both techniques. **Conclusion:** the presence of dental metallic artefacts did not alter the linear measurements obtained with both techniques, although its presence made the location of the alveolar bone crest more difficult.

Keywords: computed tomography; cone-beam; multislice; dental implants; dental metallic artefacts; linear measurements.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 - Reconstrução coronal panorâmica mostrando a restauração metálica posicionada adjacente ao forame mental. A seta indica o forame mental. A imagem hiperdensa acima da crista óssea alveolar representa a restauração metálica.....30
- Figura 4.2 - Imagens de cortes parassagittais ilustrando as medidas realizadas nesse estudo. A medida da altura está em verde e a medida de espessura em amarelo.....31
- Figura 5.1 - Corte parassagital obtido pela técnica de TCFC. (A) Imagem obtida sem a colocação da restauração e, conseqüentemente, sem artefatos metálicos dentários. O topo da crista óssea alveolar está evidente. (B) Imagem obtida com a colocação da restauração metálica posicionada adjacente à região do forame mental e, conseqüentemente, com artefatos metálicos dentários. Observe a presença do “beam hardening” próximo a crista óssea alveolar (setas). A presença do “beam hardening” e de estrias podem prejudicar a identificação do topo da crista óssea ..34
- Figura 5.2 - Corte parassagital obtido pela técnica de TCMS. (A) Imagem obtida sem a colocação da restauração e, conseqüentemente, sem artefatos metálicos dentários. O topo da crista óssea alveolar está evidente. (B) Imagem obtida com a colocação da restauração metálica posicionada adjacente à região do forame mental e, conseqüentemente, com artefatos metálicos dentários. Note a presença do “beam hardening” próximo à crista óssea alveolar (setas). O topo da crista óssea alveolar é menos evidente devido a presença do “beam hardening” e de estrias.....35

LISTA DE QUADROS

Tabela 4.1 - Calibração intra-examinador. Índice de correlação intra-classe para as medidas 1 e 2.....	32
Tabela 5.1- Comparação das medidas de altura e espessura, com e sem artefatos metálicos dentários, utilizando a técnica Multislice	35
Tabela 5.2- Comparação das medidas de altura e espessura, com e sem artefatos metálicos dentários, utilizando a técnica de Feixe Cônico.	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	duas dimensões
3D	terceira dimensão
3D-TC	Tomografia computadorizada em 3D
AEO	Academia Européia de Osseointegração
DP	Detector Plano
EM	Erro de medida
FGDP	Faculty of General Dental Practice
FOV	Field of View
HA	Hidroxiapatita
Mm	milímetro(s)
i-CAT	modelo de tomógrafo TCFC
II	Intensificador de Imagem
QX/I	modelo de tomógrafo TCFC
RP	Radiografia Panorâmica
Rx	Raio-X
TC	Tomografia Computadorizada
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
TCMS	Tomografia Computadorizada Multislice
UH	Unidades Hounsfield

LISTA DE SÍMBOLOS

Kv	Kilovolts
mGy	MiliGrays
mSv	MiliSievert
%	Por cento
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
3 PROPOSIÇÃO	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
5 RESULTADOS.....	34
6 DISCUSSÃO	37
7 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS.....	41
ANEXOS	46

1 INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (TC) tornou-se uma das mais usadas técnicas de diagnóstico na implantodontia. A acurácia e precisão das imagens da TC para análise de estruturas ósseas maxilo-faciais facilitaram o planejamento para colocação de implantes dentários (Ersoy et al., 2008; Ganz 2005). A análise das imagens de TC previamente ao ato cirúrgico faz com que o cirurgião, baseado no planejamento cirúrgico, evite lesões ao nervo alveolar inferior e ao seio maxilar no momento da osteotomia (Ersoy et al., 2005). Duas técnicas de tomografia computadorizada são empregadas no meio odontológico: a tomografia computadorizada multislice (MSTC) e a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

A TCMS é considerada a mais recente tecnologia de TC espiral. Ela é reprodutível, possui alta acurácia e é utilizada no campo médico e odontológico (Burridge et al., 2006; Carlsson et al., 2004; Cavalcanti et al., 2002; Cavalcanti et al., 1999). Ela produz imagens detalhadas e precisas do complexo maxilo-facial (Abrahams 1993; Baba et al., 2004; Cavalcanti et al., 2002, Cavalcanti et al., 1999, Cavacanti et al., 1998), . Entretanto, as altas doses de radiação limitam seu uso na prática clínica diária (Cohnen et al., 2002; Coppentrath et al., 2008; Palomo et al., 2008).

A TCFC é uma técnica de TC que, apesar de apresentar uma menor resolução da imagem em relação à TCMS (Cavalcanti 2008; Draenert et al., 2007; Katsumata et al., 2006; Loubele et al., 2008), também promove mensurações precisas e com alta acurácia. Quando comparada à TCMS, a TCFC tem menor custo e produz menor quantidade de radiação, o que levou à sua adoção no planejamento na colocação de implantes dentários (Baba et al., 2004; Cavalcanti 2008; Ganz 2005; Kobayashi 2004, Palomo et al., 2008).

Embora exista evidência de que ambas as técnicas sejam precisas e tenham acurácia, a presença de artefatos metálicos dentários ainda parece interferir com a análise das imagens (Draenert et al., 2007; Katsumata et al., 2006; Holberg et al., 2005; Perrella et al., 2010). Quando escaneadas pela TC, as restaurações metálicas atenuam mais os raios-x (R-x) do que os tecidos moles e duros. Além disso, os

fótons podem não ser detectados pelo aparelho de TC, principalmente devido ao número atômico alto dos agentes de contraste ou implantes dentários, o que pode prejudicar a localização de estruturas anatômicas. A fração aumentada da interação fotoelétrica causa buracos fotopênicos nos dados da projeção, que ficam dispostos nas imagens de TC como estrias de raios de sol (El-Khoury et al., 2004), que emanam radialmente do sítio do objeto metálico. A severidade do artefato em forma de raios-de-sol está relacionada com o tamanho físico do objeto e sua composição (Fiala et al., 1993; Fiala et al., 1994; Glover et al., 1981). Na reconstrução das imagens, os artefatos metálicos dentários podem ser observados como áreas hipodensas (*beam hardening*), circunscritas por áreas hiperdensas (estrias) com mais de 1000 Unidades Hounsfield (UH) (escala de densidade cinza da TC), que podem ser observadas próximo de qualquer tipo de metal, incluindo implantes de titânio e restaurações metálicas (Draenert et al., 2007; Perrella et al., 2010). A presença dos artefatos metálicos dentários pode interferir na identificação de estruturas anatômicas importantes, como o forame mental (Sanders et al., 2007).

Diversos trabalhos demonstraram que os artefatos metálicos dentários influenciam na precisão das imagens e sua resolução, assim como na sua mensuração e na identificação de regiões anatômicas nobres. Contudo, nenhum trabalho se preocupou em avaliar se estes artefatos metálicos dentários podem interferir na avaliação ou mensuração de sítios durante o planejamento de implantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para melhor compreensão e para que o texto seja mais didático, a revisão de literatura foi subdividida em tópicos: 2.1- TCFC e TCMS e dose de radiação, 2.2- influência dos artefatos metálicos dentários na tomografia computadorizada, 2.3- medidas lineares na tomografia computadorizada e 2.4- influência de artefatos metálicos dentários nas medidas lineares.

2.1 TCFC e TCMS e dose de radiação

Tanto a TCFC quanto a TCMS são técnicas de TC que podem ser utilizadas na implantodontia. Ganz et al., 2005 relataram que a TC é uma ferramenta importante e precisa no planejamento de implantes dentários. Além de diagnosticar as dimensões de altura e espessura óssea do rebordo alveolar com o intuito de avaliar se o sítio ósseo comporta a colocação de um implante dentário, a utilização da TC previne que lesões ocorram no momento da perfuração óssea cirúrgica com brocas em estruturas anatômicas nobres, como o nervo alveolar inferior e seio maxilar.

A TCMS é uma tecnologia que possui alta resolução e acurácia de imagem (Cavalcanti et al., 2002, Cavalcanti et al., 1999). A imagem é baseada no topograma (*scout*) do paciente na posição coronal ou axial, e, assim, são selecionados os protocolos de obtenção de imagem e o paciente é escaneado. O sistema possui ampolas (fonte de R-X) e detectores.. Enquanto o paciente é movimentado pela mesa do tomógrafo, o aparelho de R-X rotaciona ao seu redor, e o detector, que está posicionado no lado oposto à ampola, captará a radiação e enviará a informação a uma estação de computadores na qual o sistema está ligado, o que gera aquisição de dados contínua, que são imagens reformatadas e obtenção de volume na imagem. Como o sistema é *multislice*, há maior frequência de rotação da ampola para obtenção de cortes seccionais para um determinado tempo durante o escaneamento, obtendo imagens com maior matriz e menor espessura entre cortes. As escalas de tons de cinza obtidas nas imagens permitem a diferenciação de

densidades teciduais, por exemplo, cortical óssea apresenta uma densidade de aproximadamente 790 UH, enquanto os tecidos moles, como o músculo, apresentam escala de aproximadamente 50 UH. A alta Kv e, conseqüentemente, maior dose de radiação, permitem a diferenciação no momento da obtenção da imagem. Além disso, os voxels (volume tridimensional de um pixel, que é a menor unidade formadora da imagem) possuem um formato cubóide – formato isotrópico (eixos x, y e z do voxel com o mesmo tamanho), o que justifica a alta resolução de imagem. A alta resolução também tem relação com o formato de emissão dos R-x em formato de leque (*fan beam*) (Cavalcanti 2008).

A TCFC, como o próprio nome diz, possui a emissão dos feixes de R-x no formato cônico com um volume limitado de emissão. Os Raios-x são identificados por um intensificador de imagens ou um sensor plano, que rotacional juntamente com a fonte de R-x ao redor do paciente escaneado. No total, 360 imagens são obtidas, sendo uma por grau de rotação ao redor do paciente. Um programa de computador associado ao equipamento une as imagens, formando um modelo tridimensional destas. Os voxels tem um formato anisotrópico, isto é, não possuem um formato cubóide, o que está relacionado ao formato da emissão dos R-x em forma de cone, sendo assim, a imagem possui menor resolução em relação à TCMS. A menor Kv e menor radiação geram menor resolução da imagem, e isso leva a dificuldades na diferenciação da densidade tecidual, como impossibilidade de visualização de tecidos moles (Cavalcanti 2008).

Para melhorar a resolução de imagem da TCFC, foi desenvolvido um sistema que utiliza detectores planos, e este apresenta menor ruído e tem maior resolução de imagem quando comparado a um sistema com o detector do tipo intensificador de imagens no momento da reconstrução e obtenção de cortes seccionais de imagens do complexo maxilo-facial, sendo importante para diagnóstico e planejamento cirúrgico (Baba et al., 2004).

Loubele et al., 2008 (b), através de modelos de contraste fabricados de metilmetacrilato, alumínio e plásticos com densidades de UH iguais ao ar e osso, identificaram que os 3 aparelhos de TCFC avaliados apresentam problemas quando há transição tecidual entre ar e tecidos moles, o que vai de encontro com os achados de Mozzo et al., 1998, que nas imagens de menor dose de radiação encontraram maior ruído. O ruído prejudica o contraste entre tecidos moles e ar.

Com relação à exposição à radiação, cuidados devem ser tomados quanto ao paciente. Cohnen et al., 2002 compararam as doses de radiação de 3 métodos de aquisição de imagem, utilizando um modelo antropomórfico de cabeça, chamado “Rando head phantom”: a radiografia panorâmica (RP), a TCFC e a TCMS. Foi observado que a RP, TCFC, e TCMS expunham o modelo a, respectivamente 0,65, 4,2, e 23 mGy. Coppenrath et al., 2008 identificaram que a TCFC tem 1/3 da radiação da TCMS, ambas contendo uma dosimetria média, não sendo indicadas para utilização rotineira pelos pacientes. Palomo et al., 2008 estudaram um método para redução da radiação na TCFC, diminuindo a colimação do feixe de R-x e diminuição da kV e FOV.

Harris et al., 2002 publicaram um trabalho onde a Academia Européia de Osseointegração (AEO), juntamente com a FGDP (Faculty of General Dental Practice) chegaram a um consenso em que a utilização de TCFC e TCMS na implantodontia deve ser feita de maneira racional para que se evite a exposição do paciente a altas doses de radiação. A análise para utilização da TCFC ou TCMS deve ser feita caso-a-caso. Para diminuição da dose da TCMS, Loubele et al. 2005 utilizaram um protocolo com baixa dose de radiação e um filtro para diminuição do ruído da imagem, para que assim esta tenha qualidade aceitável para planejamento de implantes dentários.

Loubele et al., 2008 (a) avaliaram a dose de radiação e qualidade de imagem de 4 aparelhos de TCFC (i-CAT, 3D accuitomo, New Tom 3G e MercuRay e de 1 aparelho de TCMS (Sensation 16). Um modelo de crânio e um modelo de contraste de foi utilizado e as doses de radiação calculadas. A imagem que obteve melhor acurácia pela dose de radiação foi a do aparelho i-CAT.

Loubele et al., 2009 avaliaram a dose de radiação emitida na região maxilo-facial de 3 aparelhos de TCFC (i-CAT, 3D accuitomo e New Tom 3G) e 3 escaners da TCMS (Somatom Volume Zoom 4, Somatom Sensation 16 e Mx8 IDT). Foi utilizado um modelo Rando para cálculo da dose de radiação efetiva. A dose de radiação variou de 13 a 82 μ Sv para TCFC, sendo que o 3D accuitomo foi o aparelho que apresentou menor dose de radiação e o i-CAT a maior dose. Para TCMS, a dose de radiação variou de 474 para 1160 μ Sv. Como recomendação, é importante justificar a seleção da técnica para otimização da dose da radiação para uma imagem com qualidade suficiente para um exame diagnóstico pré-cirúrgico.

2.2 Influência de artefatos metálicos na tomografia computadorizada

Os artefatos que aparecem nas imagens da TC não estão restritos somente aos artefatos causados por movimentos fisiológicos, como respiração e deglutição, mas também estão relacionados à presença de objetos metálicos utilizados para fins restauradores, reabilitadores ou protéticos dentais, como restaurações metálicas, aparelhos ortodônticos, implantes dentários. Esses objetos metálicos, quando presentes na área escaneada pela TC, produzem os artefatos metálicos dentários com aspectos de estrias hiperdensas ou do tipo “beam hardening” nas imagens de TC (Fiala et al., 1993; Fiala et al., 1994; Glover et al., 1981; Perrella et al., 2010). Na presença desses artefatos, a imagem de TC fica prejudicada, pois há a formação de estrias hiperdensas e hipodensas nas áreas adjacentes à estrutura metálica, o que prejudica a interpretação da imagem, independente do corte seccional utilizado para visualização desta.

Fiala, Novelline e Yaremchuk (1993) avaliaram em dados de TC para realização de cirurgia crânio-maxilo-facial as estruturas metálicas que produzem artefatos metálicos na imagem 3D obtida. Foi observado que os artefatos do tipo *starburst* que mais prejudicavam a imagem estavam relacionados ao tamanho da peça metálica e o material de que ela é composta. Nesse estudo, os implantes de titânio apresentaram menor severidade de artefatos nas imagens de TC do que os materiais compostos de aço inoxidável. Katsumata et al., 2006 utilizaram materiais com diferentes densidades para avaliar a produção de artefatos metálicos, como um modelo de densidade equivalente ao osso trabecular (330 UH), um modelo de densidade equivalente ao osso cortical (795 UH), alumínio (2140 UH), filtro de R-x resinoso (3750 UH) e cobre (mais de 4000 UH). Como cada modelo tinha o mesmo tamanho, com 10 x 10 x 20 mm (formato de paralelepípedo), houve maior produção de artefatos metálicos quando o material era mais denso, no caso, o modelo de cobre produzia mais artefatos nas imagens de TCFC. Também havia maior presença de artefatos nas imagens quando o aparelho de TC era regulado com maior Kv.

Outro aspecto relacionado à produção de artefatos metálicos nas imagens de TC está relacionado à posição do objeto. Utilizando-se de um cilindro cheio de água, Katsumata et al., 2006 posicionou os modelos de mesmo tamanho em lugares diferentes no momento do escaneamento, sendo que em uma situação o objeto era

posicionado exatamente no centro do cilindro, um posicionado na margem anterior, e um posicionado na margem lateral. Os artefatos apareciam de acordo com a posição dos objetos no cilindro, isto é, artefatos em forma de arco no lado frontal, quando o objeto era posicionado na posição frontal e em formato de arco no lado lateral, quando o objeto era posicionado na região lateral durante o escaneamento. Nesse trabalho também foi ilustrada a importância do II na formação dos artefatos. Os artefatos de halo aparecem nos $80^\circ/360^\circ$ e nos $260^\circ/360^\circ$ durante o escaneamento pela TCFC, isto é, áreas por onde o feixe de Rx tangencia o objeto. Essas informações vão de encontro com as obtidas por Draenert et al., 2007¹¹, que verificou maior incidência de artefatos produzidos por implantes dentários nas áreas de caninos (área lateral do escaneamento, por onde o R-x tangencia a imagem). Esse estudo utilizou o modelo New Tom 9000 (TCFC), comparado com o Philips MX 8000 (Multislice 4 detectores).

Existem diferenças entre a TCFC e a TCMS no que se refere à presença de artefatos metálicos dentários. Draenert et al, 2007 comparou as duas técnicas utilizando-se de um modelo Rando, e instalou implantes de titânio nas posições de canino e molar. Na análise dos resultados, notou-se que as imagens originadas pela TCFC apresentavam maior beam hardening ao redor dos implantes em relação às imagens obtidas pela TCMS, que quase não possuíam beam hardening. Entretanto, esses dados estão em desacordo com os obtidos por Holberg et al., 2005, que, dentre outras avaliações, analisaram paciente com restaurações metálicas. Houve maior influência dos artefatos metálicos originários de restaurações metálicas nas imagens obtidas pela TCMS em relação à TCFC. Os artefatos, quando apareciam na TCFC, estavam relacionados a artefatos de movimentação do paciente durante o escanamento. Já as imagens de TCMS não eram praticamente influenciadas pelos artefatos de movimento, pois o tempo de escaneamento é mais curto. No entanto, os artefatos metálicos dentários prejudicavam a interpretação das imagens de TCMS. Sanders et al., 2007, em um estudo também realizado com pacientes, identificaram que a presença de artefatos metálicos dentários originários de bráquetes de aço inoxidável também interferiam nas imagens da TCFC. Loubele et al., 2008 (b) utilizaram modelos fabricados de alumínio e polimetilmetacrilato para comparar a influência de artefatos metálicos na imagem de TC, utilizando 3 aparelho de TCFC e um aparelho de TCMS. Eles encontraram que as imagens de TCFC são menos influenciáveis pelos artefatos metálicos do que a TCMS, pelo fato da TCFC ter uma

melhor resolução para altos contrastes, sendo melhor para diagnóstico de detalhes ósseos.

Existem métodos para redução de artefatos metálicos, que atenuam a interferência desses nas imagens de TC. Foram utilizadas técnicas que são baseadas na segmentação das regiões metálicas afetadas nas imagens nativas, seguidas pela re-projeção da imagem, remoção dos traços metálicos, e utilização de detectores seletivos e filtros adaptadores (Rinkel et al., 2008). Houve melhora na utilidade diagnóstica, e na detecção de lesões osteolíticas simuladas de diferentes tamanhos e densidades, ao redor de coroas de cromo-cobalto. Entretanto, na proximidade da restauração metálica, restaram artefatos em todos os métodos (Rinkel et al., 2008). Vannier et al., 1997 utilizaram algoritmos para redução de artefatos metálicos na formação da imagem da TC. Naranjo et al., 2011 propôs um método para redução dos artefatos metálicos nas imagens de TC utilizando filtros, o que diminuiu as estrias que emanam do objeto metálico e houve melhora significativa na interpretação das estruturas anatômicas adjacentes ao objeto metálico quando este estava presente.

Perrella et al., 2010 avaliaram a influência dos artefatos metálicos dentários na acurácia de detecção de lesões ósseas simuladas através da TCMS. Foram utilizadas 15 mandíbulas maceradas. Foram realizadas perfurações com brocas com 1 mm de diâmetro no córtex vestibular ou lingual. Foram realizadas 51 perfurações com diferentes diâmetros (de 1-3 mm), podendo ou não invadir o osso medular. Essas lesões poderiam ser uniloculares ou multiloculares. As lesões foram produzidas por um operador cego para a avaliação. Em seguida, as mandíbulas foram escaneadas pela TCMS 16 canais. Restaurações metálicas foram posicionadas e fixadas com cera utilidade em regiões adjacentes às lesões simuladas, e as mandíbulas foram submetidas a um novo escaneamento. Na avaliação de sensibilidade, 90% das lesões foram identificadas nas imagens (número de lesões) sem artefato, e 100% com relação à invasão da medular. Na presença de artefatos metálicos dentários, 78% das lesões foram identificadas com relação ao número de lesões e 86% com relação à invasão medular. A presença dos artefatos não afetou a sensibilidade de diagnóstico de maneira estatisticamente significativa.

Bueno et al., 2011 sugeriram utilizar cortes axiais pequenos para análise pela TC de pinos intra-radulares que causaram perfuração radicular e causaram

fístula no periodonto, justamente para diminuir a interferência dos artefatos metálicos dentários. Já Costa et al., 2011, através de exames de diagnóstico de fraturas radiculares pela TCFC de alta resolução quando o dente examinado tinha ou não pino intra-radicular. A sensibilidade encontrada foi de 73-88% nos dentes que apresentaram fratura, mas que não tinham pinos metálicos intra-radiculares. No caso de dentes com pinos intra-radiculares, a sensibilidade chegou aos 55-70%, isto é, a presença dos pinos intra-radiculares, e, conseqüentemente, dos artefatos metálicos dentários nas imagens de TCFC, afetou significativamente a sensibilidade no diagnóstico de fraturas radiculares, além de afetar a especificidade, isto é, quando não havia fratura, o diagnóstico de verdadeiro negativo do examinador era prejudicado pela presença do “beam hardening”,

2.3 Medidas lineares na tomografia computadorizada

Estudos validaram a utilização da TC na implantodontia desde o final dos anos 90. Cavalcanti et al., 1998 validaram o uso da TC espiral 2-D, pela comparação de medidas lineares obtidas diretamente em cadáveres, utilizando-se de um paquímetro, às obtidas após o escaneamento nas imagens. Nesse estudo, não houve diferenças estatisticamente significantes entre as medidas obtidas diretamente na mandíbula e as medidas obtidas diretamente no cadáver. Cavacanti et al., 1999, utilizaram oito cadáveres para utilização da TCMS nas regiões próximas ao canal incisivo da maxila no planejamento de implantes dentários. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as medidas lineares obtidas na TC e as obtidas diretamente nos cadáveres, o que validou a utilização da TCMS na análise dessas imagens. Cavacanti et al., 2002 também estudaram a utilização da 3D-TC para implantes dentários e utilizaram intervalos de 0,5 mm entre cada corte seccional, com 0,5 mm de intervalo de reconstrução. Mensurações eletrônicas foram realizadas em tomografia obtidas de cadáveres. Dois radiologistas fizeram medidas da região do forame mental à crista óssea alveolar, e os tecidos moles foram removidos para que as mesmas medidas fossem feitas novamente. Não houve diferenças estatisticamente significantes, mostrando a acurácia e precisão da 3D TCMS.

Kobayashi et al., 2004 avaliaram a acurácia de medidas lineares em 5 mandíbulas de cadáveres, e os dados foram comparados na TCFC e na TCMS em relação à medida realizada por um caliper digital diretamente na mandíbula fatiada, o padrão ouro. O erro de medida variou de 0 a 6,9% na TCMS e de 0,1 % a 5,2% na TCFC, com média de 2,2% e 1,4%, respectivamente. O estudo demonstrou que a TCFC é uma técnica de TC adequada para observação das estruturas ósseas mandibulares, e, conseqüentemente, para avaliação pré-operatória na para instalação de implantes.

Loubele et. al, 2006 avaliaram modelos ósseos gerados por TCFC e TCMS. Quatro diferentes protocolos foram utilizados, e três diferentes tipos de scanners de TCFC utilizados: o New Tom 9000 DVT (Quantitative Radiology, Verona, Italy), i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), e o 3D Accuitomo (J Morita, Kyoto, Japan). O primeiro escaneamento com a TCFC, realizado em um modelo antropomórfico do RANDO 'head phantom', foi obtido pelo New Tom 9000 DVT, e comparado com o mesmo modelo obtido pela TCMS, utilizando-se o Somatom Volume Zoom (Siemens, Erlangen, Germany). O segundo modelo escaneado do RANDO head phatom utilizou o 3D accuitomo e o Somatom Volume Zoom. O terceiro e quarto modelos consistiram de uma imagem de mandíbula e outra de maxila, respectivamente, de pacientes que estavam sendo submetidos a planejamento para colocação de implantes. Para o terceiro e quarto modelo, foi utilizado o i-CAT nas imagens de TCFC e o Lightspeed QX/I (GE Medical Systems, Milwaukee, WI) nas de TCMS. Para a validação, foram realizadas medidas na imagem obtida e no modelo anatômico, pelo registro da imagem, e pela medida de espessura óssea. Houve diferença estatisticamente significativa entre a TCMS e a TCFC quando a espessura óssea segmentada foi utilizada, variando de $0,05 \pm 0,47$ mm (i-CAT) – comparado com o Lightspeed QX/I, até $1,2 \pm 1,00$ mm (3D Accuitomo) na maxila posterior – comparado com o Somatom Volume Zoom. Essa diferença corresponde a um valor de 1 a 1,5 voxels de TCMS.

Loubele et al., 2007 utilizaram uma mandíbula humana seca para avaliar a espessura do osso mandibular, e assim, obter validação da técnica de TCFC e de TCMS, e 1 mandíbula fixada por formol para a análise qualitativa. Foi considerado como padrão ouro a utilização de um paquímetro digital para a mensuração das estruturas anatômicas. Nas regiões avaliadas, de caninos e pré-molares, foi realizada a avaliação subjetiva das imagens da maxila fixada por formol, incluindo

tecidos moles e além da avaliação inter e intra-examinador. As medidas realizadas diretamente na mandíbula são, na média, 0,23 mm maiores na TCFC e 0,34 mm na TCMS. Para avaliação de visualização e delineamento da região do lâmina dura e espaço do ligamento periodontal, a TCFC foi significativamente melhor do que a TCMS. Em relação à identificação do osso cortical e gengiva, a TCMS foi significativamente melhor do que a TCFC. Loubele et al., 2008 também identificou precisão submilimétrica nas medidas lineares realizadas pela TCMS e pela TCFC.

Suomalainen et al., 2008 utilizaram uma mandíbula seca para realizar escaneamentos tomográficos com TCFC e TCMS. Foi realizado também o escaneamento da mandíbula submersa em uma solução de sacarose, que é isotônica em relação aos tecidos moles. Exames realizados com baixa dose de radiação foram realizados apenas nas mandíbulas imersas. Medidas lineares de altura e espessura dos cortes parassagitais na região da mandíbula foram realizadas nas regiões dos segundos molares (região edêntula) e segundos pré molares (região dentada). Um bráquete ortodôntico foi colado na região edêntula, junto a crista do rebordo alveolar e na face vestibular. Na área dentada, o bráquete foi colado apenas na face vestibular. Eles foram colocados para comparar as mensurações nas imagens e a mensuração realizada diretamente nas mandíbulas (padrão ouro). Dois observadores realizaram as medidas. As mandíbulas foram cortadas em fatias de 4mm (onde estavam posicionados os bráquetes ortodônticos) e as doses de radiação foram comparadas. Verificou-se que não há correlação entre a dose de radiação e o EM ($r = -0,159$, $P = 0,008$). A TCFC embebida em solução de sacarose foi o melhor método em relação ao EM. O modelo de miliamperagem e quilovoltagem, tempo de rotação e fator campo como variáveis independentes influenciaram 5,3% do EM. A média de EM foi de 4,7% para a TCFC e 8,8% para o TCMS na mandíbula seca, e 2,3% e 6,6% para a mandíbula imersa em solução de sacarose, respectivamente, e 5,4% para a TCMS de baixa dose de radiação. A TCFC é uma ferramenta confiável para medidas de rebordo alveolar para planejamento de implantes, bem como a TCMS com baixa dose de radiação.

Kamburuglu et al., 2009 estudaram a acurácia e reprodutibilidade das medidas da TCFC ao redor do canal mandibular, comparando diretamente com as medidas obtidas pelo compasso de calibre digital. Seis hemi-mandíbulas foram examinadas utilizando-se do sistema ILUMA TCFC. Os espécimes foram cortados em 7 regiões, e um caliper digital foi utilizado para realizar as seguintes

medidas para cada corte seccional: largura mandibular, comprimento mandibular, distância superior, distância inferior, distância vestibular, e distância lingual. As mesmas distâncias foram medidas nas imagens correspondentes obtidas através da TCFC. Dois observadores previamente treinados e calibrados realizaram as medidas separadamente e essas foram repetidas em um intervalo de uma semana. Foi realizado o índice de correlação intra-classe e a reprodutibilidade inter-examinador. Para correlação intra-observadores, alta concordância foi encontrada, com um intervalo entre 0,86 a 0,97 para as medidas na TCFC, e 0,98 a 0,99 para o caliper digital. Para correlação inter-observadores, foi de 0,84 a 0,97 para TCFC e 0,78 a 0,97 para medidas no caliper digital. A relação direta entre TCFC e caliper digital foi de 0,61 a 0,93 para o primeiro observador e 0,40 a 0,95 para o segundo observador. A acurácia da TCFC em várias distâncias do canal mandibular foi comparável às medidas do caliper digital.

Al-Ekrish e Ekram 2011 investigaram a acurácia e confiabilidade de medidas em rebordos alveolares edêntulos utilizando-se a TCMS de 16 canais e a TCFC com um detector plano (DP). Foram utilizados 5 crânios secos e estes foram marcados em pontos específicos com guta-percha, para que medidas lineares de altura e espessura pudessem ser comparadas na imagem e diretamente na mandíbula. Dois observadores realizaram as mensurações, tanto na maxila quanto na mandíbula. Para concordância intra-observador, as medidas foram novamente realizadas após 1 semana. Os observadores eram cegos em relação à localização dos sítios da TCMS e a da TCFC. Para mensuração na mandíbula e obtenção do padrão-ouro, utilizou-se um caliper digital. Foram mensurados sítios na maxila e na mandíbula (região de incisivos, canino-pré-molares, e molares). Houve alta concordância intra-examinadores. A concordância inter-examinadores foi menor, principalmente em relação à TCFC em relação à TCMS. A média de erros foi de 0,65 mm para TCMS e 0,48 mm para TCFC. Como há erros de medida, os autores sugerem que quando um implante for planejado, deve ser considerado 1mm de superestimação em relação à altura e espessura óssea na análise da imagem da TCFC e na TCMS.

2.4 Influência de artefatos metálicos em medidas lineares

Nkenke et al., 2004 determinaram os limites da acurácia da fusão da imagem 3D óptica e a 3D-TC com e sem artefatos metálicos em uma configuração experimental e demonstraram a aplicação do sistema híbrido na simulação de cirurgia ortognática. Foram utilizados 10 modelos de gesso de arcos dentários e estes foram escaneadas pela TC e pela 3D óptica. No momento seguinte, restaurações metálicas foram construídas nos primeiros molares inferiores em ambos os lados, e novo escaneamento com a TC e com a óptica 3D foram realizados. Quando houve a fusão dos dados entre a TC e as imagens ópticas 3D, os pontos eram considerados correspondentes quando sua distância era menor que 1 mm. A média das distâncias entre os pontos correspondentes foram realizadas nos dois momentos (presença e ausência de artefatos metálicos). A seguir, a simulação virtual da cirurgia foi realizada. A média da distância entre os pontos da TC e da superfície óptica 3D foi de $0,1262 \pm 0,0301$ mm e $0,2671 \pm 0,0580$ mm, para os modelos de gesso, com e sem restaurações metálicas, respectivamente, sendo estatisticamente significante ($p < 0,0005$). No paciente, a média da diferença foi de $0,66 \pm 0,49$ mm, e $0,56 \pm 0,48$ mm, para a mandíbula e maxila, respectivamente, entre TC e superfície óptica. A acurácia entre a fusão da 3D TC e a imagem óptica 3D foi significativamente reduzida na presença de artefatos metálicos. Entretanto, os autores concluíram que a TC parece ser apropriada para planejamento virtual e para a simulação de cirurgia ortognática.

Ravazi et al., 2010 avaliaram a espessura da cortical óssea numa área adjacente a implantes dentários, isto é, que apresentam na imagem de TC o “beam hardening”, utilizando dois aparelhos de TCFC. Foram utilizadas duas costelas bovinas frescas preparadas (sem tecidos moles), onde os implantes dentários foram instalados, sendo que 5 implantes foram colocados em cada costela. Após esse procedimento, cada costela foi escaneada por dois tomógrafos de feixe cônico: o 3D Accuitomo e o i-CAT. As costelas foram incluídas em resina para obtenção de cortes histológicos. Foram realizadas medidas lineares nas imagens obtidas pelos dois aparelhos de TC, e as mesmas medidas também realizadas diretamente nos cortes histológicos, que foi considerado o padrão ouro. Dez examinadores realizaram a análise das medidas obtidas nas imagens de TC. As medidas realizadas nas

imagens foram: distância vertical da crista óssea alveolar à parte mais alta do implante, a espessura óssea, partindo do implante em relação à superfície externa da cortical óssea, nos níveis de 3, 6 e 9 mm da porção mais coronária do implante. Os examinadores repetiram as medidas em 4 implantes, para que haja concordância intra-examinador. Para a técnica de 3D accuitomo, esteve bem próxima à do padrão ouro entre 0,3mm e 3,7 mm de espessura óssea, com exceção da medida do nível de 3 mm, onde a espessura óssea estava menor que 0,8 mm. Não houve diferença entre os examinadores ($P>0,05$). As medidas do i-CAT subestimam as medidas de espessura em relação ao padrão ouro. As medidas verticais foram superestimadas pelos dois sistemas. A média de erros de medidas em relação ao padrão ouro para 3, 6 e 9 mm foram: 66%, 28% e 16 %, respectivamente, para o i-CAT, e 23%, 5% e 6% para o 3D Accuitomo. No estudo foi salientado que o i-CAT possui um tamanho de voxel de 0,3 mm e o 3D Accuitomo tem um tamanho de voxel de 0,125, isto é, possui melhor resolução para a análise das imagens com “beam hardening”.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência de artefatos metálicos dentários em medidas lineares (altura e espessura) realizadas em cortes seccionais parassagitais do rebordo alveolar, na região do forame mental, utilizando-se de duas técnicas de tomografia computadorizada: TCMS e TCFC.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi aprovado pelo comitê de ética da FOUSP com o número do protocolo 151/03 (Anexo A e Anexo B).

Foram utilizadas dez mandíbulas humanas secas. As mandíbulas que possuísssem rebordo alveolar extremamente reabsorvido (altura < 4 mm) e presença de lesões intra-ósseas foram excluídas do estudo, pois uma mandíbula com rebordo extremamente reabsorvido impediria a instalação de implantes dentários.

Cada mandíbula foi escaneada duas vezes para cada técnica (TCMS e TCFC): na presença ou na ausência de artefatos metálicos dentários. O primeiro escaneamento foi realizado na ausência de artefatos metálicos. Imediatamente antes do segundo escaneamento, restaurações metálicas foram posicionadas acima da crista óssea alveolar e fixadas coronariamente com cera, numa posição adjacente à região do forame mental. A seguir, as mandíbulas foram novamente escaneadas na presença desses preenchimentos metálicos. Na ausência dentária, coroas de níquel-cromo foram posicionadas e fixadas com cera na crista do rebordo alveolar (figura 4.1). Quando havia dente na região adjacente ao forame mental, restaurações *onlay* eram preparadas sobre a coroa dentária, estando essas a uma proximidade semelhante à crista óssea em relação às coroas posicionadas quando a área era edêntula. Foram obtidas imagens parassagittais e realizadas medidas lineares (altura e espessura) em cada corte parassagital por um observador previamente treinado e calibrado. O software Imaging Studio® (Anne Solutions, São Paulo, Brazil) foi utilizado para este fim (figura 4.2).

Figura 4.1 - Reconstrução coronal panorâmica mostrando a restauração metálica posicionada adjacente ao forame mental. A seta indica o forâme mental. A imagem hiperdensa acima da crista óssea alveolar representa a restauração metálica

Figura 4.2- Imagens de cortes parassagitais ilustrando as medidas realizadas nesse estudo. A medida da altura está em verde e a medida de espessura em amarelo

As imagens da TCFC foram obtidas utilizando-se o i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) com 0,25 de tamanho do voxel, 40 segundos de escaneamento, e 16x8 cm de campo de visão (FOV), 90Kvp e 7mA. As mesmas mandíbulas foram escaneadas pela TCMS 64 canais (Aquilion, Toshiba Medical, Tustin, CA, USA), com 0,5 mm de espessura de corte, 0,3 mm de intervalo de reconstrução em 0,4 segundo com uma matriz de 1024x1024, utilizando-se 120kVp e 300mA. O mesmo software foi utilizado para visualização, manipulação e análise das imagens (Imaging Studio® software). Após a aquisição das imagens, cada mandíbula foi analisada do lado direito e esquerdo nas regiões do forame mental. Cortes parassagitais do forame mental foram utilizados para análise. As duas medidas de altura e espessura foram utilizadas para o planejamento da colocação do implante, e a região do forame mental foi utilizada por ser uma estrutura anatômica importante e de fácil identificação. Os implantes devem ser posicionados a uma distância segura do nervo alveolar, para evitar lesões a este, como descrito previamente (Cavalcanti et al., 1998).

Primeiramente, as imagens de TCFC e TCMS foram analisadas na ausência de artefatos metálicos dentários. No segundo momento, a mesma análise foi realizada na presença de artefatos metálicos dentários. As seguintes medidas lineares foram realizadas:

- Espessura: distância entre a porção externa da cortical vestibular até a porção externa da cortical lingual, imediatamente acima do córtex coronal do forame mental (medida linear horizontal)
- Altura: distância entre a crista óssea alveolar (cortical externa) até o córtex coronal do forame mental (medida linear vertical)

Todas as medidas foram realizadas por um único examinador, previamente treinado e calibrado para o estudo. Foi considerada uma hemi-mandíbula como unidade estatística. Os valores médios da altura e espessura foram obtidos a partir de todas as medidas realizadas na região do forame mental. A calibração foi testada pelo coeficiente de correlação intra-classe (Tabela 1), obtido pela repetição das medidas de altura e espessura em 4 hemi-mandíbulas (20% da amostra), selecionadas aleatoriamente.

Quadro 4.1 – Calibração do observador. Coeficiente de correlação intra-classe (ICC) para as medidas 1 e 2.

	ICC (IC 95%)	P
Medida 1	0.976 (0.869-0.995)	< 0.001
Medida 2	0.985 (0.916-0.997)	< 0.001

Para análise estatística, foram comparadas as médias das medidas lineares realizadas na presença e ausência dos artefatos metálicos dentários. Como a mesma mandíbula foi medida duas vezes, foram utilizados testes para amostras pareadas. A aderência à curva normal foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo teste de Levene. Como foi observada aderência a curva normal e homogeneidade das variâncias, foi utilizado o teste t para amostras pareadas para a comparação das medidas lineares. Todos os testes foram realizados considerando um $\alpha = 0.05$.

5 RESULTADOS

Uma mandíbula foi excluída do estudo devido à reabsorção óssea avançada, que não permitiu que as mensurações fossem realizadas. Portanto, 18 hemimandíbulas foram incluídas no estudo. Para ambas as técnicas, as estruturas anatômicas foram visualizadas com maior facilidade nas imagens sem restaurações metálicas posicionadas adjacente, e, conseqüentemente, sem artefatos metálicos dentários, principalmente no topo da crista óssea e osso cortical (Figs. 5.1 A e 5.2 A). As imagens com artefatos metálicos dentários mostraram a presença de “beam hardening” e estrias no topo da crista óssea alveolar, o que prejudicou o exame, localização e mensuração desta (Figs. 5.1 B and 5.2 B). A crista óssea alveolar não estava evidente e demonstrava descontinuidade. Com relação à técnica de TCMS, a presença de artefatos metálicos dentários produziu um aumento de 5% na espessura óssea e redução de 6% na altura óssea, mas não há diferenças estatisticamente significantes ($p > 0.05$) comparando-se as medidas realizadas com e sem artefatos metálicos, para ambos os parâmetros (Quadro 5.1). Com relação à técnica de TCFC, a colocação do artefato metálico dentário produziu um aumento de 6% na espessura óssea e uma redução de 0,68% na altura óssea. Nenhuma diferença estatisticamente significativa ($p > 0.05$) foi observada quando comparadas as medidas lineares obtidas com e sem artefatos metálicos dentários para ambos os parâmetros (Quadro 5.2).

Figura 5.1 - Corte parassagital obtido pela técnica de TCFC. (A) Imagem obtida sem a colocação da restauração e, conseqüentemente, sem artefatos metálicos dentários. O topo da crista óssea alveolar está evidente. (B) Imagem obtida com a colocação da restauração metálica posicionada adjacente à região do forame mental e, conseqüentemente, com artefatos metálicos dentários. Observe a presença do “beam hardening” próximo a crista óssea alveolar (setas). A presença do “beam hardening” e de estrias podem prejudicar a identificação do topo da crista óssea.

Figura 5.2 Corte parassagital obtido pela técnica de TCMS. (A) Imagem obtida sem a colocação da restauração e, conseqüentemente, sem artefatos metálicos dentários. O topo da crista óssea alveolar está evidente. (B) Imagem obtida com a colocação da restauração metálica posicionada adjacente à região do forame mental e, conseqüentemente, com artefatos metálicos dentários. Note a presença do “beam hardening” próximo à crista óssea alveolar (setas). O topo da crista óssea alveolar é menos evidente devido a presença do “beam hardening” e de estrias.

5.2 A

5.2 B

Quadro 5.1 – Comparação das medidas de altura e espessura, com e sem artefatos metálicos dentários, utilizando a técnica Multislice

Multislice		Sem artefato	Com artefato	% diferença	P (teste t)
Espessura	N	18	18	+4,74%	0,10
	Média	9,16	9,55		
	D.P.	2,18	2,29		
Altura	N	18	18	-6,49%	0,09
	Média	9,06	8,44		
	D.P.	3,62	3,85		

Quadro 5.2 – Comparação das medidas de altura e espessura, com e sem artefatos metálicos dentários, utilizando a técnica de Feixe Cônico.

Feixe Cônico		Sem artefato	Com artefato	% diferença	<i>P</i> (teste t)
Espessura	N	18	18	+6,12%	0,12
	Média	8,95	9,40		
	D.P.	2,16	2,20		
Altura	N	18	18	-0,68%	0,61
	Média	8,53	8,39		
	D.P.	3,63	3,63		

6 DISCUSSÃO

A avaliação pré-cirúrgica para a colocação de implantes inclui a mensuração linear das estruturas ósseas maxilo-faciais, para avaliação de altura e espessura desse tecido. Os achados desse estudo sugerem que as imagens de TCFC e TCMS não sofrem com a interferência causada pelos artefatos metálicos dentários colocados numa posição adjacente a sítios edêntulos na obtenção de medidas lineares. Uma pequena variação foi observada em ambas as técnicas, mas não houve diferença estatisticamente significativa. Embora não haja diferença estatística, é importante notar que há uma tendência para que ambas as técnicas apresentem aumento de espessura e diminuição na altura na presença de artefatos metálicos em relação às tomografias sem artefatos metálicos dentários.

Estudos prévios reportaram que tanto a TCFC quanto a TCMS são técnicas confiáveis para obtenção de medidas lineares (Cavalcanti et al., 1999; Loubele et al., 2008 (c), Suomalainen et al., 2008), sugerindo que ambas as técnicas podem ser utilizadas como ferramentas de diagnóstico para colocação de implantes, mas questões podem ser levantadas se considerarmos outra situação clínica, como sítios candidatos a colocação de implantes adjacentes a restaurações ou próteses dentárias. Draenert et al., 2007 avaliaram imagens de implantes colocados num modelo de SawBone® e observaram que as imagens de TCMS tem melhor qualidade comparada com as TCFC. Os seus achados diferem dos encontrados nesse estudo, mas algumas diferenças devem ser consideradas. Primeiramente, não há tecidos duros ao redor do implante no estudo de Draenert et al. , de modo que nenhuma comparação direta pode ser realizada com os dados desse estudo (obtido de mandíbulas secas) e, portanto, a interpretação dos dados deve ser cautelosa. Draenert et al. avaliaram a presença de artefatos em imagens reconstruídas de implantes, enquanto nosso estudo avaliou medidas lineares realizadas em sítios ósseos edêntulos adjacentes a restaurações metálicas. Essas diferenças podem explicar parcialmente a divergência entre os achados.

As diferenças não significantes entre as técnicas testadas podem levar a uma falsa inferência de que nenhum ‘beam hardening’ foi observado no presente estudo, mas a presença de restaurações metálicas promoveu “beam hardening” para ambas as técnicas. Os resultados desse estudo sugerem que o “beam hardening” causado pelas restaurações metálicas neste modelo experimental pode não estar

suficientemente próximo / ou forte para influenciar as medidas realizadas nos sítios ósseos. Relatos individuais do examinador desse estudo indicaram que o “beam hardening” fez com que a localização da crista óssea fosse mais difícil quando as medidas eram realizadas nas mandíbulas com o rebordo alveolar mais reabsorvido da amostra. Outros estudos devem ser realizados para explicar a influência de artefatos metálicos dentários nas medidas realizadas em um defeito alveolar ou sítios de extração dentária que são candidatos para enxerto ósseo e colocação de implantes.

Atualmente, a TCFC pode ser considerada a técnica de escolha no plano de tratamento na colocação de implantes para reabilitações (Palomo et al., 2008). A TCFC expõe o paciente a uma baixa dose de radiação e promove imagens que podem ser medidas com a mesma acurácia que a TCMS (Loubele et al., 2008 (c)). Apesar da imagem de alta resolução, MSCT expõe o paciente a uma alta dose de radiação durante o processo de escaneamento, chegando a ser cinco vezes maior do que a TCFC (Cohnen et al., 2002). O guia da Associação Européia de Osseointegração (AEO) e a *Faculty of General Dental Practice* (FGDP) (Harris et al., 2002) sugerem que a indicação da TCMS deve ser avaliada caso-a-caso, baseado na alta dose de radiação. Apesar da presença dos artefatos metálicos dentários interferirem na localização da crista óssea alveolar, o presente estudo sugere a utilização da TCFC para planejamento de implantes, já que o paciente seria exposto a uma dose menor de radiação. Baseado nas informações sobre medidas lineares e exposição a radiação, pode ser sugerido a utilização da TCFC no planejamento de implantes numa situação onde não há estruturas metálicas em áreas adjacentes, e a utilização da TCMS quando um implante está presente na região adjacente à área avaliada, o que pode ser sustentado por Draenert et al. 2007, que reportou que as imagens de TCMS foram mais precisas na análise dos artefatos causados pela presença dos implantes do que as imagens de TCFC. No entanto, muitas limitações desse estudo devem ser consideradas na interpretação dos resultados.

Muitas limitações devem ser consideradas no presente estudo. Se levarmos em consideração o âmbito clínico, tecidos moles cobrem a arcada superior e inferior, e músculos da face e pele também estão presentes. Como mandíbulas secas são utilizadas nesse estudo, os resultados podem não se correlacionar diretamente com as imagens clínicas dos pacientes. Esse estudo utilizou um modelo experimental que não é afetado por nenhum tipo de movimento. Em contraste, na prática diária, a

aquisição da imagem pode ser influenciada por movimentos acidentais / ou fisiológicos pelo paciente durante o escaneamento. Esses fatores podem levar a pequenas diferenças entre os resultados experimentais e as imagens clínicas obtidas.

Os achados desse estudo demonstraram que os artefatos metálicos dentários adjacentes aos sítios ósseos não influenciam as medidas lineares realizadas nessas imagens. Futuros estudos são necessários para avaliar outras situações clínicas que são importantes como a explorada neste estudo. Uma situação importante é a consideração de sítios ósseos candidatos para a colocação de implantes quando um implante já está colocado na área adjacente. Nessa situação, o implante, que causaria o artefato metálico seria inserido no envelope ósseo, e estaria muito próximo ao sítio ósseo de interesse.

7 CONCLUSÃO

Dentro dos limites desse estudo, os autores concluem que a presença de artefatos metálicos dentários não alterou significativamente as medidas lineares obtidas por meio da TCFC ou da TCMS, embora a sua presença tenha dificultado a localização da crista óssea alveolar.

REFERÊNCIAS¹

Abrahams JJ. Anatomy of the jaw revisited with a dental CT software program. Am J Neuroradiol. 1993;14:979-90.

Al-Ekrish AA, Ekram M. A comparative study of the accuracy and reliability of multidetector computed tomography and cone beam computed tomography in the assessment of dental implant site dimensions. Dentomaxillofac Radiol. 2011; 40(2):67-75.

Baba R, Ueda K, Okabe M. Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. Dentomaxillofac Radiol. 2004;33:285–90.

Bueno MR, Estrela C, De Figueiredo JA, Azevedo BC. Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. J Endod. 2011;37(1):85-90. Epub 2010 Sep 16.

Burridge N, Henry A, Mcbain, C, Price, P & Moore, C. Online adaptive radiotherapy of the bladder: small bowel irradiated-volume reduction. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2006 ;66(3):892-7.

Carlsson CA. Imaging modalities in x-ray computerized tomography and in selected volume tomography. Phys Med Biol. 1999; 44:23 - 56.

Cavalcanti MGP. Diagnóstico por imagem da face. São Paulo: Santos; 2008.

Cavalcanti MGP, Ruprecht A, Vannier M.W. 3D volume rendering using multislice CT for dental implants . Dentomaxillofac Radiol. 2002;31:218-23.

Cavalcanti MGP, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Validation of spiral computed tomography for dental implants. Dentomaxillofac Radiol. 1998; 27:329-33.

Cavalcanti MGP, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 1999;28(3):137-40.

¹ De acordo com o estilo Vancouver

Cohnen M, Kemper J, Mobes O, Pawelzik J, Modder U. Radiation dose in dental radiology. *Eur Radiol*. 2002;12:634–7.

Coppenrath E, Draenert F, Lechel U, Veit R, Meindl T, Reiser M, Mueller-Lisse U. Cross-sectional imaging in dentomaxillofacial diagnostics: dose comparison of dental MSCT and NewTom 9000 DVT. *Rofo*. 2008;180(5):396-401.

Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Paraiso Cavalcanti MG. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod*. 2011;37(10):1456-9. Epub 2011 Jul 27.

Draenert FG, Coppenrath E, Herzog P, Müller S, Mueller-Lisse UG. Beam hardening artefacts occur in dental implant scans with the NewTom cone beam CT but not with the dental 4-row multidetector CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2007;36:198–203.

Ersoy AE, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy, EA. Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol*. 2008;79(8):1339-45.

El-Khoury GY, Bennett DL, Ondr GJ. Multidetector-row computed tomography. *J Am Acad Ortho Surg*. 2004;12 (1):1-5.

Fiala TG, Novelline RA, Yaremchuk MJ. Comparison of CT imaging artifacts from craniomaxillofacial internal fixation devices. *Plast Reconstr Surg*. 1993;92(7):1227-32.

Fiala TG, Paige KT, Davis TL, Campbell TA, Rosen BR, Yaremchuk MJ. Comparison of artifact from craniomaxillofacial internal fixation devices: magnetic resonance imaging. *Plast Reconstr Surg*. 1994;93(4):725-31.

Ganz SD. Conventional CT and cone beam CT for improved dental diagnostics and implant planning. *Dent Implantol Update*. 2005;16(12):89-95.

Glover G, Pelc N. An algorithm for the reduction of metal clip artifacts in CT reconstructions. *Med Phys*. 1981;8(6):799-807.

.Harris D, Buser D, Dula K, Grondahl K, Haris D, Jacobs R, Lekholm U, Nakielny R, van Steenberghe D, van der Stelt P; E.A.O. guidelines fo the use of diagnostic

imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. Clin Oral Implants Res. 2002;13(5):566-70.

Holberg C, Steinhäuser S, Geis P, Janson IR. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics: Benefits and Limitations J Orofac Orthop. 2005;66:434–44

Kamburoğlu K, Kiliç C, Ozen T, Yüksel SP Measurements of mandibular canal region obtained by cone-beam computed tomography: a cadaveric study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.. 2009;107(2):e34-42.

Katsumata A, Hirukawa A., Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita, M, Arijji, E, Langlais, RP. Image artifact in dental cone-beam CT. Oral Surg Oral Med, Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006;101:652-7.

Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurement of distance using limited cone beam computerized tomography. Int J Oral Maxillofac Implants. 2004;19:228–31.

Loubele M. et al. Radiation dose versus image quality for low-dose ct protocols of the head for maxillofacial surgery and oral implant planning. Radiat. Prot. Dosim. 2005; 117,211–6.

Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. Eur J Radiol. 2009;71(3):461-8. Epub 2008 Jul 18.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. Int J Oral Maxillofac Implants. 2007;22(3):446-54.

Loubele M, Jacobs R, Maes F, Denis K, White S, Coudyzer W, Lambrichts I, van Steenberghe D, Suetens P. Image quality vs radiation dose of four cone beam computed tomography scanners. Dentomaxillofac Radiol. 2008;37(6):309-18. (a)

Loubele M, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, White SC, Suetens P. Comparative study of image quality for MSCT and CBCT scanners for dentomaxillofacial radiology applications. Radiat Prot Dosimetry. 2008;129(1-3):222-6. Epub 2008 Jun 26. (b)

Loubele M, Maes F, Schutyser F, Marchal G, Jacobs R, Suetens P. Assessment of bone segmentation quality of cone-beam CT versus multislice spiral CT: a pilot study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(2):225-34. Epub 2006 Apr 21.

Loubele M, Van Assche N, Carpen-tier K, Maes F, Jacobs R, van Steen-berghe D, Suetens P. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105: 512–8.(c)

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur. Radiol.* 1998;8(9):1558–64.

Naranjo V, Lloréns R, Alcañiz M, López-Mir F. Metal artifact reduction in dental CT images using polar mathematical morphology. *Comput Methods Programs Biomed.* 2011; 102(1):64-74.

Nkenke et al. Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004;33,226–32.

Palomo JM, Rao OS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose *Oral Surg Oral Med, Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(6):773-82.

Perrella A, Lopes PML, Rocha RG, Fenyo-Pereira M, Cavalcanti MGP. Influence of dental metallic artifact from multislice CT in the assessment of simulated mandibular lesions. *J Appl Oral Sci.* 2010; 18(2): 149-54.

Rinkel J, Dillon WP, Funk T, Gould R, Prevrhal S. Computed tomographic metal artifact reduction for the detection and quantitation of small features near large metallic implants: a comparison of published methods. *J Comput Assist Tomogr.* 2008 Jul-Aug;32(4):621-9.

Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ. Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2010 Jul;21(7):718-25.

Sanders MA, Hoyjberg C, Chu CB, Leggitt VL, Kim JS. Common orthodontic appliances cause artifacts that degrade the diagnostic quality of CBCT images. J of Calif Dent Assoc. 2007;35(12):850-7.

Suomalainen A, Vehmas T, Kortetniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. Dentomaxillofac Radiol. 2008 Jan;37(1):10-7.

Vannier MW, Hildebolt CF, Conover G, Knapp RH, Yokoyama-Crothers N, Wang G. Three-dimensional dental imaging by spiral CT. A progress report. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1997 Nov;84(5):561-70.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

PARECER nº 149/03
Protocolo 151/03
2ª Via

O Grupo de trabalho indicado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, **APROVOU** o protocolo de pesquisa ***"Avaliação da eficácia dos protocolos de tomografia computadorizada na identificação de lesões na mandíbula com interferência de artefatos metálicos dentários"*** de responsabilidade da Pesquisadora **Andréia Perrella**, sob orientação do Professor Doutor **Marcelo de Gusmão Paraiso Cavalcanti**.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados a este Comitê relatórios referentes ao andamento da pesquisa em 27 de fevereiro de 2004 e em 27 de agosto de 2004. Ao término da pesquisa, cópia do trabalho em "cd" ou "disquete", deve ser encaminhada a este CEP.

São Paulo, 29 de agosto de 2003.

Profª Drª **ROSA HELENA MIRANDA GRANDE**
Coordenadora do CEP-FOUSP

ANEXO B – Adendo do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

CEP/FOUSP/OF.149/11

DECLARAÇÃO
Protocolo 151/2003

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo recebeu e aceitou o adendo referente a inclusão dos pesquisadores: Caio Cesar Cremonini e do Prof. Dr. Luiz Antônio Pugliesi Alves de Lima, bem como a inclusão na metodologia do estudo das imagens de tomografia computadorizada obtidas. Serão realizadas as medidas lineares de altura e espessura do rebordo alveolar nas imagens de tomografia computadorizada de 10 mandíbulas secas na região de forame mental, utilizando-se de ferramentas de um software para manipulação de imagens de tomografia computadorizada. As medidas serão realizadas em dois momentos: na presença e na ausência dos artefatos metálicos dentários, utilizando-se de duas técnicas de tomografia computadorizada: a tomografia computadorizada multislice e a tomografia computadorizada de feixe cônico. As imagens das mandíbulas secas das técnicas já foram obtidas previamente no projeto: **"Avaliação da eficácia dos protocolos de tomografia computadorizada na identificação de lesões na mandíbula com interferência de artefatos metálicos dentários"** sob orientação do Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraiso Cavalcanti, Protocolo 151/2003, aprovado em 29 de agosto de 2003.

São Paulo, 08 agosto de 2011.

Prof. Dra. **Marcia Turolla Wanderley**
Coordenadora da CEP-FOUSP