

REVISÃO DE LITERATURA

Efeito do artefato de “beam hardening” na capacidade de identificação das alterações periodontais e peri-implantares

“Beam Hardening” artefact effect in identifying capacity of periodontal and peri-implant changes

RESUMO

O diagnóstico por imagem é um exame complementar importante para o diagnóstico e acompanhamento da doença periodontal e peri-implantar e atualmente a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) substituiu o uso das tomografias convencionais odontológicas e da tomografia computadorizada médica. No entanto, artefatos ocorrem principalmente, próximos de estruturas de alta densidade como o metal, sendo que essa alteração pode interferir na interpretação das imagens e no diagnóstico. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura relacionada ao efeito do artefato de “beam hardening” na capacidade de identificação das alterações periodontais e peri-implantares. Conclui-se que a TCFC promove uma avaliação tridimensional de doença periodontal e da peri-implantite, mas na presença de artefatos metálicos pode haver uma limitação da qualidade da imagem do nível ósseo ao redor dos dentes e implantes.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada de Feixe cônico; Artefato; Diagnóstico; Nível ósseo.

ABSTRACT

Diagnostic imaging is an important complementary method for the diagnosis and follow up of periodontal disease and peri-implant and nowadays cone-beam computed tomography (CBCT) replaces the use of conventional dental CT scans and medical CT scan. However, artifacts occur mainly near high-density structures such as metal, and this change may interfere interpretation of the images and diagnosis. Therefore, this study aims to conduct a literature review on the effect of “beam hardening” artifact in identifying capacity of periodontal and peri-implant changes. We conclude that CBCT promote three-dimensional evaluation of periodontal disease and peri-implantitis, but presence of metal artifacts could be a limitation of the image quality of bone level around the teeth and implants.

Key-words: Cone-beam computed tomography; Artifact; Diagnosis; Bone level.

Gilberto Araujo Noro Filho*
Bruno Vieira Caputo**
Daniela Miranda Richarte de Andrade Salgado***
Jéssica Rabelo Mina Zambrana****
Elcio Magdalena Giovani*****
Claudio Costa*****

* Doutorando em Diagnóstico Bucal - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP. Professor Adjunto da Faculdade de Odontologia da Universidade Paulista – UNIP.

– Doutor em Diagnóstico Bucal - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP. Professor Adjunto da Faculdade de Odontologia da Universidade Paulista – UNIP.

*** Doutoranda em Diagnóstico Bucal - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP.

**** Mestranda em Diagnóstico Bucal - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP.

***** Mestre e Doutor - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP. Professor Titular da disciplina de Clínica Integrada e Coordenador do Centro de Estudos e Atendimento a Pacientes Especiais (CEAPE) - Faculdade de Odontologia da Universidade Paulista - UNIP

***** Mestre, Doutor e Professor Associado (Livre-Docente) da disciplina de Radiologia - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP.

Correspondência: Gilberto Araujo Noro Filho – e-mail: norofilho@usp.br

Submetido em: 29-9-2015

Aceito em: 1-11-2016

INTRODUÇÃO

O diagnóstico da doença periodontal e peri-implantar depende da avaliação dos parâmetros clínicos periodontais (sinais e sintomas). No entanto, a avaliação radiográfica tem sido um exame complementar importante no diagnóstico da doença periodontal e peri-implantar, determinando seu diagnóstico, prognóstico, plano de tratamento e acompanhamento de cada paciente.^{1,2}

Atualmente, existe uma diversidade de modalidade de diagnóstico por imagem intra-oral e extra-oral para o acompanhamento do paciente com doença periodontal e peri-implantar, aonde utiliza-se rotineiramente as modalidades radiográficas de duas dimensões (2D), como por exemplo, as radiografias panorâmica, periapical e interproximal. Todas essas modalidades fornecem uma importante ferramenta de diagnóstico, mas possuem algumas limitações como comprometimento subestimado, diagnóstico de deiscência, fenestração e envolvimento de furca, sobreposição de estruturas anatômicas e não fornecem o nível ósseo da cortical vestibular e lingual.³

Portanto a utilização do exame complementar tridimensional (3D), tomografia computadorizada de feixe cônico, que apresenta menor emissão de radiação foi introduzido recentemente na periodontia^{4,5,6,7,8,9,10} e no diagnóstico da peri-implantite^{11,12} com objetivo de diminuir as limitações dos exames de duas dimensões.

No entanto, a ocorrência de artefato conhecido como “beam hardening” (endurecimento do feixe) ocorre, principalmente, próximo a estruturas de alta densidade, como os metálicos (implantes dentais, núcleos intra-radiculares e coroas). Em áreas com alta absorção de raios X, tais como estrutura de alta densidade, resultando em efeitos de endurecimento do feixe,¹³ sendo que essa alteração pode interferir na interpretação das imagens e conseqüentemente no diagnóstico.¹⁴

Atualmente a escolha da modalidade do diagnóstico por imagem deve ser baseada na necessidade específica de cada paciente, plano de tratamento proposto e avaliação da presença de artefatos metálicos, respeitando os princípios da ALARA (*as low a dose as reasonably achievable* – dose mais baixa possível).¹⁵ Devido a menor dose de radiação e redução do tempo de exame, o uso da tomografia computadorizada de feixe cônico substitui o uso das tomografias convencionais odontológicas e da tomografia computadorizada médica. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura relacionada ao efeito do artefato de “beam hardening” na capacidade de identificação das alterações periodontais e peri-implantares.

REVISÃO DE LITERATURA

O diagnóstico por imagem é considerado uma importante ferramenta de exame complementar para o paciente com alteração do nível ósseo periodontal ou peri-implantar, sendo de fundamental importância para o diagnóstico e planejamento odontológico. Uma das principais indicações para o exame radiográfico em periodontia é avaliar o defeito ósseo linear (horizontal) e não linear (vertical), que pode ser mensurado através da distância da junção cimento-esmalte (JCE) até a crista óssea. Além disso, podemos obter informações relacionadas a lâmina dura, espaço do ligamento periodontal, envolvimento de furca, dentes inclusos ou impactados, excessos de restauração, cálculo, anatomia radicular e tecido periapical.³

Além disso, a principal limitação da utilização da radiografia periapical na periodontia é que o exame fornece uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional, causando problemas em relação a validade, acurácia e precisão do exame.¹⁶ Sendo portanto, considerado um método auxiliar de diagnóstico e o exame clínico soberano através da avaliação dos parâmetros clínicos periodontais como profundidade clínica de sondagem, nível de inserção clínica, margem gengival, índice de sangramento, envolvimento de furca e mobilidade.¹⁷

Desde o surgimento da tomografia computadorizada de feixe cônico foi possível a realização do diagnóstico através de imagens digitais tridimensionais da região da cabeça e pescoço com baixa dose de radiação.¹⁸ No entanto, uma das principais desvantagens da TCFC é a presença de artefatos de imagem na reconstrução final, onde temos como exemplo os artefatos com aspecto de estrias devido a corpos de alta densidade (implantes dentais, núcleos metálicos fundidos e coroas), assim como os artefatos relacionado à movimentação.^{19,20,21}

Draenert *et al.* (2007) examinaram a permeabilidade do feixe cônico do aparelho de TCFC NewTom® 9000 em comparação com a TC MX 8000 (TC multidetectora de 4-fileiras) da Phillips. Foi utilizado um crânio para o escaneamento com os dois equipamentos numa resolução comparável de reconstrução como um implante ITI de 4,1mm da Straumann® em quatro posições na maxila (primeiro pré-molar superior direito e esquerdo e segundo molar superior direito e esquerdo). As imagens foram avaliadas por quatro examinadores experientes, sendo que o escaneamento com o NewTom® 9000 apresentaram os fenômenos de endurecimento do feixe mais fortes na forma de uma sombra do feixe de radiação em todas as reconstruções quando comparados com o outro aparelho, devido a geometria dos feixes de raios X, o filtro de raios X ou a diferença de ajuste dos mesmos.¹³

Quando comparado a TCFC, profundidade clínica de sondagem (PCS) e radiografia periapical convencional (filme F-speed), a TCFC foi estatisticamente mais acurada e apresentou os resultados mais próximos quando comparada a PCS. Além disso, a TCFC foi capaz de detectar todos os defeitos intraósseos e a radiografia periapical detectou apenas 67% dos sítios. Portanto, a TCFC foi superior as demais técnicas e permitiu a avaliação tridimensional do defeito periodontal.⁵ Resultados semelhantes foram encontrados quando comparados a TCFC com as radiografias periapicais digitais com sensor CCD. O exame tridimensional foi superior na detecção da morfologia do defeito. Defeitos intraósseos na parede vestibular e lingual, envolvimento de furca, no entanto, a imagem obtida pelo sensor CCD apresentou um melhor detalhe do tecido ósseo (qualidade óssea, contraste e lâmina dura).^{6,7}

Atualmente, as aplicações da TCFC na periodontia são limitadas e a avaliação da literatura indica que 3% dos artigos publicados em odontologia estão relacionados com aplicações em periodontia, sendo que a maioria dos artigos 70% estão sendo publicados relacionados à cirurgia e traumatologia buco-maxilo-facial (CTBMF). A ortodontia conta com 16% e a implantodontia apresenta apenas 13% dos artigos publicado nessa área.²²

De acordo com Schulze *et al.* (2011) os artefatos resultam da discrepância entre modelos matemáticos e o processo de imagem física atual, podendo interferir no processo de diagnóstico e planejamento baseado na TCFC, portanto os profissionais devem estar preparados para sua presença. Em termos gerais, os artefatos são induzidos por discrepância entre as condições físicas reais e as reconstruções realizadas pelo TCFC. O

ruído e a dispersão produzem artefatos adicionais, como artefatos de extinção, artefatos de endurecimento de feixe (BH), artefatos causados pelo efeito exponencial do gradiente das bordas, artefato de repetição (*aliasing*), artefato anelares, artefatos de movimento.²³

Kehl et al. (2011) avaliaram o nível ósseo marginal tridimensional após 5 a 15 anos do recebimento de carga em implantes de pacientes parcialmente edêntulos, que passaram pelo tratamento da periodontite crônica generalizada (PCG) e periodontite agressiva generalizada (PAgG). Em ambos os grupos foi observada uma perda óssea significativa na região vestibular (PAgG: 4,49-2,93 mm; PCG: 3,57-2,94 mm) com maior perda óssea em pacientes com PAgG (3,00-1,67 mm) em comparação com pacientes com PCG (2,45-1,08 mm). Houve correlação significativa entre os parâmetros clínicos periodontais e a perda óssea na mandíbula de pacientes com PAgG. Portanto, a perda óssea foi observada na região vestibular e foi maior em pacientes com PAgG, apresentando correlação com a mucosa queratinizada e aumento do processo inflamatório.¹¹

Além disso, o desenvolvimento de um algoritmo para redução do artefato metálico (MAR) diminuiu significativamente o ruído nas imagens quando uma esfera metálica era incorporada no *phantom*. Embora a quantidade de metal fosse limitada no momento do escaneamento, os resultados parecem ser promissores. Além disso, são necessárias novas pesquisas para definir o uso do algoritmo clinicamente e determinar se será confiável para a eliminação dos artefatos causados pelos corpos de alta densidade. Apesar da utilização do algoritmo de MAR aumentar o tempo de reconstrução, ainda é uma ferramenta útil na redução dos artefatos metálicos durante o escaneamento.¹⁴

Ritter et al. (2014) avaliaram a acurácia da TCFC e da radiografia intrabucal convencional (RC) na avaliação óssea peri-implantar em comparação com a análise histológica. Foram avaliados 26 implantes instalados em mandíbulas de cães com defeito na parede óssea vestibular. As medidas da TCFC estiveram bem correlacionadas com análise histomorfométrica do nível ósseo vestibular, espessura óssea lingual e comprimento do implante ($p < 0,05$). Quando comparado a análise histomorfométrica, o nível ósseo mesial e distal foram subestimados tanto para a RC, quanto para a TCFC. Todas as correlações intra-classe foram altamente significativas. Sendo assim, a TCFC fornece informações úteis do nível ósseo ao redor dos implantes com diferentes níveis de precisão. A RC e TCFC avaliam igual o nível ósseo mesial e distal, mas, dentro dos seus limites, a TCFC também pode avaliar o nível ósseo vestibular e lingual. Os artefatos metálicos limitam a qualidade da imagem do nível ósseo ao redor dos implantes, portanto novas pesquisas podem esclarecer os valores dos algoritmos de reconstrução no pós-processamento.¹²

Os movimentos da cabeça podem resultar em artefatos de movimento na TCFC, levando a degradação da qualidade da imagem. Spin Neto et al. (2014) avaliaram a capacidade dos observadores para reconhecer o movimento do paciente durante TCFC e decidir a interrupção antecipada do exame. A maioria dos pacientes com movimento durante o exame (20 segundos) foram detectado no vídeo de 3 segundos. Sendo assim, ao observar as gravações de vídeo, observadores treinados são capazes de reconhecer o movimento do paciente com elevada especificidade para interrupção do exame.²¹

DISCUSSÃO

Há aproximadamente 20 anos a tomografia computadorizada começou a ser utilizada com maior frequência em Odontologia, principalmente, na Implantodontia, trazendo melhor detalhamento das estruturas anatômicas avaliadas.²⁴ Atualmente a escolha da modalidade do diagnóstico por imagem deve ser baseada na necessidade específica de cada paciente e plano de tratamento proposto, respeitando os princípios da ALARA.¹⁵ Devido a menor dose de radiação e redução do tempo de exame, o uso da tomografia computadorizada de feixe cônico substituiu o uso das tomografias convencionais odontológicas e da tomografia computadorizada médica.

O exame tridimensional é capaz de determinar a morfologia do defeito, defeitos intraósseos na parede vestibular e lingual, envolvimento de furca e sobreposição das estruturas anatômicas.^{6,7} Sendo assim, a tomografia computadorizada de feixe cônico foi introduzida recentemente na Periodontia⁴⁻¹⁰ e no diagnóstico da peri-implantite^{11,12} com objetivo de aumentar a capacidade de diagnóstico das alterações periodontais e peri-implantares.

No entanto, diferentes tipos de artefatos podem interferir na qualidade das imagens das radiografias, principalmente na TCFC, e, portanto, alterar o processo diagnóstico efetuado com base em tais imagens. Os artefatos podem ocorrer de forma isolada ou associada, sendo classificados em artefatos de espalhamento, artefatos de extinção, artefatos causados pelo “endurecimento” do feixe de raios X (BH), artefatos causados pelo efeito exponencial do gradiente das bordas, artefatos em forma de anel, artefatos de movimentação, ou associados ao ruído nativo das imagens de TCFC.²³

Devido a constante presença de artefatos nas TCFC é necessário além da elaboração de valores de algoritmo de reconstrução pós-processamento, o treinamento e conscientização na solicitação do exame de diagnóstico por imagem. Múltiplos fatores influenciam a seleção da técnica radiográfica adequada, incluindo o custo, disponibilidade, exposição à radiação e anatomia do paciente.^{1,3,12}

Além disso, atualmente a literatura relata a influência dos artefatos de movimentação na degradação da qualidade da imagem, assim como a interferência do movimento do paciente na reexposição da TCFC.^{20,21,25} Sendo assim, os artefatos metálicos podem limitar a qualidade da imagem do nível ósseo ao redor dos dentes e implantes. Portanto novas pesquisas com diferentes softwares podem esclarecer os valores dos algoritmos de reconstrução no pós-processamento, assim como determinar os fatores que influenciam na presença dos artefatos.

CONCLUSÃO

- Portanto apesar da TCFC promover uma avaliação tridimensional de defeitos ósseos periodontais e peri-implantares, na presença de artefatos metálicos pode haver uma limitação da qualidade da imagem do nível ósseo ao redor dos dentes e implantes.

REFERÊNCIAS

1. Eley BM, Cox SW. Advances in periodontal diagnosis. 1. Traditional clinical methods of diagnosis. *Br Dent J*. 1998 Jan 10;184(1):12-6.
2. Acar B, Kamburoğlu K. Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World J Radiol*. 2014 May 28;6(5):139-47.
3. Mol A. Imaging methods in periodontology. *Periodontol* 2000. 2004;34:34-48.
4. Mengel R, Candir M, Shiratori K, Flores-de-Jacoby L. Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: an in vitro study on native pig and human mandibles. *J Periodontol*. 2005 May;76(5):665-73.
5. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol*. 2006 Jul;77(7):1261-6.
6. Vandenbergh B, Jacobs R, Yang J. Diagnostic validity (or acuity) of 2D CCD versus 3D CBCT-images for assessing periodontal breakdown. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007 Sep;104(3):395-401.
7. Vandenbergh B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008 Jul;37(5):252-60.
8. Walter C, Weiger R, Dietrich T, Lang NP, Zitzmann NU. Does three-dimensional imaging offer a financial benefit for treating maxillary molars with furcation involvement? A pilot clinical case series. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Mar;23(3):351-8.
9. Feijo CV, Lucena JG, Kurita LM, Pereira SL. Evaluation of cone beam computed tomography in the detection of horizontal periodontal bone defects: an in vivo study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2012 Oct;32(5):e162-8.
10. Qiao J, Wang S, Duan J, Zhang Y, Qiu Y, Sun C, et al. The accuracy of cone-beam computed tomography in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol*. 2014 Mar;41(3):269-74.
11. Kehl M, Swierkot K, Mengel R. Three-dimensional measurement of bone loss at implants in patients with periodontal disease. *J Periodontol*. 2011 May;82(5):689-99.
12. Ritter L, Elger MC, Rothamel D, Fienitz T, Zinser M, Schwarz F, et al. Accuracy of peri-implant bone evaluation using cone beam CT, digital intra-oral radiographs and histology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(6):20130088.
13. Draenert FG, Copenrath 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 May;36(4):198-203.
14. Bechara BB, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012b Jul;41(5):422-8.
15. Dykstra BA. ALARA and radiation in the dental office: current state of affair. *Dent Today*. 2011 Mar;30(3):14,16,18.
16. Hausmann E. Radiographic and digital imaging in periodontal practice. *J Periodontol*. 2000 Mar;71(3):497-503.
17. Armitage GC; Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology. Diagnosis of periodontal diseases. *J Periodontol*. 2003 Aug;74(8):1237-47.
18. Aranyarachkul P, Caruso J, Gantes B, Schulz E, Riggs M, Dus I, et al. Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 May-Jun;20(3):416-24.
19. Hanzelka T, Foltán R, Horká E, Sedý J. Reduction of the negative influence of patient motion on quality of CBCT scan. *Med Hypotheses*. 2010 Dec;75(6):610-2.
20. Spin-Neto R, Mudrak J, Matzen LH, Christensen J, Gotfredsen E, Wenzel A. Cone beam CT image artefacts related to head motion simulated by a robot skull: visual characteristics and impact on image quality. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(2):32310645.
21. Spin-Neto R, Matzen LH, Schropp L, Liedke GS, Gotfredsen E, Wenzel A. Radiographic observers' ability to recognize patient movement during cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(4):20130449.
22. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Jun;38(6):609-25.
23. 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.
24. Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, et al. A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality. *Eur J Radiol*. 2010 Aug;75(2):265-9.
25. Spin-Neto R, Matzen LH, Schropp L, Gotfredsen E, Wenzel A. Factors affecting patient movement and re-exposure in cone beam computed tomography examination. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015 May;119(5):572-8.