

ARTEFATO METÁLICO EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

METALLIC ARTIFACT IN CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY

Kuteken, Fernanda^{*}
 Penha, Nilton^{**}
 Simões, Ana Clara^{***}
 Goisman, Sonia^{****}

RESUMO

A imagem é uma importante ferramenta de diagnóstico para a avaliação do paciente odontológico. E desde o advento da tomografia computadorizada por Ambrose¹ em 1973, o diagnóstico e o planejamento dos tratamentos ganharam um grande aliado. As tomografias computadorizadas são técnicas imaginológicas onde se obtêm imagens em diversos planos com uma fidelidade das mensurações muito próximas à realidade. Entretanto, o diagnóstico pode ser dificultado pela presença de artefatos. Nesta revisão de literatura, o enfoque será aos artefatos metálicos. A imagem produzida pelos artefatos frequentemente interferem na visualização de estruturas anatômicas, podendo confundir o diagnóstico. O objetivo do presente artigo é explicar brevemente a tomografia computadorizada cone beam, a formação de imagem nesse tipo de tomografia e o que são e como são gerados os artefatos metálicos, esclarecendo aspectos ligados a sua formação, características que proporcionam às imagens e ideias de solução desse problema que constantemente prejudicam o diagnóstico por imagem nessa modalidade de exame. Pode-se concluir que a diminuição do aparecimento de artefatos pode ser devido à calibração adequada do aparelho, orientação ao paciente sobre o procedimento a ser realizado, além da atenuação com equipamentos e softwares que utilizam campo de visão e tamanho de voxel pequenos. E os profissionais que trabalham com tomografia computadorizada devem estar preparados para identificá-los, solicitando outros exames complementares para realizar diagnóstico diferencial, caso seja necessário.

Descritores: Tomografia computadorizada de feixe cônico • Artefatos.

ABSTRACT

This is an important diagnostic tool for Evaluating the dental patient. Since the advent of computed tomography (CT) by Ambrose¹ in 1973, the diagnosis and planning of treatment have gained a great ally. CT scans are imaginological techniques where you get images in different planes with a fidelity of measurements very close to reality. However, diagnosis can be hindered by the presence of artifacts. The main focus of this review was the metallic artifacts and subjects related to them. The image produced by metallic artifacts often interferes with visualization of anatomical structures and may lead to misdiagnosis. The purpose of this article is to briefly explain the computerized cone beam tomography, the imaging in this type of tomography and what they are and how the metal artifacts are generated, clarifying aspects related to their formation, characteristics that give images, solution and ideas to this problem that constantly damage the imaging examination in this mode. It can be concluded that the decrease in the appearance of artifacts may be due to proper calibration of the device, the patient guidance on the procedure to be performed, as well as mitigation with equipment and software using field of view and small voxel size. We can conclude that the professionals who work with computed tomography should be prepared to identify them and ask for other exams to perform differential diagnosis, if necessary.

Descriptors: Cone-beam computed tomography • Artifacts.

* Cirurgiã-Dentista, Especialista em Ortodontia

** Cirurgião-Dentista, Especialista em Direito e Saúde pela ENSP/FIOCRUZ, Especialista em Periodontia pela Faculdade de Odontologia da UVA, Especialista em Saúde Coletiva pela Faculdade de Odontologia da UFRJ e Mestre em Clínica Odontológica pela Faculdade de Odontologia da UFF

*** Cirurgiã-Dentista, Aluna da especialização em Saúde Coletiva pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

**** Professora adjunta do departamento de odontologia social e preventiva da Universidade Federal do Rio de Janeiro

1 INTRODUÇÃO

KUTEKEN F
PENHA N
SIMÕES AC
GOISMAN S.

ARTEFATO
METÁLICO EM
TOMOGRAFIA
COMPUTADORIZADA
DE FEIXE CÔNICO

Em 28 de Dezembro de 1895, Roentgen anunciou a descoberta dos raios X e, desde então, houve uma grande evolução na área de diagnóstico por imagem. Após essa descoberta e com o passar dos anos, esses avanços resultaram em exames de extrema qualidade, como os que temos nos dias de hoje^{2,3}.

Ambrose¹ apresentou, em 1973, um novo método de utilização de radiação, pelo qual os coeficientes de absorção dos raios X pelos diversos tecidos do corpo humano seriam enviados a um computador onde seriam calculados e apresentados em uma tela como pontos luminosos, variando do branco ao preto, com tonalidades de cinza intermediárias. Iniciava-se, então, a era das tomografias computadorizadas^{4,5}.

Tomografia é uma palavra formada da junção de dois termos gregos, *tomos* e *graphos*, que significam, respectivamente, camadas e escrita. Portanto, a tomografia consiste na obtenção de imagens do corpo em fatias ou cortes, sendo classificada em dois tipos: tomografia convencional e tomografia computadorizada. Esta última pode, ainda, ser subdividida de acordo com o formato dos feixes de raios X: tomografia computadorizada tradicional de feixe em leque (fan beam - TCFL) e tomografia computadorizada volumétrica de feixe cônico (cone beam - TCFC)⁶.

A TCFL utiliza um feixe de raios X colimado em forma de leque. Ela pode ser single-slice ou multi-slice, que diferem no número de cortes obtidos e no tempo do exame. Entre as características da TCFL, podemos citar: alta especificidade e sensibilidade; permite visualização tanto de tecidos duros quanto de tecidos moles; possibilidade de uso de agentes de contraste para diferenciação de tumores; imagem em tamanho real (proporção 1:1). Assim, a TCFL demonstra um importante papel em odontologia para o diagnóstico de patologias e para o planejamento cirúrgico⁴.

A TCFC, por sua vez, utiliza um feixe de raios X de formato cônico, para re-

construir tridimensionalmente os tecidos duros da cabeça e do pescoço. Entre suas características, podemos citar: imagem tridimensional; menor dose de radiação quando comparada à TCFL; menor custo do aparelho; menor custo do exame; rapidez para realização e reconstrução da imagem. Dessa forma, a TCFC pode auxiliar no planejamento cirúrgico, ortodôntico, endodôntico e, inclusive, pode ser um recurso para auxiliar os casos mais complexos em pediatria^{3,4}.

A imagem gerada pelos tomógrafos de feixe cônico tem sido foco de inúmeros estudos para seu melhor entendimento e utilização dos recursos. Alguns aspectos sobre o funcionamento dos aparelhos e a aquisição das imagens na tomografia de feixe cônico são consagrados por vários trabalhos realizados e publicados. Sabe-se que sua dose de radiação é significativamente baixa, em especial quando comparada com tomógrafos da área médica. Até mesmo os tomógrafos médicos de última geração, como os multislice de 64 canais, possuem uma dose de radiação elevada quando comparados aos tomógrafos de feixe cônico odontológicos⁶.

As aplicações das imagens geradas nos tomógrafos de feixe cônico dentro das especialidades odontológicas são inúmeras. A realização de mensurações lineares para implantodontia, tanto de altura quanto de espessura, trouxe mais segurança e novas possibilidades em reabilitações bucais que necessitam da realização de implantes osseointegráveis, com a localização exata de estruturas anatômicas e determinação da quantidade óssea disponível. O uso das imagens tomográficas adquiridas em aparelhos de feixe cônico na endodontia, periodontia, cirurgia ou ortodontia é amplamente estudado e baseado em diferentes pesquisas e ensaios científicos, sendo sua aplicabilidade e seus benefícios importantes no diagnóstico e planejamento para ações clínicas odontológicas⁶.

Porém, apesar das inúmeras vantagens apresentadas pelas imagens adquiridas nos tomógrafos de feixe cônico, algumas limitações surgem diante dos estudos e a aplicação clínica das mesmas. Assim, um problema constantemente evidenciado é a formação de artefatos de imagem. Para



Scarfe e Farman, um artefato é qualquer distorção ou erro na imagem que não é relacionado com o material que está sendo estudado. Os artefatos podem ser classificados de acordo com sua causa⁷.

Portanto, o objetivo do presente artigo é explicar o que são e como são gerados os principais tipos de artefatos, os metálicos, em imagens tomográficas do tipo cone beam, esclarecendo aspectos ligados a sua formação, características que proporcionam às imagens e ideias de solução desse problema que constantemente prejudica o diagnóstico por imagem nessa modalidade de exame.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tomografia computadorizada de feixe cônico

Cerca de uma década atrás, em 1998, surgiu o conceito de um novo aparelho de tomografia: a tomografia computadorizada de feixe cônico, conhecida também como TC Cone Beam. Segundo seus idealizadores, esse novo tomógrafo, desenvolvido para a região maxilofacial, diferentemente da tomografia computadorizada Helicoidal (TC Helicoidal) que adquiria os dados por fatias, baseava-se na emissão de um feixe cônico de raios X em um único giro de 360° em torno da cabeça do paciente, onde todo o volume das estruturas seria obtido. Após a aquisição dos dados, as imagens seriam reconstruídas volumetricamente, bidimensionalmente e tridimensionalmente pelo programa de computador. Com isso, a tomografia computadorizada de feixe cônico, cone beam, tornou-se uma grande aliada do cirurgião-dentista, para diagnósticos mais precisos⁸.

2.2 Formação da imagem em tomografia computadorizada de feixe cônico

Tomógrafos de feixe cônico possuem uma baixa quilovoltagem e miliampereagem, fazendo com que sua dose de radiação seja significativamente baixa, em especial quando comparada com tomógrafos médicos. A dose de radiação nos tomógrafos de feixe cônico varia dependendo do protocolo utilizado no momento do escaneamento, sendo em média equivalente a quatro radiografias panorâmicas. Os tomógrafos de feixe cônico

disponíveis hoje no mercado possuem um mesmo princípio em seu funcionamento. Fazem um giro parcial ou total ao redor do objeto a ser escaneado, utilizando, em sua maioria, um feixe de raios X de forma pulsátil, que atravessa e é atenuado pelo objeto até ser captado pelos sensores, obtendo múltiplas imagens para posterior reconstrução volumétrica⁸. Durante o giro do aparelho ao redor do paciente, imagens básicas em duas dimensões, semelhantes às telerradiografias laterais ou frontais, são geradas, em um número que vai de 100 até mais de 600 imagens, dependendo do protocolo e marca comercial utilizada. Essas imagens básicas são, então, processadas pelo software utilizando-se de complexos cálculos algébricos com algoritmos de Feldkamp (FDK). As imagens em duas dimensões (2D) tomográficas são formadas, re combinadas e unidas para formar o volume inicial ou a imagem em terceira dimensão (3D), que, em formato de cilindro ou esfera, serve de base para a aquisição dos cortes tomográficos axiais, coronais e sagitais (reconstrução multiplanar). Outros fatores inerentes à formação e qualidade da imagem nos tomógrafos dizem respeito ao tamanho do campo de visão (FOV- Field Of View), ou área a ser escaneada e ao tamanho do Voxel (Volume Element), que representa a menor unidade de volume formadora da imagem tomográfica, responsável assim, pela resolução espacial da imagem. O campo de visão, ou FOV, é a área escaneada do paciente e varia de aparelho para aparelho, levando-se em consideração principalmente o tamanho da área útil do detector ou sensor de imagem. O fato é que, quanto menor o FOV, melhor é a qualidade da imagem adquirida, dando mais detalhes da estrutura escaneada. O Voxel é a menor unidade de volume, formado pela união de pixels (picture element), em um formato de cubo. O Voxel nos tomógrafos de feixe cônico é isotrópico, ou seja, formado por pixels de mesmo tamanho em todas as suas faces. Sua função é determinante na qualidade da imagem, pois quanto menor seu tamanho maior é o detalhe e melhor a definição. Em alguns aparelhos tomográficos, o tamanho do Voxel é fixo, em outros é





ajustável, variando conforme o protocolo utilizado (0,4mm a 0,0176mm). A qualidade da imagem obtida a partir do volume inicial (em formato cilíndrico ou esférico) poderá então ser melhorada através de equações matemáticas para tentar reduzir a quantidade de artefatos existentes. Esse é um fator predisponente que acaba prejudicando na busca da diminuição dos artefatos, pois o ideal seria reduzi-los antes da formação do volume inicial e não após, como é hoje realizado pelos sistemas tomográficos^{3,6}.

2.3 Conceito de artefato de imagem

Artefatos em tomografia podem ser descritos como estruturas que aparecem nas imagens adquiridas e que não fazem parte das estruturas escaneadas. Eles são produzidos por diferenças entre as reais características físicas dos objetos e o coeficiente de atenuação que será captado pelo receptor, além disso, ainda persistem imperfeições nas equações matemáticas usadas para reconstruir as imagens^{1, 2, 8, 9}. Independente dos parâmetros de aquisição utilizados, a imagem adquirida deve ser uma reconstrução fiel do corte real do objeto escaneado⁶.

Os artefatos têm diversas origens e podem prejudicar a qualidade da imagem da tomografia, além de dificultar o diagnóstico. Eles podem ser causados por fatores físicos do aparelho onde ocorrem falha ou imperfeições no scanner, ou, ainda, por fatores relacionados à aquisição das imagens. Os artefatos causados pelo paciente são relacionados ao movimento do paciente e à presença de materiais metálicos na área examinada. E os artefatos de reconstrução ocorrem devido a erros nas reconstruções de seções adquiridas^{5,6}.

Há diferentes tipos de artefatos que podem estar presentes nas imagens tomográficas, sendo que cada um possui um fator determinante para seu aparecimento. Para melhor entendimento, pode-se fazer divisões dos principais tipos de artefatos encontrados em tomografia de feixe cônico, considerando-se, para isso, não seu aspecto na imagem tomográfica, mas sim, principalmente, o fator responsável por sua origem. Entre os principais artefatos encontrados destacam-se: artefatos em anel, artefatos de movimento, artefatos

gerados por materiais muito densos, artefatos de ruído, artefatos de espalhamento, artefatos de extinção e artefatos de efeito do feixe cônico⁶. Na presente revisão, o enfoque serão os artefatos gerados por materiais muito densos, especificamente os metálicos.

2.3.1 Artefatos metálicos

Os artefatos produzidos no tomógrafo de feixe cônico em presença de corpos muito densos formam imagens que dificultam e podem até impossibilitar o diagnóstico em algumas áreas. Tal artefato é denominado beam hardening artifact ou artefato do efeito de endurecimento do feixe de raios X (sua energia média aumenta porque os fótons de menor energia são absorvidos em detrimento de fótons de energia mais elevada). Isso faz com que, ao ser examinada, a imagem dos limites do objeto metálico tenha a aparência mais brilhante do que no centro. O resultado nas imagens são faixas claras e brilhantes, que dificultam a visualização anatômica da região. Outro tipo de artefato relativo ao endurecimento do feixe são manchas ou faixas escuras entre objetos metálicos de uma região – streaks artifacts ou dark bands. Em imagens dentais, esse tipo de artefato pode ser visualizado entre dois implantes osseointegráveis. Isso ocorre porque a porção do feixe de raios X que passa pelo centro dos objetos muito densos é atenuada abruptamente, diferente da porção do raio que passa na superfície do objeto, fazendo com que as áreas próximas a estruturas muito densas percam qualidade na formação da imagem⁸.

Artefatos raiados causados por objetos metálicos são também comuns nas imagens adquiridas nos tomógrafos de feixe cônico. Objetos metálicos, tais como restaurações dentárias, placas ou pinos cirúrgicos e marcadores radiográficos, podem causar esse tipo de artefato. Em imagens geradas pelos tomógrafos cone beam, os artefatos raiados ocorrem em todas as direções a partir do objeto de alta densidade, devido à forma de cone do feixe de raios X⁸.

Os artefatos metálicos ocorrem quando existem materiais metálicos na área escaneada, sejam materiais restauradores, pinos de implante ou pinos intra-radicular

lares. A formação dos artefatos metálicos deve-se ao número atômico elevado dos metais, que atenuam os raios X. Os resultados são inúmeras faixas hiperdensas e brilhantes, em forma de raios. Além disso, essa forte atenuação dos coeficientes lineares dos metais gera erros nos dados captados normalmente pela tomografia⁶.

Além da presença dos materiais restauradores odontológicos, as presenças de corpos estranhos, tais como estilhaços de projéteis, localizados em áreas próximas a estruturas anatômicas e que são escaneadas durante o exame, geram artefatos. Os materiais metálicos podem intensificar os efeitos de endurecimento de feixe e volume parcial devido a sua alta atenuação relativa, e podem produzir artefatos em toda a imagem. A ocorrência desses artefatos pode ser amenizada com a utilização de valores mais altos de tensão no tubo de raios X e diminuindo a espessura dos cortes reconstruídos⁶.

Com os equipamentos e softwares atuais, existem algumas medidas práticas que podem ser tomadas para se conseguir atenuar o aparecimento de artefatos. Utilizar um campo de visão (FOV-field of view) e o tamanho de voxel (volume element) pequeno, além de aumentarem o tempo de aquisição são medidas que podem ser utilizadas para reduzir a quantidade de artefatos, em especial os gerados por metal ou materiais de grande densidade. Uma calibração adequada do aparelho e a orientação ao paciente sobre o procedimento a ser realizado devem sempre ser medidas adotadas para diminuir o aparecimento de artefatos e, também, evitar a exposição do paciente a dose de radiação desnecessária por repetição do procedimento⁸.

Link *et al.*¹⁰ (2000) relataram que existem várias técnicas que tentam diminuir ou eliminar a presença de artefatos em TC de regiões que contenham algum elemento metálico. Eles propuseram uma técnica de reformatação a qual denominaram "Escala Extensa de TC" (EETC) e a aplicaram realizando tomografia computadorizada em vários protocolos (com diferentes espessuras de cortes e intervalo de reconstrução - de 2mm a 5mm) em fêmures secos de suínos submetidos a osteotomias, e posteriores fixações externas usando pla-

cas de aço e parafusos corticais com base de cobalto (Vitallium). Também foram simuladas lesões artificiais. A qualidade da imagem e os artefatos foram estimados de acordo com uma escala de cinco níveis arbitrários, gerenciados por 03 observadores. A técnica da EETC provou ser significativamente melhor para avaliar imagens em TC¹⁰.

Scarfe relatou que as imagens geradas pelos tomógrafos de feixe cônico são de grande validade diagnóstica e estão à disposição para auxiliar na prática diária do cirurgião-dentista. Essas imagens acrescentam qualidade e novas possibilidades de informação diagnóstica. Porém, falando do funcionamento do tomógrafo de feixe cônico, explanou que muitas vezes há ocorrência de artefatos que acabam por prejudicar informações fundamentais nas imagens tomográficas, sendo esse um problema encontrado comumente em tomografia de feixe cônico⁹.

Holberg *et al.*¹¹ (2005) elucubram que uma das vantagens principais da TCFC é a baixa frequência de artefatos metálicos nas imagens.

Draenert *et al.*¹² (2007) mostraram que artefatos por endurecimento do feixe (beam hardening artefacts) ocorrem em grande quantidade nos tomógrafos de feixe cônico quando na presença de cilindros de implante na área escaneada, o que prejudica em muito a qualidade diagnóstica das imagens nas regiões próximas aos implantes. O estudo revelou também que há maior formação de artefatos nas imagens adquiridas em um tomógrafo de feixe cônico do que em um tomógrafo médico com multidetectores (multislice).

Svensen *et al.*¹² (1980) estudaram experimentalmente os artefatos causados por materiais restauradores dentais. Para tanto executaram cavidades em um fantoma circular de polietileno e fixaram pinos de amálgama de diferentes diâmetros em uma ou mais cavidades. Submeteram o fantoma à TC convencional com espessura de 5mm e 10mm de corte. Foram observados cinco tipos de artefatos produzidos por elementos metálicos: a emissão de faixas radiopacas (starburst), blackout, artefato de colimação, artefato de conexão em linhas e o artefato em forma de bifur-





cação (ou garfo). No protocolo de 10mm foi considerada impossível a observação das cavidades. No protocolo de 5mm a interferência foi considerada significativa, porém com valores inferiores aos encontrados no protocolo de 10mm.

Azevedo *et al.* (2008)¹⁴ em seu estudo comprovaram a formação de artefatos significantes ao redor de implantes de titânio que prejudicam significativamente a qualidade da imagem tomográfica adquirida em tomógrafo de feixe cônico, prejudicando o diagnóstico nas áreas adjacentes aos implantes.

Segundo o trabalho de Draenert *et al.*¹² (2007), a aplicabilidade das imagens tomográficas na implantodontia tornou-se rotina, sendo indispensável para um correto planejamento e maior segurança dos procedimentos a serem realizados. Mas, devido ao surgimento de artefatos, em decorrência da alta densidade dos implantes, ressalvas são feitas sobre as imagens que surgem, em especial no controle pós-operatório dos procedimentos realizados. O diagnóstico deve ser realizado em conjunto com radiografias, pois o surgimento de artefatos pode dificultar um correto diagnóstico da região óssea adjacente aos implantes.

Fiala *et al.* (1993)¹⁵ avaliaram os artefatos da TC produzidos por vários elementos metálicos usados em cirurgia crânio-maxilo-facial. Foram avaliados vários materiais e sistemas de fixação basicamente constituídos de titânio, Vitallium e aço inoxidável. A severidade de artefatos do tipo starburst foi relacionada com o tamanho da peça metálica e também com sua composição. A proximidade do material de implante à área de interesse deve ser considerada. Os implantes de titânio produzem menos artefatos do que os implantes de Vitallium e de aço inoxidável⁸. Katsumata relatou que a utilização de protocolos com um menor campo de visão (FOV), maior tempo de aquisição e menor tamanho de voxel (volume element) é uma medida prática que tende a reduzir a formação de artefatos, melhorando consideravelmente a resolução e qualidade das imagens. Porém, Ludlow e Ivanovic¹⁶ (2008) lembraram que, ao utilizar protocolos com maior tempo de exposição e

menor voxel, têm-se uma maior dose de radiação ao paciente e um maior tempo de reconstrução das imagens, prejudicando a relação dose/paciente e diminuindo a versatilidade na utilização e formação do volume inicial das imagens, o que pode ser um obstáculo para a escolha dessa modalidade de protocolo^{15, 16, 17}.

Schulze *et al.*¹⁸ (2011) citaram que é importante lembrar que os tomógrafos médicos geram, em suas imagens, menos artefatos do que os tomógrafos de feixe cônico. Uma das questões que mais estão em estudo para se diminuir a quantidade de artefatos na tomografia de feixe cônico diz respeito aos algoritmos utilizados na formação da imagem. Schulze *et al.*¹⁸ (2011) relatam, também, que o algoritmo Feldkamp, que é o mais utilizado atualmente pelos aparelhos de feixe cônico, só possui uma boa qualidade de imagem no plano central de incidência dos raios X no detector, em especial quando se utiliza um campo de visão (FOV) de grande volume.

Há algoritmos que poderiam ser utilizados para reduzir os artefatos, porém alguns exigem que a fonte de raios X seja de forma helicoidal como a introduzida por Katsevich, o que impossibilita sua utilização nos tomógrafos de feixe cônico¹⁸.

Além disso, tais algoritmos requerem um sistema computacional com enorme capacidade e velocidade para sua utilização, o que faz com que, na prática, seu uso seja restrito, impossibilitando seu emprego de forma comercial⁸.

A utilização de novos algoritmos, além dos de Feldkamp, mostra promissoras melhorias na redução de artefatos. Pesquisas e estudos em relação a algoritmos alternativos a esses utilizados na formação das imagens devem ser realizados, visando à melhoria na qualidade da imagem gerada nos tomógrafos computadorizados de feixe cônico¹⁹.

Segundo Stuehmer *et al.*²⁰ (2008), a localização de corpos estranhos no corpo, como projéteis de aço ou chumbo, é melhor visualizada nas TCCB, devido à menor produção de artefatos que nas TC. Eggers *et al.*²¹ (2005) ainda acrescentam como principal limitação da TCCB a visualização do tecido mole.



Vannier *et al.*²² (1997) utilizaram a TCE para um estudo quantitativo dos tecidos duros da cavidade bucal, na presença de restaurações metálicas. O exame de TCE foi realizado em dentes extraídos, mandíbula seca e espécimes de cadáveres. Foi usado um software de redução de artefatos metálicos²¹. Os artefatos em forma de faixas foram causados pela atenuação do metal dentro do campo de visão. Este trabalho demonstrou que os programas de redução dos artefatos metálicos são eficazes, podendo remover totalmente os artefatos da imagem.

Baum *et al.*²³ (2000) afirmaram que, em pacientes com restaurações metálicas, pode-se reduzir os artefatos e melhorar o valor diagnóstico da TC com uma incidência adicional paralela ao corpo da mandíbula, com o plano oclusal paralelo ao plano do gantry. As falhas que possam ocorrer na série de imagens resultantes desses artefatos podem ser compensadas por meio da aquisição de algumas seções de um modo mais apropriado, em um ângulo de incidência levemente diferente. Os autores sugerem que, em pacientes com restaurações metálicas, especialmente aqueles com tumores da cavidade oral, uma nova aquisição deve ser obtida paralela ao corpo da mandíbula.

Para Scarfe *et al.* (2006)⁹, com os algoritmos de supressão de artefatos introduzidos pelos fabricantes e o número aumentado de projeções, a experiência clínica demonstra que as imagens de TCFC podem apresentar um baixo nível de artefatos metálicos, principalmente em reconstruções secundárias em que se objetiva visualizar dentes e maxilares.

Zhang *et al.*²⁴ (2007) afirmam que o impacto dos artefatos metálicos na região de tecidos moles é magnificado na TCFC porque o contraste dos tecidos moles é geralmente mais baixo.

No entanto, as imagens produzidas com a TCFC não têm a mesma resolução que as radiografias periapicais quando o paciente possui metais na cavidade oral como, por exemplo, restaurações metálicas. Quando indicadas, imagens em 3D da TCFC devem complementar as técnicas radiográficas convencionais em 2D de modo que os benefícios de ambos os siste-

mas de imagem devem ser aproveitados²⁵.

Lee *et al.*²⁶ (2007) ponderam que o conhecimento dos fatores que contribuem para a formação de artefatos, das teorias relacionadas e das técnicas de redução de artefato tornou-se obrigatório para os radiologistas. Os fatores que afetam a formação dos artefatos incluem a composição do objeto metálico, a orientação do objeto metálico, os parâmetros de aquisição (pico de tensão, carga do tubo, colimação, e espessura da secção na aquisição) e os parâmetros de reconstrução (espessura da secção de reconstrução, o algoritmo de reconstrução utilizado e se uma escala estendida de TC foi utilizada). Na TC as ligas de titânio produzem artefatos menos graves do que objetos constituídos de aço inoxidável. O trabalho de Draenert *et al.*¹² (2007), utilizando o NewTom 9000 com 85 kV, demonstrou a formação de severos artefatos decorrentes da presença de implantes de titânio, quando da realização de exames de TCFC.

Outro fato muito abordado são os artefatos produzidos pelos exames tomográficos computadorizados em geral, porém é muito lembrado o fato de os softwares de manipulação de imagens serem mais eficientes nos exames de Cone Beam na remoção desses artefatos, que são produzidos na presença de qualquer artigo metálico, como restaurações metálicas, implantes, placas e parafusos^{21, 27}.

A TCFC apresenta vantagem em relação à TCFL, pois apresenta menor quantidade de artefatos²⁰. Com o uso de algoritmos de supressão de artefatos e aumentando-se o número de projeções, foi demonstrado que imagens de TCFC possuem um número baixo de artefatos metálicos, em particular nas reconstruções usadas para visualizar os dentes e ossos maxilares.

Garib *et al.*²⁵ 2007 afirmaram que a tomografia computadorizada convencional tem a desvantagem de produzir muitos artefatos na presença de materiais metálicos ou radiopacos, enquanto que isso não ocorre com a tomografia computadorizada de feixe cônico. No entanto, no presente estudo todos os grupos experimentais apresentaram artefatos em suas imagens,

enquanto que o grupo-controle, onde não havia qualquer material radiopaco, não apresentou^{19, 25}.

4 CONCLUSÃO

1 - Os artefatos gerados pelas tomografias computadorizadas cone beam podem prejudicar as imagens ao ponto de inviabilizar o diagnóstico. Assim, para otimizar a qualidade das imagens, é necessário conhecer o que os causa e como eles podem ser evitados ou minimizados. Ao solicitar um exame, o cirurgião-dentista deve considerar qual técnica é mais indicada para cada caso. Quando o paciente apresenta materiais metálicos na região de interesse e/ou dificuldade de permanecer na posição sem movimentos, a seleção do exame deve ser feita cuidadosamente, visando aproveitar ao máximo as informações que serão obtidas.

2 - A produção de artefatos nas imagens adquiridas em aparelhos tomográficos de feixe cônico é um constante e importante fator prejudicial para a avaliação das imagens geradas nesses tomógrafos. Em determinadas situações, artefatos podem vir a prejudicar as imagens em determinado grau que podem levar a um diagnóstico equivocado. Portanto, outro exame por imagem, como radiografias complementares, é necessário.

3 - Existem equipamentos e softwares atuais que conseguem atenuar o aparecimento de artefatos. Utilizar um campo de visão (FOV-field of view) e tamanho de voxel (volume element) pequenos e aumentar o tempo de aquisição são medidas que podem ser utilizadas para reduzir a quantidade de artefatos, em especial, os gerados por metal ou materiais de grande densidade.

REFERÊNCIAS

1. Ambrose J. Computerized transverse axial scanning (tomography). 2. Clinical application. *Br J Radiol* 1973 Dec;46(552):1023-47.
2. Martins RA. A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. *Rev Bras Ens Fis* 1998 20(4):373-91.
3. Cavalcanti M. Tomografia computadorizada por feixe cônico ao alcance do cirurgião-dentista. São Paulo: Santos; 2010.
4. Pegoraro GA. Artefatos em tomografia computadorizada: revisão de literatura e relato de caso [Monografia de Especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia]. Porto Alegre: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2015.
5. Carvalho ACP. História da tomografia computadorizada *Rev imagem* 2007 abr-jun;29(2):61-6.
6. Ruprecht A. Oral and maxillofacial radiology: then and now. *J Am Dent Assoc* 2008 Jun;139 Suppl(5S-6S).
7. Cavalcante JR, Diniz DN, Queiroz RPM, Carreira PFS, Luna AGB. Aplicação da tomografia na CTBMF: Relatos de caso. *Rev cir traumatol buco-maxilo-fac* 2012 jun;12(2):53-8.
8. Beledelli R, Souza PHC. O que são e como se formam os artefatos nas imagens da tomografia computadorizada de feixe cônico. *Rev ABRO* 2012 jan/jun;13(1):2-15.
9. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006 Feb;72(1):75-80.
10. Link TM, Berning W, Scherf S, Joosten U, Joist A, Engelke K, et al. CT of metal implants: reduction of artifacts using an extended CT scale technique. *J Comput Assist Tomogr* 2000 Jan-Feb;24(1):165-72.
11. Holberg C, Steinhauser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *J Orofac Orthop* 2005 Nov;66(6):434-44.





12. Draenert FG, Coppentrath E, Herzog P, Muller 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 May;36(4):198-203.
13. Svendsen P, Quiding L, Landahl I. Blackout and other artefacts in computed tomography caused by fillings in teeth. *Neuroradiology* 1980 19(5):229-34.
14. Azevedo B, Lee R, Shintaku W, Noujeim M, Nummikoski P. Influence of the beam hardness on artifacts in cone-beam CT. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod* 2008 105(4):e48.
15. Fiala TG, Novelline RA, Yaremchuk MJ. Comparison of CT imaging artifacts from craniomaxillofacial internal fixation devices. *Plast Reconstr Surg* 1993 Dec;92(7):1227-32.
16. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008 Jul;106(1):106-14.
17. Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, et al. Image artifact in dental cone-beam CT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006 May;101(5):652-7.
18. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011 Jul;40(5):265-73.
19. Terra GTC. Tomografia computadorizada cone beam: avaliando sua precisão em medidas lineares. *J Biodent Biomater* 2011 set/fev ;2(1):10-6.
20. Stuehmer C, Essig H, Bormann KH, Majdani O, Gellrich NC, Rucker M. Cone beam CT imaging of airgun injuries to the craniomaxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008 Oct;37(10):903-6.
21. Eggers G, Mukhamadiev D, Hassfeld S. Detection of foreign bodies of the head with digital volume tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2005 Mar;34(2):74-9.
22. 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.
23. Baum U, Gress H, Lell M, Nomayr A, Lenz M. Imaging of head and neck tumors--methods: CT, spiral-CT, multislice-spiral-CT. *Eur J Radiol* 2000 Mar;33(3):153-60.
24. Zhang Y, Zhang L, Zhu XR, Lee AK, Chambers M, Dong L. Reducing metal artifacts in cone-beam CT images by preprocessing projection data. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007 Mar 1;67(3):924-32.
25. Garib DG, Raymundo Jr. R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial* 2007 abr;12(2):139-56.
26. Lee MJ, Kim S, Lee SA, Song HT, Huh YM, Kim DH, et al. Overcoming artifacts from metallic orthopedic implants at high-field-strength MR imaging and multi-detector CT. *Radiographics* 2007 May-Jun;27(3):791-803.
27. Guimarães CS, Pontual AA, Melo Jr. PMR, Cruz MLR, Silveira MMF. Avaliação subjetiva de artefatos em tomografias computadorizadas de feixe cônico produzidos pelo MTA, fillapex e AH plus. *Rev Fac Odontol Porto Alegre* 2012 mai/ago ;53(2):25-9.

Recebido em 21/10/2015

Aceito em 08/03/2016