

Avaliação de doses referenciais obtidas com exames de tomografia computadorizada de feixe cônico adquiridos com diferentes tamanhos de voxel

Marianna Guanaes Gomes Torres**, Paulo Sérgio Flores Campos***, Nilson Pena Neto Segundo****, Marlos Ribeiro*****, Marcus Navarro*****, Iêda Crusoé-Rebello*****

Resumo

Objetivo: o objetivo deste estudo reside na avaliação do produto dose-área (DAP) e das doses de entrada na pele (DEP), empregando protocolos com tamanho de *voxel* diferente, obtidos com o aparelho de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) i-CAT, a fim de determinar melhores parâmetros baseados nos princípios da radioproteção. **Métodos:** para medição do DEP foi utilizada uma câmara de ionização do tipo lápis, e para o DAP foi utilizado um aparelho PTW. Quatro protocolos foram testados, a saber: (1) 40 seg., *voxel* de 0,2mm e 46,72mAs; (2) 40 seg., *voxel* de 0,25mm e 46,72mAs; (3) 20 seg., *voxel* de 0,3mm e 23,87mAs; (4) 20 seg., *voxel* de 0,4mm e 23,87mAs. A quilovoltagem permaneceu constante (120KVp). **Resultados:** detectou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os quatro protocolos, para os dois métodos de avaliação da dose de radiação (DAP e DEP). Na avaliação do DAP, os protocolos 2 e 3 promoveram uma diferença estatisticamente significativa, não sendo possível detectar qual dos protocolos na avaliação da DEP proporcionou esse resultado. **Conclusão:** DAP e DEP apresentam-se como métodos de avaliação para doses de radiação em tomografia computadorizada de feixe cônico, sendo necessários mais estudos para elucidar tal achado. O tamanho do *voxel*, isoladamente, não é capaz de interferir na dose de radiação em exames de TCFC (i-CAT). A dose de radiação para exames de TCFC (i-CAT) está diretamente relacionada ao tempo de exposição e à miliamperagem.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Radiação. Voxel.

Resumo do editor

A dimensão do *voxel*, a menor unidade de imagem da tomografia computadorizada Cone-Beam, relaciona-se com a definição da imagem

tomográfica. A questão levantada pelos autores deste estudo foi se a dimensão do *voxel* influenciaria na dose de radiação emitida durante o exame de TC. A medição do produto dose-área (DAP) e da

* Acesse www.dentalpress.com.br/revistas para ler o artigo na íntegra.

** Mestre em Odontologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Especialista em Radiologia Odontológica e Imagiologia.

*** Professor Associado da UFBA.

**** Doutor em Radiologia Odontológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

***** Aluno de iniciação científica - PET da Faculdade de Odontologia da UFBA.

***** Professor Adjunto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).

***** Professor Adjunto da UFBA.

TABELA 1 - Protocolos de aquisição da imagem do aparelho i-CAT.

Protocolo	Tempo de varredura (seg.)	Tamanho do voxel (mm)	KVp	mAs
1	40	0,20	120	46,72
2	40	0,25	120	46,72
3	20	0,30	120	23,87
4	20	0,40	120	23,87

TABELA 2 - Mediana dos valores de doses de radiação (DEP e DAP) para os quatro protocolos.

Protocolos	Dose de Entrada na Pele - DEP (mGy)	Produto Dose Área - DAP (mGy m ²)
1	3,77	44,92
2	3,78	45,30
3	2,00	24,43
4	2,00	24,98
	(p = 0,00083)	(p = 0,000145)

dose de entrada na pele (DEP), quando da obtenção das imagens de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico usando o aparelho i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA), foi realizada segundo os protocolos especificados na Tabela 1. Em todos os protocolos, o campo de visão (colimação) da varredura equivaleu a 6cm. Os exames foram repetidos quatro vezes para cada protocolo.

A mediana dos valores de DEP e DAP encontrados para os quatro protocolos avaliados é demonstrada na Tabela 2. Observou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os quatro protocolos, para os dois métodos de avaliação da dose de radiação. A dimensão do voxel, de maneira isolada, não influenciou a dose de radiação exposta. Quando os fatores de exposição (TE, KVp e mAs) são mantidos, a simples alteração do tamanho do voxel não influencia de maneira significativa a dose de radiação. No entanto, os protocolos atrelam o uso de voxels menores a tempos de exposição e miliamperagem maiores, o que invariavelmente provoca o aumento da dose de exposição.

Questões aos autores

1) Qual dos protocolos de aquisição de imagem testados apresentaria o melhor custo-benefício? Por quê?

Através desse e de outros trabalhos, o protocolo com voxel de 0,3mm oferece boa resolução com dose de radiação reduzida e, por isso, melhor custo-benefício.

2) A dimensão do campo de visão (FOV, Field of View) do exame de tomografia computadorizada Cone-Beam influenciaria na dose de radiação emitida?

Sim. Principalmente no que se refere à grandeza Pka (Produto Kerma Área), aumentando a probabilidade dos efeitos estocásticos. Porém, em nossa pesquisa, não houve influência, visto que usamos o mesmo FOV para todas as incidências e, conseqüentemente, todas as medidas. Mas, por exemplo, nas TCFC de FOV reduzido ou com capacidade de aquisição apenas por sextantes, diminui-se significativamente a dose recebida e, logo, têm indicações precisas.

3) Existem dificuldades ou limitações na realização de estudos de dosagem de radiação com a tomografia computadorizada Cone-Beam?

Sim, os estudos ainda buscam uma grandeza dosimétrica e/ou uma metodologia que possibilite avaliar as exposições em Cone-Beam, visando estimar os efeitos estocásticos e comparar as exposições com outras tecnologias, graças à sua aquisição volumétrica e à evolução de tais equipamentos.

Endereço para correspondência
 Marianna Guanaes Gomes Torres
 Rua Araújo Pinho, 62, Canela
 CEP: 40.110-150 - Salvador / BA
 E-mail: iedacr@ufba.br

Avaliação de doses referenciais obtidas com exames de tomografia computadorizada de feixe cônico adquiridos com diferentes tamanhos de voxel

Marianna Guanaes Gomes Torres*, Paulo Sérgio Flores Campos**, Nilson Pena Neto Segundo***, Marlos Ribeiro****, Marcus Navarro*****, Iêda Crusóé-Rebello*****

Resumo

Objetivo: o objetivo deste estudo reside na avaliação do produto dose-área (DAP) e das doses de entrada na pele (DEP), empregando protocolos com tamanho de *voxel* diferente, obtidos com o aparelho de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) i-CAT, a fim de determinar melhores parâmetros baseados nos princípios da radioproteção. **Métodos:** para medição do DEP foi utilizada uma câmara de ionização do tipo lápis, e para o DAP foi utilizado um aparelho PTW. Quatro protocolos foram testados, a saber: (1) 40 seg., *voxel* de 0,2mm e 46,72mAs; (2) 40 seg., *voxel* de 0,25mm e 46,72mAs; (3) 20 seg., *voxel* de 0,3mm e 23,87mAs; (4) 20 seg., *voxel* de 0,4mm e 23,87mAs. A quilovoltagem permaneceu constante (120KVp). **Resultados:** detectou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os quatro protocolos, para os dois métodos de avaliação da dose de radiação (DAP e DEP). Na avaliação do DAP, os protocolos 2 e 3 promoveram uma diferença estatisticamente significativa, não sendo possível detectar qual dos protocolos na avaliação da DEP proporcionou esse resultado. **Conclusão:** DAP e DEP apresentam-se como métodos de avaliação para doses de radiação em tomografia computadorizada de feixe cônico, sendo necessários mais estudos para elucidar tal achado. O tamanho do *voxel*, isoladamente, não é capaz de interferir na dose de radiação em exames de TCFC (i-CAT). A dose de radiação para exames de TCFC (i-CAT) está diretamente relacionada ao tempo de exposição e à miliamperagem.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. Radiação. Voxel.

INTRODUÇÃO

Um tratamento odontológico próspero deve ser baseado num planejamento completo, e isso inclui a utilização de imagens para ajudar no diagnóstico. A tomografia computadorizada (TC)

proporciona informações tridimensionais importantes e seu uso está em ascensão. No entanto, essa técnica apresenta uma grande desvantagem, que é a dose de radiação acumulada às estruturas da cabeça e pescoço, além do seu alto custo¹⁻⁸.

* Mestre em Odontologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Especialista em Radiologia Odontológica e Imaginologia.

** Professor Associado da UFBA.

*** Doutor em Radiologia Odontológica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

**** Aluno de iniciação científica - PET da Faculdade de Odontologia da UFBA.

***** Professor Adjunto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).

***** Professor Adjunto da UFBA.

Recentemente, uma nova geração de TC, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC), tornou-se disponível. Essa tecnologia foi desenvolvida especificamente para a região de cabeça e pescoço, e fornece imagens volumétricas tridimensionais similares às imagens tomográficas médicas, com baixo custo e redução da exposição do paciente à radiação, devido ao seu campo de visão (FOV) limitado na dimensão axial^{2,5,7,9-12}.

O tamanho do *voxel* na TCFC é inferior quando comparado ao tamanho desse na TC convencional. No aparelho i-CAT, por exemplo, o tamanho do *voxel* pode variar de 0,12 a 0,4mm para aquisição de imagens da mandíbula, enquanto na TC convencional normalmente a sua dimensão é de 0,5 a 1mm^{6,13}.

Em geral, quanto menor o tamanho do *voxel* e mais longo o tempo de varredura, melhores serão a resolução e os detalhes. No entanto, um tamanho menor de *voxel* está atrelado a um tempo de varredura mais longo, o que proporciona algumas desvantagens como maiores possibilidades de movimentação do paciente durante o exame, doses mais elevadas de radiação e tempo de reconstrução mais longo^{14,15}.

O objetivo deste estudo reside na avaliação do produto dose-área (DAP) e das doses de entrada na pele (DEP), empregando protocolos com tamanhos de *voxel* diferentes, obtidos com o aparelho de TCFC i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), a fim de determinar melhores parâmetros, baseados nos princípios da radioproteção.

MATERIAL E MÉTODOS

A medição do produto dose-área (DAP) e da dose de entrada na pele (DEP) quando da obtenção das imagens de Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, usando o aparelho i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA), foi realizada segundo os protocolos da Tabela 1. Em todos esses protocolos, a altura (colimação) da varredura foi de 6cm. Os exames foram repetidos quatro vezes para cada protocolo.

TABELA 1 - Protocolos de aquisição da imagem do aparelho i-CAT.

Protocolo	Tempo de varredura (seg.)	Tamanho do voxel (mm)	KVp	mAs
1	40	0,20	120	46,72
2	40	0,25	120	46,72
3	20	0,30	120	23,87
4	20	0,40	120	23,87

Foram utilizados o medidor de dose RADACAL 9095 e o medidor de DAP PTW. Todos os equipamentos calibrados em laboratório reconhecidos na Rede Brasileira de Metrologia.

Numa extremidade do tomógrafo foi fixada uma câmara de ionização do tipo lápis (100mm), acoplada a um eletrômetro, de modo a mensurar as doses empregadas quando da obtenção das imagens (DEP), utilizando o CTDI (Índice de Dose de Tomografia Computadorizada).

Para a medida do DAP, um aparelho PTW foi acoplado à outra extremidade do aparelho. Sendo que, posteriormente, foi realizado o cálculo do fator multiplicativo com base na distância entre a saída do feixe de raios X e do sensor, para compensar a distância do centro do aparelho até onde foi colocado o medidor DAP PTW.

Para análise dos dados obtidos, foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e de Dunn, considerando como estatisticamente significativo $p < 0,001$.

RESULTADOS

As medianas dos valores de DEP e DAP encontrados para os quatro protocolos avaliados estão demonstradas na Tabela 2. Percebe-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) entre os quatro protocolos, para os dois métodos de avaliação da dose de radiação.

O teste de Dunn mostrou que, na avaliação do DAP, os protocolos 2 e 3 promoveram a diferença estatisticamente significativa, não sendo possível detectar qual dos protocolos na avaliação da DEP proporcionou esse resultado.

TABELA 2 - Mediana dos valores de doses de radiação (DEP e DAP) para os quatro protocolos.

Protocolos	Dose de Entrada na Pele - DEP (mGy)	Produto Dose Área - DAP (mGy m ²)
1	3,77	44,92
2	3,78	45,30
3	2,00	24,43
4	2,00	24,98
	(p = 0,00083)	(p = 0,000145)

DISCUSSÃO

Sendo a TCFC uma tecnologia nova, faz-se necessário o conhecimento de metodologia adequada para a mensuração da dose de radiação. Acreditamos que o método proposto, através da DEP e DAP, deve ser considerado como padrão para mensuração da dose nesse tipo de exame. Ademais, o DAP mostrou-se ser uma medida bastante estável do ponto de vista clínico.

Os protocolos 1 e 2 apresentam valores de DEP e DAP bastante semelhantes, já que, apesar de haver diferença entre o tamanho do *voxel*, o tempo de exposição (TE), a quilovoltagem (kVp) e a miliamperagem (mAs) permanecem constantes. O mesmo ocorre quando considerados os protocolos 3 e 4 (Tab. 1, 2). Isso mostra que o tamanho do *voxel*, de maneira independente, não influencia na dose de radiação exposta, ou seja, quando os fatores de exposição (TE, kVp e mAs) são mantidos, a simples alteração do tamanho do *voxel* não influencia de maneira significativa a dose de radiação. No entanto, os protocolos atrelam o uso de *voxels* menores a tempos de exposição e miliamperagem maiores, o que invariavelmente provoca o aumento da dose de radiação.

Isso ocorre já que os protocolos são totalmente preestabelecidos pelo fabricante no i-CAT¹⁵.

Um tamanho de *voxel* maior, associado a uma baixa mAs e TE reduzido, é capaz de reduzir a dose em até 50%¹⁶. No presente estudo, à medida em que TE e mAs praticamente dobraram dos protocolos 3 e 4 para os protocolos 1 e 2, as doses de radiação DEP e DAP se comportaram da mesma forma entre os protocolos, sendo aproximadamente o dobro nos protocolos 1 e 2, em relação aos protocolos 3 e 4 (Tab. 1, 2).

A limitação do teste de Dunn em apresentar diferença significativa entre outros protocolos e também na avaliação da DEP se deu pela pequena amostra. Mas, apesar da amostra pequena, ele foi capaz de mostrar que os protocolos 2 e 3 promovem uma diferença significativa entre si (p= 0,0065) para o DAP, o que só foi possível por uma diferença extremamente relevante que existe entre esses protocolos.

Em conclusão, DAP e DEP apresentam-se como métodos de avaliação para doses de radiação em tomografia computadorizada de feixe cônico, sendo necessários mais estudos para elucidar tal achado. Isoladamente, o tamanho do *voxel* não é capaz de interferir na dose de radiação em exames de TCFC (i-CAT). A dose de radiação para exames de TCFC (i-CAT) está diretamente relacionada ao tempo de exposição e à miliamperagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sinceros agradecimentos à CAPES (Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), IFBA (Instituto Federal de Tecnologia da Bahia) e Clínica Odontobioimagem, pelo apoio ao projeto.

Evaluation of referential dosages obtained by Cone-Beam Computed Tomography examinations acquired with different voxel sizes

Abstract

Objectives: The aim of this study was to evaluate the dose–area product (DAP) and the entrance skin dose (ESD), using protocols with different voxel sizes, obtained with i-CAT Cone-Beam Computed Tomography (CBCT), to determine the best parameters based on radioprotection principles. **Methods:** A pencil-type ionization chamber was used to measure the ESD and a PTW device was used to measure the DAP. Four protocols were tested: (1) 40s, 0.2 mm voxel and 46.72 mAs; (2) 40s, 0.25 mm voxel and 46.72 mAs; (3) 20s, 0.3 mm voxel and 23.87 mAs; (4) 20s, 0.4 mm voxel and 23.87 mAs. The kilovoltage remained constant (120kVp). **Results:** A significant statistical difference ($p < 0.001$) was found among the four protocols for both methods of radiation dosage evaluation (DAP and ESD). For DAP evaluation, protocols 2 and 3 presented a statistically significant difference, and it was not possible to detect which of the protocols for ESD evaluation promoted this result. **Conclusions:** DAP and ESD are evaluation methods for radiation dose for Cone-Beam Computed Tomography, and more studies are necessary to explain such result. The voxel size alone does not affect the radiation dose in CBCT (i-CAT) examinations. The radiation dose for CBCT (i-CAT) examinations is directly related to the exposure time and milliamperes.

Keywords: Cone-Beam Computed Tomography. Radiation. Voxel.

REFERÊNCIAS

1. Lam EW, Ruprecht A, Yang J. Comparison of two-dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning. *J Prosthet Dent.* 1995 Jul;74(1):42-6.
2. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003 Oct;96(4):508-13.
3. Kobayashi K, Shimoda S, Nakagawa Y, Yamamoto A. Accuracy in measurements of distance using limited cone-beam computerized tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19:228-31.
4. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakos CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose cone beam CT. *Eur J Radiol.* 2005 Dec;56(3):413-7.
5. Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig.* 2006 Mar;10(1):1-7.
6. Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, Misch KA, Sarment DP. Accuracy of three-dimensional measurements using cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006;35:410-6.
7. Van Assche N, van Steenberghe D, Guerrero ME, Hirsch E, Schutyser F, Quirynen M et al. Accuracy of implant placement based on pre-surgical planning of three-dimensional cone-beam images: a pilot study. *J Clin Periodontol.* 2007 Sep;34(9):816-21.
8. Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MAG. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37:268-73.
9. 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 Aug;102(2):225-34.
10. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, et al. 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 Apr;105(4):512-8.
11. Suomalainen A, Vehmas T, Kortesiemi 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.
12. Lascaia CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofac Radiol.* 2004 Sep;33(5):291-4.
13. Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, Neugebauer J, Brochhagen HG, Keeve E, et al. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Oct;104(4):551-9.
14. Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Feb;37(2):80-93.
15. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006 Jul;35(4):219-26.
16. 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.

Enviado em: julho de 2010
Revisado e aceito: agosto de 2010

Endereço para correspondência
Marianna Guanaes Gomes Torres
Rua Araújo Pinho, 62, Canela
CEP: 40.110-150 – Salvador / BA
E-mail: iedacr@ufba.br