

Levantamento de Doses em Tomografia Computadorizada em Protocolos de Crânio e Tórax

Survey of Computed Tomography Doses in Head and Chest Protocols

Giordana Salvi de Souza¹, Ana Maria Marques da Silva¹

¹Núcleo de Pesquisa em Imagens Médicas, Faculdade de Física, PUCRS, Porto Alegre, Brasil

Resumo

A tomografia computadorizada é uma ferramenta clínica para o diagnóstico de pacientes. Entretanto, o paciente é sujeito a uma complexa distribuição de dose. O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de indicadores de dose em exames de tomografia computadorizada de crânio e tórax, em termos de DLP (do inglês, *Dose-Length Product*) e dose efetiva, para pacientes adultos e pediátricos, comparando-os com níveis de referência diagnóstica encontrados na literatura. Os pacientes foram divididos em faixas etárias e foram coletados os seguintes parâmetros de aquisição da imagem: idade, kV, mAs, CTDI_{vol} (do inglês *Volumetric Computed Tomography Dose Index*) e DLP. A dose efetiva foi encontrada através do produto entre fatores de correção e o DLP. Os resultados que foram obtidos a partir do terceiro quartil mostraram a importância da determinação dos valores de mAs e kV para cada paciente, dependendo da região estudada, idade e espessura.

Palavras-chave: tomografia computadorizada; dose efetiva; DLP; radiologia.

Abstract

Computed tomography is a clinical tool for the diagnosis of patients. However, the patient is subjected to a complex dose distribution. The aim of this study was to survey dose indicators in head and chest protocols CT scans, in terms of Dose-Length Product (DLP) and effective dose for adult and pediatric patients, comparing them with diagnostic reference levels in the literature. Patients were divided into age groups and the following image acquisition parameters were collected: age, kV, mAs, Volumetric Computed Tomography Dose Index (CTDI_{vol}) and DLP. The effective dose was found multiplying DLP by correction factors. The results were obtained from the third quartile and showed the importance of determining kV and mAs values for each patient depending on the studied region, age and thickness.

Keywords: computed tomography; effective dose; DLP; radiology.

1. Introdução

A tomografia computadorizada (TC) é uma poderosa ferramenta clínica para o diagnóstico e tratamento de pacientes devido à capacidade de fornecer dados tridimensionais de alta qualidade resultando em benefícios significativos para a gestão médica, permitindo um diagnóstico mais rápido e preciso, evitando técnicas cirúrgicas intervencionistas¹. Entretanto, o paciente é sujeito a uma complexa distribuição de dose tridimensionalmente².

Para quantificar o risco da dose em pacientes de exames de TC, é preciso quantificar a medida que é relatada para o risco do paciente. No entanto, em radiologia, a quantidade de dose exposta e absorvida são “unidades de concentração” e não relatam o total da quantidade de radiação absorvida pelo paciente³. O DLP (do inglês, *Dose-Length Product*) fornece uma estimativa razoável de dose de radiação, mas não fornece uma informação sobre o risco da radiação. Para tal efeito, o conceito da dose efetiva foi introduzido pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica ou ICRP (do inglês *International Commission Radiation Protection*), para fornecer

uma dose baseada no risco da irradiação não homogênea aos pacientes⁴.

Para assegurar que a dose na qual o paciente está sendo submetido seja a mais baixa possível, mas mantenha-se um diagnóstico confiável, determinam-se valores de referência, denominados Níveis de Referência Diagnóstica (NRD), que possibilitam a identificação de doses de radiação que estão elevadas ou fora dos valores estabelecidos como ideais, baseados no terceiro quartil de uma distribuição de doses médias para procedimentos específicos, e que são passíveis de investigação para justificação, limitação e otimização.

O descritor de dose DLP é o produto entre o CTDI_{vol} (do inglês *Volumetric Computed Tomography Dose Index*) e o comprimento da região irradiada. Estes valores são apenas uma aproximação da dose do paciente⁵ e dependem apenas dos parâmetros selecionados⁶.

A dose efetiva é um descritor de radiação que pode ser utilizado para caracterizar a exposição à radiação para pacientes submetidos a exames de TC, onde os níveis de radiação estão bem abaixo da dose limiar necessária para induzir efeitos determinísticos. A magnitude da dose efetiva está

relacionada com os riscos estocásticos da radiação, como a indução de câncer e a produção de efeitos genéticos⁷.

O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento de indicadores de dose em exames de tomografia computadorizada de crânio e tórax, em termos de DLP e dose efetiva, para pacientes adultos e pediátricos, comparando-os com outros NRDs disponibilizados na literatura.

2. Materiais e Métodos

Os levantamentos de dados foram realizados no Hospital São Lucas da PUCRS, em dois tomógrafos, *Philips Ingenuity Core CT 64 (Philips Medical Systems, Best, the Netherlands)* e *Siemens Emotion 16 (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany)*. Estes dados fazem parte de projeto "Desenvolvimento de um sistema de informação para controle da qualidade e dosimetria de pacientes submetidos a exames de tomografia computadorizada", aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE 1892411300005336, parecer 381.090).

Os dados coletados referem-se aos protocolos de exames de TC mais utilizados para as regiões de crânio e tórax, que foram realizados entre os anos de 2013 a 2015, sem contraste. Os pacientes foram divididos nas seguintes faixas etárias: 0-1 ano, 1-5 anos, 5-10 anos, 10-15 anos e >15 anos, e foram coletados os seguintes parâmetros: idade, protocolo utilizado, kV, mAs, CTDI_{vol} e DLP.

Para o protocolo de crânio tem-se as seguintes quantidades de pacientes: 0-1 ano: 82 pacientes; 1-5 anos: 70 pacientes; 5-10 anos: 65 pacientes; 10-15: 38 pacientes; e >15 anos 38 pacientes. Para os protocolos de tórax, o número de pacientes é: 0-1 ano: 28 pacientes, 1-5 anos 41 pacientes, 5-10 anos: 11 pacientes, 10-15: 20 pacientes e >15 anos: 46 pacientes.

A estimativa da dose efetiva foi baseada no estudo de Deak e et al.⁸, que determinou fatores de correções do DLP para o cálculo da dose efetiva em função da tensão, região e a idade dos pacientes, seguindo a recomendação ICRP 103. Os autores desenvolveram fatores de correção para as regiões anatômicas de crânio e tórax, para as tensões de 80 kV à 140 kV.

Com os dados obtidos foi determinado, a partir do terceiro quartil da distribuição de DLP e doses efetivas, valores de comparação para cada um dos tipos de procedimentos e faixas etárias em relação aos NRDs publicados por outros autores.

3. Resultados

O gráfico da Figura 1 apresenta os valores de DLP, com a indicação do mínimo e máximo (♦), primeiro e terceiro quartil (caixa) e mediana (◆), para as faixas etárias e regiões anatômicas de crânio.

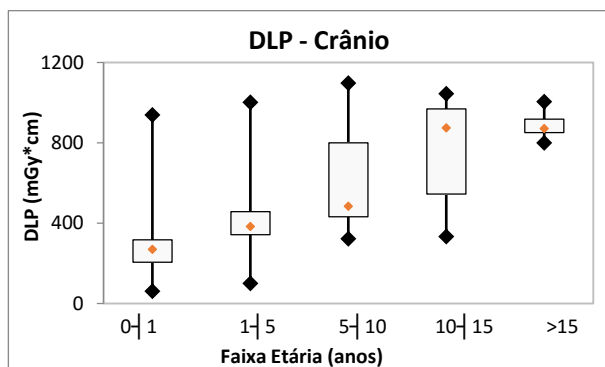


Figura 1: Gráfico *Box-Plot* do DLP para o protocolo de crânio por faixa etária.

O gráfico da Figura 2 apresenta os valores de DLP, com a indicação do mínimo e máximo (♦), primeiro e terceiro quartil (caixa) e mediana (◆), para as faixas etárias e regiões anatômicas de tórax.

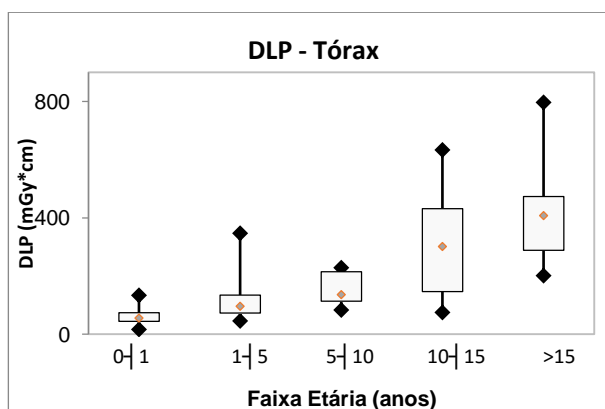


Figura 2: Gráfico *Box-Plot* do DLP para o protocolo de tórax por faixa etária.

A tabela 1 apresenta os valores de DLP para os protocolos de crânio encontrados na literatura, em comparação com o valor encontrado para o terceiro quartil neste estudo.

Tabela 1. Comparação entre os valores de DLP obtidos no presente estudo em exames de crânio e os NRDs publicados anteriormente.

Faixa Etária (anos)	Crânio – DLP (mGy*cm)				
	0-1	1-5	5-10	10-15	>15
Este estudo	318	457	800	969	919
Irlanda ¹	333	491	608	719	964
Suíça ⁹	270	420	560	1000	-
Reino Unido ¹⁰	270	470	620	930	-
Alemanha ¹¹	390	520	710	920	1100
Bélgica ¹²	280	473	637	650	-
Coréia do Sul ¹³	545	508	792	947	-

A tabela 2 apresenta os valores de DLP para os protocolos de tórax encontrados na literatura, em comparação com o valor encontrado para o terceiro quartil neste estudo.

Tabela 2. Comparação entre os valores de DLP obtidos no presente estudo em exames de tórax e os NRDs publicados anteriormente.

Faixa Etária (anos)	Tórax – DLP (mGy*cm)				
	0 1	1 5	5 10	10 15	>15
Este estudo	74	134	136	431	473
Irlanda	73	106	153	237	418
Suíça	110	200	220	460	-
Reino Unido	200	230	370	580	-
Alemanha	28	55	105	205	245
Bélgica	76	111	144	260	-
Coréia do Sul	121	160	226	474	-

O gráfico da Figura 3 apresenta os valores de dose efetiva, com a indicação do mínimo e máximo (♦), primeiro e terceiro quartil (caixa) e mediana (◆), para as faixas etárias e regiões anatômicas de crânio.

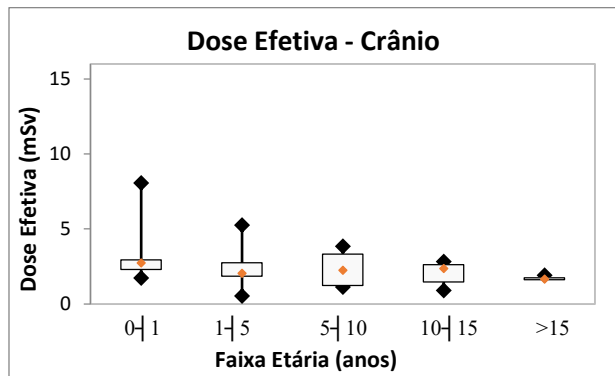


Figura 3: Gráfico *Box-Plot* da dose efetiva para o protocolo de crânio por faixas etárias.

O gráfico da Figura 4 apresenta os valores de dose efetiva, com a indicação do mínimo e máximo (♦), primeiro e terceiro quartil (caixa) e mediana (◆), para as faixas etárias e regiões anatômicas de tórax.

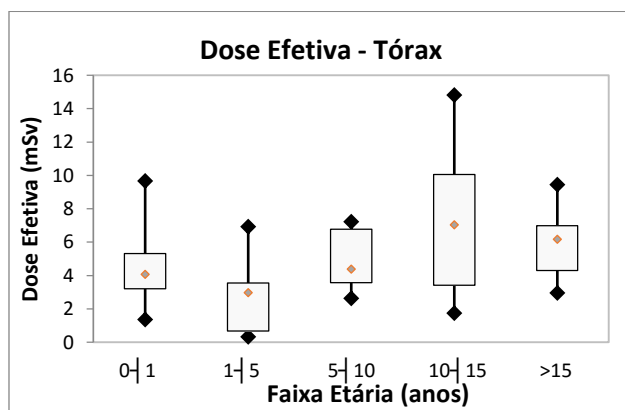


Figura 4: Gráfico *Box-Plot* da dose efetiva para o protocolo de tórax por faixas etárias.

A tabela 3 apresenta os valores de dose efetiva para os protocolos de crânio encontrados na

literatura, em comparação com o valor encontrado para o terceiro quartil neste estudo.

Tabela 3. Comparação entre os valores de dose efetiva obtidos no presente estudo em exames de crânio e os NRDs publicados anteriormente.

Faixa Etária (anos)	Crânio – Dose Efetiva (mSv)				
	0 1	1 5	5 10	10 15	>15
Este estudo	2,9	2,8	3,3	2,6	1,4
Reino Unido	-	2,5	1,5	1,6	1,5
Alemanha	2,6	1,5	1,3	1,1	-
Coréia do Sul	3,3	1,8	2,1	1,8	-

A tabela 4 apresenta os valores de dose efetiva para os protocolos de tórax encontrados na literatura, em comparação com o valor encontrado para o terceiro quartil neste estudo.

Tabela 4. Comparação entre os valores de dose efetiva obtidos no presente estudo em exames de tórax e os NRDs publicados anteriormente.

Faixa Etária (anos)	Tórax – Dose Efetiva (mSv)				
	0 1	1 5	5 10	10 15	>15
Este estudo	5,3	3,5	6,8	10,1	7,0
Reino Unido	-	6,3	3,6	3,9	5,8
Alemanha	2,7	2,0	1,5	1,1	-
Coréia do Sul	2,8	2,6	2,6	3,1	-

4. Discussão

A variação percentual máxima e mínima entre o valor do DLP deste estudo para o protocolo de crânio e os valores encontrados na literatura para as faixas etárias são de 0|1 ano: (-41,9; 17,8)%; 1|5 anos: (-12,1; 8,8); 5|10 anos: (1,0; 42,8)%; 10|15 anos: (-3,1; 49,1)%; e >15 anos: (-16,5; -4,7)%. Observa-se que a maior variação dos valores é para a faixa etária de adultos (>15 anos).

A variação percentual entre os valores do DLP deste estudo para o protocolo de tórax em faixas etárias e os valores encontrados na literatura foram de 0|1 anos: (-63,5; 60,5)%; 1|5 anos: (-41,7; -41,7)%; 5|10 anos: (-63,2; 29,5)%; 10|15 anos (-25,5; 110,2)%; >15 anos: (13,15; 93,1)%. Observa-se que a maior variação dos valores é para a faixa etária de 10|15 anos.

Foi possível observar a grande amplitude interquartil dos valores encontrados para o DLP do protocolo de crânio nas faixas etárias 5|10, 10|15 anos e para o protocolo de tórax na faixa etária 10|15 anos. Tais protocolos deveriam ser otimizados, ajustando parâmetros de aquisição, tais como kV, mAs, tempo de rotação, *pitch*, que considerem faixa etária, peso, espessura do paciente. Esta otimização é particularmente importante para pacientes pediátricos, pois os mesmos possuem um maior risco de exposição à radiação ionizante¹⁴.

A variação percentual entre os valores da dose efetiva neste estudo para os exames de crânio em relação aos encontrados na literatura para a faixa etária foram de 0-1 ano (-12,1; 11,5)%; 1-5 anos (12,0; 86,7)%; 5-10 anos (57,1; 153,8)%; 10-15 anos (62,5; 153,8)% e para >15 anos (-6,7; -)%.

Observa-se que para a faixa etária de 5-10 anos, o valor da dose efetiva encontrada neste estudo é maior do que todas as referências utilizadas.

A variação percentual entre os valores da dose efetiva neste estudo para os exames de tórax e os valores encontrados na literatura para a faixa etária foram de 0-1 ano: (89,3; 96,3)%, 1-5 anos: (44,5; 75,0)%, 5-10 anos: (88,9; 353,4)%, 10-15 anos: (159,0; 818,2)% e para >15 anos: (20,7; -)%.

Observa-se que, com exceção da faixa etária de 1-5 anos, os valores das doses efetivas encontradas neste estudo são todas maiores do que todas as referências utilizadas.

Adicionalmente, deve-se destacar que a estimativa de DLP e da dose efetiva para os pacientes pediátricos neste estudo pode estar sendo subestimada pela falta de *phantoms* que representem pacientes pediátricos e recém-nascidos. De acordo com Brink e Morin¹⁵, o uso de *phantom* de 32 cm para pacientes pediátricos resulta numa subestimação da dose recebida, pois os *phantoms* de PMMA são desenvolvidos para o imageamento de pacientes adultos (diâmetro de 16 cm para crânio e 32 cm para abdômen e tórax). Infelizmente, estes dois tamanhos não representam nem as pequenas dimensões de recém-nascidos, nem as dimensões de pacientes adultos obesos. Alguns fabricantes vêm utilizando o *phantom* de 16 cm para abdômen e tórax em pacientes pediátricos, mas ainda não há um consenso.

O estudo de Nickoloff, Dutta e Lu¹⁴ utilizou *phantoms* de diâmetros 6 cm, 10 cm, 16 cm, 24 cm e 32 cm, e avaliou como a seleção dos parâmetros de aquisição e os diferentes diâmetros do *phantom* afetam a dose no paciente. O estudo mostrou que a dose no *phantom* de 6 cm pode ser de 3 a 6 vezes maior, quando comparado com o de 32 cm.

Assim, os resultados mostram a importância da determinação dos valores de mAs e kV para cada paciente, dependendo da região estudada, idade, e espessura, conforme estudos mais atuais.¹⁶⁻¹⁸

5. Conclusões

Conclui-se que o levantamento de indicadores de dose em exames de tomografia computadorizada e sua comparação com níveis de referência de diagnóstico constituem uma importante ferramenta para a otimização de doses em pacientes, endossado por diversas organizações profissionais e reguladoras, incluindo a ICRP, Colégio Americano de Radiologia (ACR), Associação Americana de Físicos em Medicina (AAPM), Reino Unido (UK) Proteção da Saúde Agência, Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e Comissão Europeia (CE).

Estes levantamentos são particularmente relevantes para exames realizados em pacientes pediátricos, em função da maior radiosensibilidade nessa faixa etária.

Agradecimentos

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro.

Referências

- Foley, S. J., McEntee, M. F. & Rainford, L. A. Establishment of CT diagnostic reference levels in Ireland. *Br. J. Radiol.* **85**, 1390–1397 (2012).
- Huda, W., Ravenel, J. G. & Scalzetti, E. M. How do radiographic techniques affect image quality and patient doses in CT? *Semin. Ultrasound CT MRI* **23**, 411–422 (2002).
- Rizzo, S. *et al.* Comparison of angular and combined automatic tube current modulation techniques with constant tube current CT of the abdomen and pelvis. *Am. J. Roentgenol.* **186**, 673–679 (2006).
- Payne, J. T. CT radiation dose and image quality. *Radiol. Clin. North Am.* **43**, 953–962 (2005).
- McCullough, C. H. *et al.* CT dose index and patient dose: they are not the same thing. *Radiology* **259**, 311–316 (2011).
- Frush, D. P. Review of Radiation Issues for Computed Tomography. *Semin. Ultrasound, CT MRI* **25**, 17–24 (2004).
- Ware, D. E., Huda, W., Mergo, P. J. & Litwiller, a L. Radiation effective doses to patients undergoing abdominal CT examinations. *Radiology* **210**, 645–650 (1999).
- Deak, P. D., Smal, Y. & Kalender, W. a. Multisection CT Protocols: Sex- and Age-specific Conversion Dose from Dose-Length Product w: *Radiology* **257**, (2010).
- Aroua, A. *et al.* Adult reference levels in diagnostic and interventional radiology for temporary use in Switzerland. *Radiat. Prot. Dosimetry* **111**, 289–295 (2004).
- P C Shrimpton, M C Hillier, M A Lewis, M. D. Doses from Computed Tomography (CT) Examinations in the UK – 2003 Review. *Natl. Radiol. Prot. Board* **57**, 1–107 (2005).
- Galanski, M., Nagel, H. D. & Stamm, G. Paediatric CT Exposure Practice in the Federal Republic of Germany: Results of a Nation-wide Survey in 2005 / 06. *Mhh* **56** (2005).
- Buls, N. *et al.* CT paediatric doses in Belgium : a multi-centre study. *Belgian Fed. Agency Nucl. Control* (2010). at <<http://www.fanc.fgov.be/GED/00000000/2400/2449.pdf>>
- Hwang, J.-Y. *et al.* A Survey of Pediatric CT Protocols and Radiation Doses in South Korean Hospitals to Optimize the Radiation Dose for Pediatric CT Scanning. *Medicine (Baltimore)*. **94**, 1–9 (2015).
- Nickoloff, E. L., Dutta, A. K. & Lu, Z. F. Influence of phantom diameter, kVp and scan mode upon computed tomography dose index. *Med. Phys.* **30**, 395–402 (2003).
- Brink, J. a & Morin, R. L. Size-specific dose estimation for CT: how should it be used and what does it mean? *Radiology* **265**, 666–8 (2012).
- Suess, C. & Chen, X. Dose optimization in pediatric CT: Current technology and future innovations. *Pediatr. Radiol.* **32**, 729–734 (2002).
- Reid, J., Gamberoni, J., Dong, F. & Davros, W. Optimization of kVp and mAs for pediatric low-dosesimulated abdominal CT: Is it best to base parameter selection on object circumference? *Am. J. Roentgenol.* **195**, 1015–1020 (2010).
- Al Mahrooqi, K. M. S., Ng, C. K. C. & Sun, Z. Pediatric Computed Tomography Dose Optimization Strategies:

A Literature Review. *J. Med. Imaging Radiat. Sci.* **46**,
241–249 (2015).

Contato:

Giordana Salvi de Souza
Av. Ipiranga 6681, Pr. 10
90619-900 Porto Alegre-RS
E-mail: giordana.souza@acad.pucrs.br