

Novo indicador de dose em CT (SSDE) determinado por meio de parâmetro geométrico extraído do cabeçalho DICOM

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) determined using a geometric parameter extracted from the DICOM header

Danilo L. M. Souza¹, Michel F. F. Francisco¹, Ricardo B. Pimentel¹, Laura F. Braga¹, Francisco S. A. Salido², Rodrigo F. C. A. Neves², Silvio R. Pires³, Marcelo B. Freitas⁴, Regina B. Medeiros⁵

¹Programa de Residência em Física Médica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Centro de Diagnóstico por Imagem – Hospital do Rim

³Departamento de Oncologia Clínica e Experimental, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

⁴Departamento de Biofísica, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

⁵Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo

O índice de dose em tomografia computadorizada (CTDI) é empregado como indicador da dose de radiação recebida pelos pacientes submetidos a exames nessa modalidade de diagnóstico por imagem. Recentemente, organizações internacionais têm recomendado a adequação desse índice considerando o biótipo do paciente (estimativa de dose especificada pelo tamanho – SSDE) para fins de gerenciamento das doses. Este trabalho teve como objetivo a determinação desse novo indicador de dose baseado no tamanho do paciente (SSDE), calculando a espessura antero-posterior (AP) do paciente por meio de parâmetro geométrico (altura da mesa) extraído do cabeçalho DICOM dos arquivos de imagem do exame. Foram selecionados 101 exames de CT de abdome de pacientes adultos realizados em um equipamento Philips modelo Ingenuity CT com 64 canais, instalado no setor de radiologia de um hospital especializado de grande porte. Além do parâmetro de altura da mesa, foram extraídos do cabeçalho DICOM: data de nascimento e peso do paciente, tensão (kVp) e corrente (mA) aplicados no tubo, valor de $CTDI_{vol}$ e localização do corte tomográfico. Os dados foram coletados por programa dedicado, desenvolvido em linguagem C. A espessura AP do paciente também foi determinada diretamente a partir da imagem correspondente a um corte tomográfico na região do abdome. Os resultados de SSDE encontrados indicam que 98% dos valores de CTDI estão subestimados. Considerando o tamanho dos pacientes analisados, a dose associada a esse indicador aumentou em até 60%. Não houve diferença estatisticamente significativa entre o valor estimado pela altura da mesa e pela espessura AP medida diretamente na imagem. Os resultados demonstram que os atuais valores de CTDI estão subestimados, sugerindo que a implementação prática dos valores de SSDE pode ser efetuada utilizando o valor da altura da mesa para uma estimativa mais realista da dose recebida pelos pacientes.

Palavras-chave: tomografia computadorizada, DICOM, proteção radiológica, dose de radiação.

Abstract

The computed tomography dose index (CTDI) is used as an indicator of the radiation dose received by the patients submitted to examinations in this diagnostic imaging modality. Recently, international organizations have recommended the adequacy of this index considering the patient's biotype (size-specific dose estimates - SSDE) for dose management purposes. The objective of this study was to determine the new dose indicator based on patient size (SSDE), calculating the patient's anteroposterior thickness (AP) by means of a geometric parameter (table height) extracted from the DICOM header of the image files of the examination. Were selected 101 CT examinations of the abdomen of adult patients performed on a 64-channel Ingenuity CT Philips device installed in the radiology department of a large specialized hospital. In addition to the table height parameter, the patient's birth date and weight, voltage (kVp) and current (mA) applied to the tube, $CTDI_{vol}$ value and tomographic cut location were extracted from the DICOM heading. The data were collected by a dedicated program, developed in C language. The AP thickness of the patient was also determined directly from the image corresponding to a tomographic cut in the abdomen region. The SSDE results indicate that 98% of CTDI values are underestimated. Considering the size of the patients analyzed, the dose associated with this indicator increased up to 60%. There was no statistically significant difference between the value estimated by the table height and the AP thickness measured directly in the image.

The results demonstrate that the current values of CTDI are underestimated, suggesting that the practical implementation of the SSDE values can be performed using the table height value for a better estimation of the dose received by the patients.

Keywords: computed tomography, DICOM, radiation protection, radiation dose.

1. Introdução

A tomografia computadorizada (CT) é uma técnica de obtenção de imagens reconhecida como essencial ao diagnóstico de várias patologias. Com o avanço tecnológico e com o maior acesso da população aos exames de TC, surge a preocupação com relação às altas doses de radiação as quais a população pode ser exposta. Sendo assim, coloca-se em evidência a importância dos indicadores de dose fornecidos nos exames, bem como os processos de otimização¹⁻³. A caracterização da dose de radiação em CT é padronizada pelo índice de dose em tomografia computadorizada (CTDI), normalmente estimado por meio de simuladores. Este índice fica registrado ao término do exame no relatório DICOM para cada imagem adquirida. A verificação e adequação desses índices com relação ao biótipo do paciente é recomendada por organizações internacionais para fins de gerenciamento das doses³. Um novo indicador (size-specific dose estimates - SSDE)⁴, baseado na correção do valor de CTDI pela espessura do paciente, foi proposto para melhorar a estimativa da dose de radiação recebida pelos pacientes submetidos a exames de CT. Para tal, é necessário conhecer uma característica física do paciente, normalmente a espessura antero-posterior (AP) ou lateral (LAT) do paciente. Este trabalho tem por objetivo estimar os valores de dose nos exames de TC considerando o biótipo do paciente (SSDE) por meio de informações extraídas diretamente do arquivo DICOM. Ainda se propõe a comparar as estimativas das doses tomando como base a espessura AP do paciente medida diretamente na imagem e a calculada associando a espessura do paciente ao valor da altura da mesa indicada no cabeçalho do arquivo DICOM.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa, na Plataforma Brasil (CAAE: 84775618.1.0000.5505).

Foram selecionados 101 exames de abdome de pacientes realizados em um equipamento Philips modelo Ingenuity CT com 64 canais, instalado no setor de radiologia de um hospital de grande porte especializado em doenças renais. As variáveis mostradas na Tabela 1 foram extraídas do cabeçalho DICOM das imagens tomográficas e esses dados foram armazenados em um banco de dados.

Os dados foram coletados por software dedicado e desenvolvido em linguagem C, que permite extração automatizada dos dados identificados pelas tags especificadas pela ACR-NEMA⁵.

Para um exame abdominal de rotina são gerados em média 400 imagens com valores de CTDI para cada imagem, sendo assim o software permite extrair do cabeçalho DICOM os 400 valores de CTDI para cálculo do CTDI médio (mGy) por exame.

Tabela 1: Variáveis do cabeçalho DICOM com os respectivos códigos numéricos referentes a linha de informação (Tag), nome e informação.

| Tag | Nome | Informação |
|-------------|----------------------|--|
| (0010,0030) | Data de Nascimento | Data (dd/mm/aaaa) |
| (0010,1030) | Peso do Paciente | Peso do Paciente (kg) |
| (0018,1130) | Altura da mesa | Distância do topo da mesa ao centro de rotação(mm) |
| (0018,1151) | Corrente do Tubo | Corrente do tubo (mA) |
| (0018,1160) | kVp | Tensão de pico do gerador (kV) |
| (0018,9345) | CTDIvol | Dose média para o corte de referência (mGy) |
| (0020,1041) | Localização do corte | Posição relativa do corte (mm) |

Inicialmente, foi verificada a concordância entre os valores de altura da mesa indicados no DICOM e as dimensões de um simulador tradicionalmente empregado no controle de qualidade para determinação dos valores de CTDI, conforme Figura 1. Uma vez que os valores foram concordantes os dados de altura da mesa (cm) foram utilizados para estimar a espessura AP do paciente (cm), conforme segue: foram extraídos os dados de altura da mesa do arquivo DICOM dos exames, dobrado estes valores e subtraídos 4 centímetros referente a espessura do colchão, conforme ilustra a Figura 2.

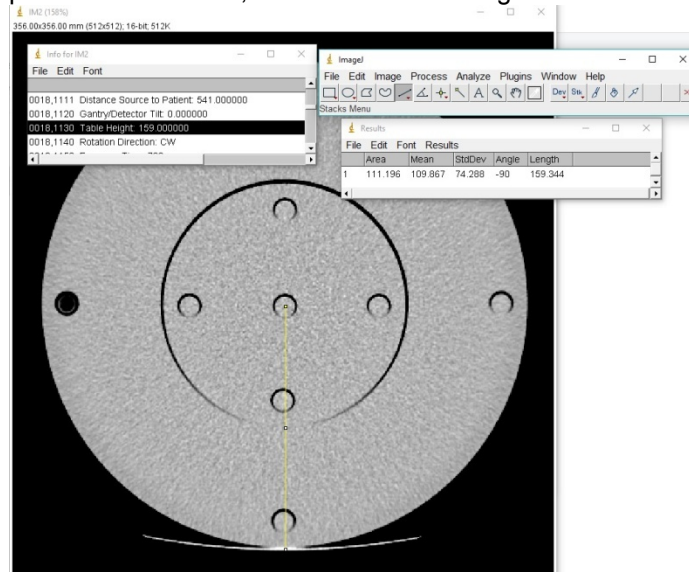


Figura 1: Valor de altura da mesa do cabeçalho DICOM e medida da imagem com simulador de tamanho conhecido (32cm-diâmetro)

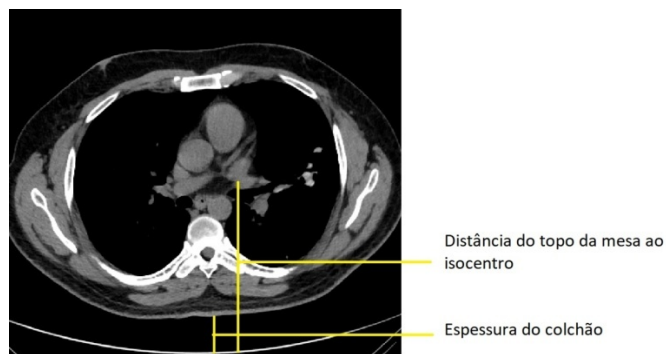


Figura 2: Demonstração da relação da medida de altura da mesa ao isocentro do gantry e a espessura do colchão presente nas imagens.

Utilizando a primeira imagem de cada exame abdominal (imagem mais próxima ao ponto zero de posicionamento no momento inicial da aquisição), foi medida a espessura antero-posterior (AP) de cada paciente utilizando ferramenta de medida do visualizador de imagens RadiAnt⁶.

Tanto o valor estimado pela altura da mesa quanto a espessura AP medida na imagem, foram corrigidos para o tamanho efetivo sugerido pelo Report 204 utilizando a Equação 1 para obter o fator de correção aplicável ao CTDI que resultará no valor de SSDE.

$$-3,744858E0 + 1,671734E0x - 1,338955E-2x^2 \quad (1)$$

O fator de conversão para o tamanho efetivo foi obtido de acordo com a tabela 1C do Report 204, mostrada na Figura 3, e aplicado ao CTDI médio.

Table 1C

| AP Dim (cm) | Effective Dia (cm) | Conversion Factor |
|-------------|--------------------|-------------------|
| 8 | 8.8 | 2.68 |
| 9 | 10.2 | 2.55 |
| 10 | 11.6 | 2.42 |
| 11 | 13.0 | 2.30 |
| 12 | 14.4 | 2.18 |
| 13 | 15.7 | 2.08 |
| 14 | 17.0 | 1.98 |
| 15 | 18.3 | 1.89 |
| 16 | 19.6 | 1.81 |
| 17 | 20.8 | 1.73 |
| 18 | 22.0 | 1.65 |
| 19 | 23.2 | 1.58 |
| 20 | 24.3 | 1.52 |
| 21 | 25.5 | 1.45 |
| 22 | 26.6 | 1.40 |
| 23 | 27.6 | 1.34 |
| 24 | 28.7 | 1.29 |
| 25 | 29.7 | 1.25 |
| 26 | 30.7 | 1.20 |
| 27 | 31.6 | 1.16 |
| 28 | 32.6 | 1.12 |
| 29 | 33.5 | 1.08 |
| 30 | 34.4 | 1.05 |
| 31 | 35.2 | 1.02 |
| 32 | 36.0 | 0.99 |
| 33 | 36.8 | 0.96 |
| 34 | 37.6 | 0.93 |

Figura 3: parte da tabela 1C do report 204 que mostra os fatores de correção do CTDI para dimensões AP dos pacientes

Os valores de CTDI nominais (obtidos do cabeçalho DICOM) e os corrigidos tanto para a altura da mesa quanto para o tamanho AP medido do paciente, foram comparados estatisticamente utilizando software Estatística⁷.

Foi feito teste estatístico t-student para verificar a existência de diferenças significantes entre os valores de SSDE obtidos tanto para a altura da mesa quanto para o tamanho AP medido na imagem do paciente.

3. Resultados

3.1 Comparação do valor de altura da mesa com o medido no simulador de 32 cm de diâmetro

O parâmetro geométrico de altura da mesa extraído do cabeçalho DICOM foi comparado com medidas do objeto simulador de tamanho conhecido para atestar a viabilidade de utilização desse parâmetro como ilustrado anteriormente na Figura 1 e exibidos na Tabela 3.

Tabela 1: Valores medidos nas imagens do simulador de acrílico e 32 cm de diâmetro.

| Imagem | Medidas (mm) | | |
|---|--------------|--------|--------|
| 1 | 159,34 | 159,60 | 159,52 |
| 2 | 159,41 | 160,35 | 160,55 |
| 3 | 160,22 | 159,89 | 159,30 |
| Média (mm) | 159,79±0,16 | | |
| Valor de altura da mesa extraído do DICOM | 159,00 | | |

3.1.1 Comparação dos valores de AP dos pacientes com os estimados pela altura da mesa

Inicialmente, o tamanho AP dos pacientes foi obtido na primeira imagem do exame, supondo um adequado posicionamento do paciente. A Figura 4 mostra as distribuições dos valores de tamanho do paciente medidos na imagem (medida AP) e estimados pela altura da mesa (tamanho AP estimado). Os valores médios das amostras diferem em 0,42 cm, tendo valores máximos, mínimos e seus respectivos desvios padrão exibidos na Tabela 3.

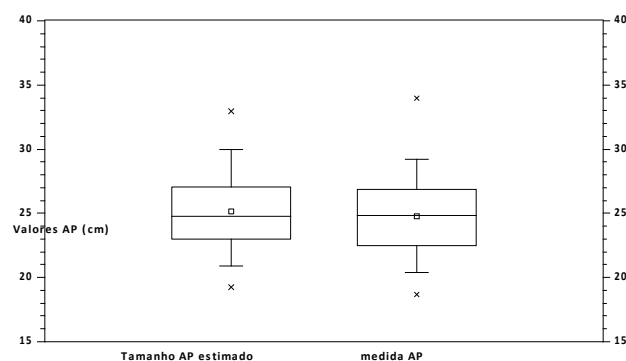


Figura 4: Distribuição dos valores AP determinados pela imagem do paciente (medida AP) e estimados pela altura da mesa extraída do cabeçalho DICOM (tamanho AP estimado).

3.1.2 Comparação dos valores de diâmetros efetivos calculados para medida AP do paciente e estimado por altura da mesa

A diferença média entre os diâmetros efetivos foi de 0,39 cm como ilustrado na Figura 5, tendo valores máximos, mínimos e seus respectivos desvios padrão exibidos na Tabela 3.

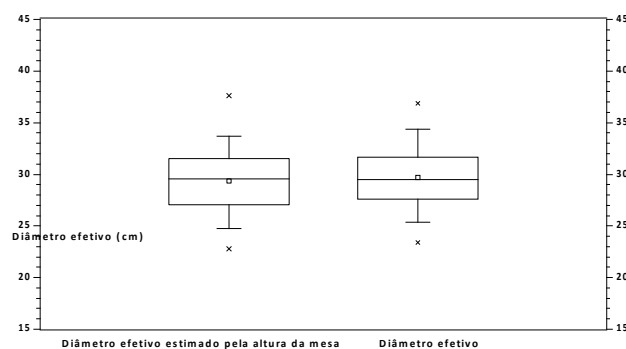


Figura 5: Diferença do diâmetro efetivo e estimativa pela altura da mesa.

3.2 Diferença do CTDI estimado no tomógrafo e estimado pelo SSDE

Corrigindo os valores de CTDI indicados no tomógrafo pelo uso da SSDE dos 101 pacientes, pode-se verificar que 98% dos valores de CTDI_{vol} da amostra estão subestimados. Observa-se ainda que 68% das estimativas de dose dos pacientes estão acima de 25%, sendo o valor máximo da correção de dose de 59% correspondente a 4,25mGy de diferença entre o CTDI_{vol} e o estimado por SSDE, como ilustrado na Figura 6.

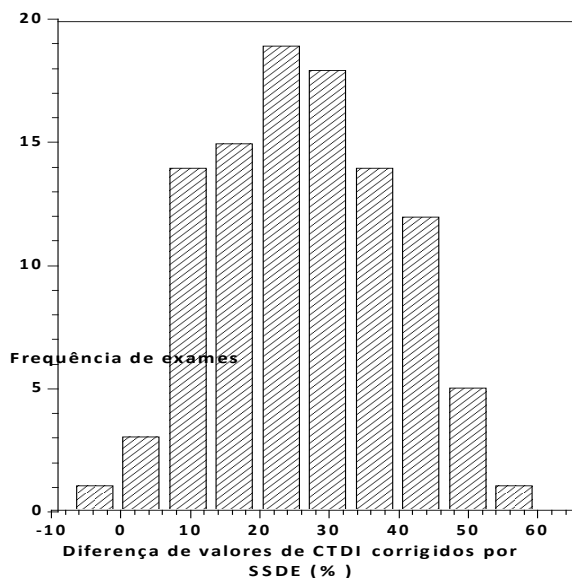


Figura 6: Diferença percentual dos valores de SSDE em relação ao CTDI nominal.

3.2.1 Valores de CTDI nominais e valores de SSDE para ambos os casos (medido do paciente e estimado por altura da mesa)

A diferença entre os valores médios de SSDE estimados pela altura da mesa e pelo tamanho AP do paciente foi em média 0,2 mGy, conforme Figura 7. Quando comparados estes valores médios com o valor médio de CTDI extraído do DICOM as diferenças foram, respectivamente, de 2,2 e 2,09 mGy.

Os valores máximos, mínimos e seus respectivos desvios padrão são exibidos na Tabela 3.

3.3 Resumo estatístico

A tabela 3 mostra resumo estatístico dos dados analisados em cada item anteriormente discutidos.

Tabela 2: Comparação dos valores de SSDE corrigidos a partir do CTDI nominal, tanto para a medida AP extraída da imagem quanto para os estimados a partir da altura da mesa (DICOM).

| Parâmetros selecionados | Espessura do paciente (cm) [máx-mín] | Diâmetro efetivo (cm) [Max-mín] | CTDI Nominal (mGy) [máx-mín] | Valores de SSDE (mGy) [máx-mín] |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Dados da imagem (n=101) | 24,73±0,28 [33,9 -18,6] | 29,30±0,28 [37,5-22,8] | 8,96±0,11 [13,7-5,7] | 11,16±0,09 [14,8-9,0] |
| Dados do DICOM (n=101) | 25,15±0,31 [32,9-19,2] | 29,69±0,30 [36,8-23,4] | | 11,05±0,14 [15,1-8,2] |

Foi feito um teste t-student entre as amostras de SSDE determinado pela medida da espessura AP do paciente na imagem e SSDE estimado por altura da mesa, em um intervalo de confiança de 95%. Devido ao valor-p = 0,54 não se rejeita a hipótese nula em que os valores médios das duas amostras são iguais.

Os resultados demonstram que não há diferença estatisticamente significativa entre os valores das duas amostras.

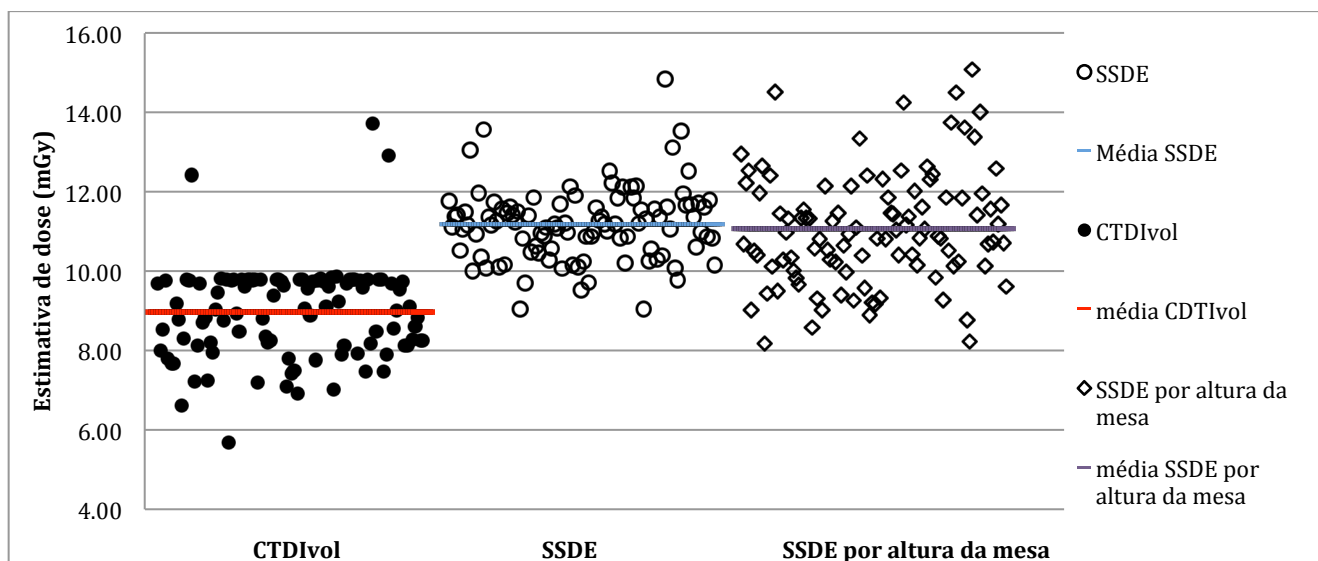


Figura 7: Distribuição de valores de CTDI, SSDE determinado pela espessura AP do paciente e SSDE estimado pela altura da mesa, com os respectivos valores médios (linha contínua)..

4. Discussão

O CTDI fornecido pelo equipamento de CT é geralmente estimado para simuladores cilíndricos de polimetilmetacrilato (PMMA), de 32 e 16 cm de diâmetro, que em geral diferem da biometria dos pacientes. Por esse motivo, os valores de SSDE obtidos representam um indicador melhor da dose recebida pelo paciente em relação aos valores de CTDI nominal.

O cuidado com o posicionamento preciso do paciente, e da região de interesse, deve ser incentivado com treinamentos para a equipe clínica. A estimativa de dose pela altura da mesa indica que esse parâmetro geométrico pode ser utilizado pelo fabricante ou pelo físico para estimativa do SSDE e que as técnicas de aquisição do exame podem ser planejadas antes mesmo da aquisição das imagens, adequando-as ao biótipo do paciente, conforme sugerido internacionalmente⁴ e incentivado por campanhas como o *image wisely*⁸ e *image gently*⁹ que visam a otimização das doses em exames médicos adultos e pediátricos. Mesmo medindo os valores AP dos pacientes no *scout*, não há possibilidade de adequação das técnicas sem reiniciar o exame todo, uma vez que o *scout* faz parte do protocolo de aquisição das imagens. Portanto, o uso da altura da mesa, viabiliza a adequação técnica ao biótipo do paciente, viabilizando a otimização das doses previamente a realização do exame.

5. Conclusões

O parâmetro geométrico de altura da mesa, extraído do cabeçalho DICOM, pode ser utilizado para estimar a dose levando em conta o biótipo do paciente (SSDE).

Os resultados demonstram que os índices de dose em tomografia computadorizada atuais (CTDI) estão subestimados em relação à dose de radiação recebida pelo paciente, sugerindo a inclusão de novos indicadores (SSDE) no console dos equipamentos por parte dos fabricantes.

Os fabricantes de tomógrafos podem disponibilizar estimativas de dose baseadas nas informações geométricas do cabeçalho DICOM.

A criação de um banco de dados com informações do cabeçalho DICOM possibilitou análises detalhadas de cada parâmetro e também a criação de assentamentos de técnicas de aquisição com informações bem detalhadas, o que é exigido por normativas mas que raramente é realizado nos serviços devido a dificuldade de extração automatizada das informações.

Estimativas de SSDE por meio da altura da mesa possibilitam trabalhos futuros de otimização de doses e adequação de técnicas para pacientes pediátricos, conforme recomendações internacionais.

Referências

1. Kalender WA. Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications. Computed Tomography: Fundamentals, System Technology, Image

- Quality, Applications, by Willi A Kalender, pp 220 ISBN 3-89578-081-2 Wiley-VCH, November 2000. 2000:220.
2. McCollough C, Cody D, Edyvean S, Geise R, Gould B, Keat N, et al. The measurement, reporting, and management of radiation dose in CT. Report of AAPM Task Group. 2008;23(23):1-28.
3. Murugan VA, Bhargavan-Chatfield M, Rehani M, Kalra MK. American College of Radiology Dose Index Registry: a user's guide for cardiothoracic radiologists part 1. Journal of thoracic imaging. 2015;30(6):W66-W8.
4. American Association of Physicists in Medicine; International Commission on Radiation Units and Measurements, CT Committee; Image Gently campaign of the Alliance for Radiation Safety in Pediatric Image: Report 204 -Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. American Association of Physicists in Medicine, 2011.
5. DICOM [Internet]. [place unknown]: National Electrical Manufacturers Association; [1993]. Digital Imaging and Communications in Medicine; [cited 2017 december]; [about 1 screen]. Available from: <http://dicom.nema.org/medical/dicom/>.
6. Medixant. RadiAnt DICOM Viewer. 2015.
7. Statistica [Internet]. [place unknown]: TIBCO Software; [1993]. Statistica Features Overview; [cited 2017 february]; [about 1 screen]. Available from: <http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features>.
8. Radiology ACo. Image Wisely: radiation safety in adult medical imaging. 2011.
9. Goske MJ, Applegate KE, Boylan J, Butler PF, Callahan MJ, Coley BD, et al. The Image Gently campaign: working together to change practice. American Journal of Roentgenology. 2008;190(2):273-4.
10. Portaria M. 453 'Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico'. Diário Oficial da União, Brasília. 1998;2.

Contato:

Danilo Lemos Machado de Souza

Rua Botucatu, 862 – 7º andar - Departamento de Biofísica. Vila Clementino, São Paulo-SP, CEP 04023-062

E-mail: dlimsouza90@gmail.com