

Estimativa de dose efetiva em exames de tomografia de crânio e abdômen em pacientes adultos do Instituto de Radiologia da Faculdade de Medicina da USP (INRAD/FM/USP)

Effective dose evaluation of head and abdomen CT exams in adult patients at the Instituto de Radiologia da Faculdade de Medicina da USP (INRAD/FM/USP)

Denise Y. Nersissian, Éric F. Scolastici, Renato B. Doro, Tânia A. C. Furquim

Instituto de Física da USP (IFUSP) - Departamento de Física Nuclear
Laboratório de Dosimetria
Caixa Postal: 66318
05315-970 São Paulo, SP

yanikian@if.usp.br, ericfs@if.usp.br, rbdoro@if.usp.br, tfurquim@if.usp.br

RESUMO

A partir de 48.206 exames realizados entre junho de 2011 e maio de 2012 em quatro equipamentos de tomografia do INRAD/FM/USP, identificou-se, entre os dez mais frequentes: 32,5 % de crânio e 14,4 % de abdômen. Este trabalho apresenta uma estimativa de dose efetiva a partir $CTDI_{vol}$ para exames de crânio e abdômen em pacientes adultos. A partir disso, foram realizadas as medições de CTDI utilizando-se de uma câmara de ionização do tipo “lápiz” (Radcal Corporation, modelo 10 x 5 - 3CT) e objeto simulador cilíndrico de PMMA equivalente às regiões do crânio (diâmetro = 16 cm) e do abdômen (diâmetro = 32 cm). Os resultados de dose efetiva para o abdômen variaram entre 7,3 e 12,1 mSv e para o crânio entre 1,4 e 5,0 mSv. Em comparação com valores da literatura, sendo: para exames de abdômen entre 5 e 7 mSv e exames de crânio entre 1 e 2 mSv, verifica-se que há margem para otimização destes protocolos visando-se a redução das doses aos pacientes.

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da tomografia computadorizada (TC) a tecnologia representa uma das mais importantes técnicas radiológicas nas aplicações médicas [1]. Nos últimos anos esta modalidade de imagem apresentou um crescimento expressivo no número de exames e como consequência de sua utilização a dose a que estão expostos os pacientes vem aumentando significativamente. A dose coletiva também aumentou, uma vez que as doses decorrentes da utilização desta técnica são muito superiores àquelas decorrentes da utilização de qualquer outra técnica de radiologia convencional [2]. A Tomografia representa uma contribuição de 43% para a dose coletiva efetiva a partir de exposições médicas [3]. Apesar de não existirem normas que definem o cálculo da estimativa de Dose Efetiva (E) em pacientes de tomografia, sua determinação permite estimar o risco relativo aos exames [4]. Ela é obtida a partir do produto dose comprimento (*dose length product* - DLP) que multiplica o comprimento médio (L) irradiado de uma região anatômica específica, pelo $CTDI_{vol}$, sua unidade é apresentada

em mGy•cm. A dose efetiva (E) pode ser estimada a partir da multiplicação do DLP pelo coeficiente de conversão de dose absorvida para dose efetiva (κ) para a região do corpo sob estudo [5].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Levantamento estatístico dos protocolos realizados nos equipamentos de tomografia

Para o levantamento estatístico, os protocolos avaliados neste trabalho foram inicialmente coletados a partir de exames realizados rotineiramente em seis tomógrafos localizados no Instituto de Radiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (INRAD/FM/USP), totalizando 76.951 exames no período de junho de 2011 a maio de 2012. Os dados contêm, para cada um dos exames, informações específicas do paciente como: tipo de protocolo para cada região do corpo avaliada, sendo 82 diferentes tipos de protocolos, gênero, idade, identificação do equipamento e data de realização do exame.

Deste total, excluiu-se 15.248, pois foram descartados exames de dois tomógrafos: um deles, por ser dedicado a planejamento em radioterapia e o outro devido à recente substituição por um equipamento mais novo. Foram excluídos, também, 6.193 exames em razão de erros no cadastro de pacientes no sistema do INRAD/FM/USP.

Para este trabalho, foram analisados apenas dois protocolos (abdômen e crânio) que juntos representam 34 % do total inicialmente coletado e acima já explicado.

2.2. Estimativa do Índice de Dose em Tomografia Computadorizada (CTDI)

Por meio das medições de controle de qualidade realizadas periodicamente no INRAD/FM/USP, foram avaliadas as doses relacionadas aos protocolos de abdômen e crânio. A grandeza Índice de Dose para Tomografia Computadorizada (CTDI) que é definida como a integral da dose absorvida ao longo da direção axial ($D(z)$) para uma rotação de 360° do tubo de raios X, dividido pela espessura irradiada, conforme a Equação (1), onde: n é o número cortes para cada varredura e T é a espessura nominal do corte.

$$CTDI = \frac{1}{n \cdot T} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \quad (1)$$

Uma maneira prática de avaliação do CTDI, que pode ser avaliada com uma câmara de ionização do tipo “lápiz” com comprimento ativo de 100 mm é o $CTDI_w$ (ponderado). O $CTDI_w$ é o resultado da combinação do CTDI medido na região central ($CTDI_c$) e na periferia ($CTDI_p$) de um simulador de paciente cilíndrico de polimetilmetacrilato (PMMA), conforme Equação (2):

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_c + \frac{2}{3} CTDI_p \quad (2)$$

Para ser representativo com as doses entregues em “fatias” aos pacientes, aquisições axiais (não helicoidais) são realizadas. As medições do $CTDI_w$ foram realizadas em quatro tomógrafos utilizando-se uma câmara de ionização do tipo lápis (Radcal Corporation, EUA, modelo 10 x 5 - 3CT acoplada a um monitor 9015) e um objeto simulador cilíndrico composto de polimetilmetacrilato dedicado e equivalente às regiões da cabeça (16 cm de diâmetro) e do abdômen (32 cm de diâmetro).

Porém, a maioria dos equipamentos utilizados atualmente nos exames de tomografia são de múltiplos detectores e os protocolos estão configurados para aquisições helicoidais. Nos sistemas helicoidais, as aquisições são caracterizadas por um fator de passo (*pitch*) que é definido como a distância percorrida pela mesa de exames (I) em uma rotação de 360° do tubo de raios X, dividido pela largura de colimação do feixe de radiação ($n \times T$) conforme descrito na Equação (3):

$$p = \frac{I}{n \times T} \quad (3)$$

É interessante notar que quanto maior for valor do *pitch*, menor será a dose no local do exame. Então, a avaliação de dose durante aquisições helicoidais deve considerar este deslocamento do paciente no eixo longitudinal do equipamento de tomografia. Assim, define-se outra grandeza: o CTDI volumétrico ($CTDI_{vol}$), como sendo $CTDI_w$ dividido pelo *pitch*, Equação (4):

$$CTDI_{vol} = \frac{CTDI_w}{p} \quad (4)$$

2.3. Estimativa Dose Efetiva

Os efeitos biológicos da radiação dependem não apenas da dose de radiação mas também da sensibilidade da região irradiada. A dose efetiva reflete a sensibilidade biológica permitindo assim estimar o risco relativo do paciente submetido ao procedimento equivalente a um exame de corpo inteiro ou equivalente, de acordo com AAPM Report No. 96 [5] seu uso facilita o entendimento do potencial de dano em um exame médico que se utiliza da radiação ionizante [4]. Esta grandeza pode ser obtida a partir do Produto Dose Comprimento (*Dose Length Product* - DLP) que multiplica o $CTDI_{vol}$ pelo comprimento médio (L) irradiado de uma região anatômica específica, encontrado a partir de trabalhos anteriores [5]. A unidade é apresentada em mGy•cm, Equação (5):

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \quad (5)$$

A Dose Efetiva (E) pode ser estimada a partir da multiplicação do DLP pelo coeficiente de conversão de dose (κ) (Equação 6):

$$E(\text{mSv}) = \text{DLP} \cdot k \quad (6)$$

Foram utilizados coeficientes de conversão da publicação da AAPM Report No. 96 [5], sendo $0,0021 \text{ mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ para o crânio e $0,015 \text{ mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ para o abdômen.

3. RESULTADOS E DISCUÇÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos na obtenção dos dados e das avaliações de doses nos protocolos sob estudo.

3.1. Levantamento estatística dos protocolos realizados nos equipamentos de tomografia

Uma distribuição da quantidade de exames pela idade dos pacientes (Figura 1) foi verificada para o total de seis equipamentos do INRAD/FM/USP, o eixo x representa a idade dos pacientes, com uma periodicidade de 1 (um) ano, identificando-se que estes equipamentos são utilizados desde pacientes recém-nascidos, crianças, adultos e idosos até 105 anos de idade.

Nos estudos individuais para cada equipamento, a distribuição entre faixas etárias foi semelhante ao do total, com um constante crescimento na quantidade de exames até pacientes de 59 anos, um declínio a partir dos 60 anos. Os picos nas faixas etárias de 0 a 5 anos e adultos de 20 de 35 anos podem servir de indicadores de patologias ou situações de necessidades de exames específicos, tais estudos epidemiológicos serão realizados posteriormente.

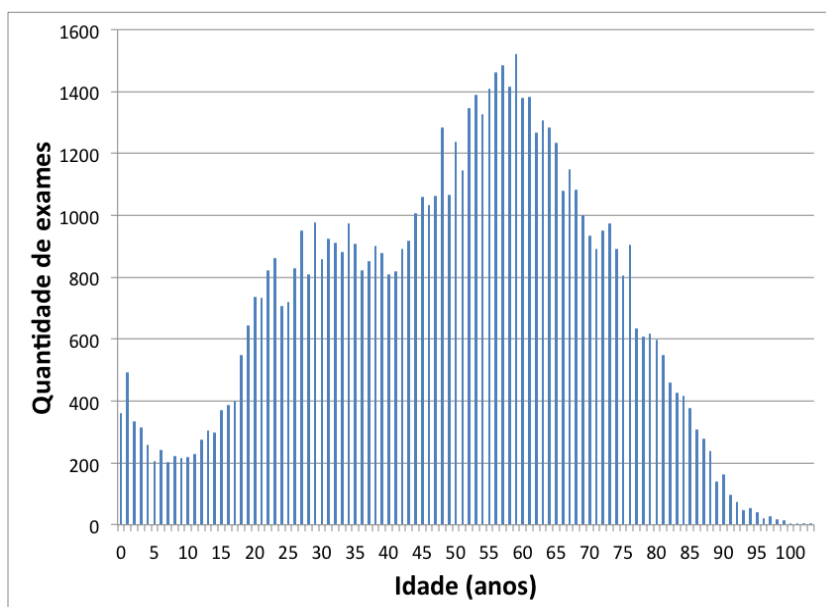


Figura 1. Distribuição da quantidade de exames entre todas as idades obtidas no levantamento estatístico entre cinco equipamentos de tomografia do INRAD/FM/USP.

Para exemplificar os tipos exames realizados por equipamento observa-se, na Figura 2, o tomógrafo da marca G.E., modelo Lightspeed, que em uma ordem decrescente apresenta os 10 primeiros exames mais realizados no mesmo. Os quatro primeiros protocolos somam 70 % de todos os tipos. Em primeiro vem o exame de crânio, que corresponde a 36 % do total e, portanto é a principal região anatômica avaliada em equipamentos de TC no INRAD. Em seguida aparecem os protocolos de abdômen, pelve e tórax, ambos em torno de 11 % dos exames realizados.

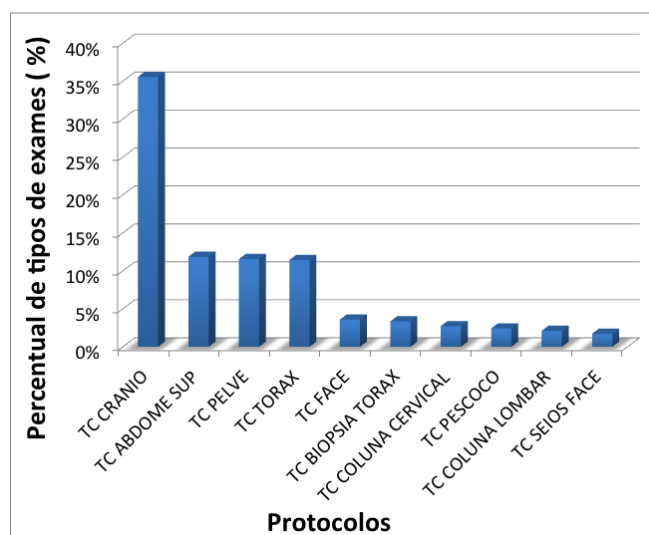


Figura 2. Relação dos dez exames mais realizados no equipamento de tomografia GE - Lightspeed.

A partir de 48.206 exames realizados entre junho de 2011 e maio de 2012 em quatro equipamentos de tomografia do INRAD/FM/USP, identificou-se, entre os dez mais frequentes: 32,5 % de crânio e 14,4 % de abdômen totalizando 22.603 exames em pacientes adultos, faixa etária acima de 20 anos. Na Tabela 1 está relacionada a quantidade de cada um dos tipos de exames separados por tomógrafo avaliado.

Tabela 1. Relação quantidade de exames por tomógrafos utilizados no estudo

Marca	Modelo	Exames de abdômen	Exames de crânio
G.E.	Lightspeed	1004	2662
G.E.	Discovery HD 750CT	1707	463
Philips	MX8000 IDT10	1545	576
Philips*	Brilliance	2690	11956
Total		6946	15657

* Equipamento localizado no Pronto Socorro do INRAD/FM/USP

3.2. Estimativa do Índice de Dose em Tomografia Computadorizada (CTDI)

De acordo com AAPM Report No. 96 [5], os níveis de referência típicos apresentados, indicam que para o protocolo de abdômen está entre 5 e 7 mSv e para o crânio entre 1 e 2 mSv. Das medições de $CTDI_w$ foram calculadas as doses efetivas para ambos os protocolos nos quatro tomógrafos sob estudo, os resultados estão apresentados nas Tabelas 2 e 3. A última coluna apresenta a diferença percentual entre a dose efetiva calculada e a indicada no AAPM Report No. 96 [5].

Tabela 2. Resultados das medições de $CTDI_w$ e cálculo da dose efetiva para o protocolo de abdômen. A última coluna apresenta a diferença percentual entre a dose efetiva calculada e a indicada no Report 96 – AAPM[5]

Equipamento	Abdômen					
	$CTDI_w$ (mGy)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	L (cm)	k ($mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-1}$)	Dose efetiva (mSv)	Diferença percentual
Discovery	17,8	12,9	42,5	0,015	8,2	17,7%
Lightspeed	25,7	19,0			12,1	73,1%
IDT10	12,6	11,5			7,3	4,3%
BrilliancePS	11,9	12,1			7,7	10,1%

Tabela 3. Resultados das medições de $CTDI_w$ e cálculo da dose efetiva para o protocolo de crânio. A última coluna apresenta a diferença percentual entre a dose efetiva calculada e a indicada no Report 96 – AAPM[5]

Equipamento	Crânio					
	$CTDI_w$ (mGy)	$CTDI_{vol}$ (mGy)	L (cm)	k ($mSv \cdot mGy^{-1} \cdot cm^{-1}$)	Dose efetiva (mSv)	Diferença percentual
Discovery	26,1	49,1	20	0,0021	2,1	3,2%
Lightspeed	34,6	34,6			1,5	-27,3%
IDT10	35,5	118,3			5,0	148,5%
BrilliancePS	27,3	60,3			2,5	26,6%

Os resultados de dose efetiva para o abdômen variaram entre 7,3 e 12,1 mSv, estando todos acima dos níveis de referência do AAPM Report No. 96 [5], já para nos protocolos de crânio os resultados ficaram entre 1,4 e 5,0 mSv; apenas no equipamento Lightspeed verifica-se que o nível está abaixo do máximo. Neste equipamento, a aquisição das imagens é realizada no modo axial para o protocolo de crânio, isto explica o resultado numericamente igual entre o $CTDI_w$ e o $CTDI_{vol}$.

No caso do equipamento IDT10 foi observada uma dose efetiva de 5,0 mSv, indicando que a dose está 148,5% acima do nível de referência apresentado na publicação norte americana. Isto é devido aos altos valores de produto corrente-tempo (mAs) associado a um baixo valor de *pitch*, que é normalmente utilizado em exames de crânio devido à necessidade de detalhamento na imagem reconstruída.

Uma vez que o $CTDI_{vol}$ reflete as características de radiação dos exames realizados particularmente nos tomógrafos, suas diferenças podem ser explicadas de acordo com as características utilizadas no protocolo pré configurado para realização dos procedimentos.

4. CONCLUSÕES

O estudo foi limitado apenas a exames realizados em pacientes do Instituto de Radiologia da Faculdade de Medicina da USP (INRAD), por isso os resultados podem não os mesmos em outras instituições. Além dos protocolos de crânio e abdômen coletados e apresentados neste trabalho, também foram identificados outros 82 tipos de exames realizado em tomografia computadorizada.

A partir deste levantamento dos dados de frequência de exames, é evidente que a tomografia contribui com uma proporção considerável na dose coletiva em irradiações, porém não é possível, neste momento, realizar um levantamento deste percentual já que não há uma coleta total destas informações entre todas as modalidades de diagnóstico.

Para os valores apresentados neste trabalho observa-se que há necessidade de otimização dos protocolos de exames visando-se a redução das doses nos pacientes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do assessor de gestão da qualidade Sr. Antonio Carlos da Silva do INRAD/FM/USP.

REFERÊNCIAS

1. Brenner D. J., Hall E.J. **Computed Tomography – An increasing source of radiation exposure.** New England Journal of Medicine, 357, 2007.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements. **Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States.** Bethesda: Report No. 160, 2009.
3. UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. **Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes.** New York: United Nations, 2008.
4. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography. Report EUR 16262. Brussels, Belgium: European Commission, 1999.
5. AAPM - AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **The measurement, Reporting and Management of Radiation Dose in CT.** Report No. 96 of AAPM Task Group 23, 2008.
6. CAPELETI, F. F. **Estudo da dose efetiva, razão sinal-ruído razão contraste-ruído em tomografia computadorizada de múltiplos detectores.** 2010. 68 f. Monografia apresentada na Universidade Estadual Paulista - UNESP para obtenção do grau de bacharel em Física Médica.