

Otimização de Protocolos usados na Rotina Clínica de um Tomógrafo em um Hospital Universitário

Optimization of Protocols used in the Clinical Routine of a Tomographer in a University Hospital

Felipe A. Santos¹, Laélia Campos², Cássio C. Ferreira¹

¹Hospital Universitário/Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil
²Departamento de Física/Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, Brasil

Resumo

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica que utiliza radiação ionizante para aquisição de imagens em cortes. Para garantir o correto funcionamento do equipamento e a qualidade da imagem para um diagnóstico adequado, a otimização das exposições médicas às radiações, bem como o controle de qualidade do equipamento de TC são necessários, conforme recomenda a Resolução RDC nº 330 em seu anexo IN nº 93. A dose de radiação usada nos exames de TC deve ser a menor possível para gerar uma imagem com qualidade diagnóstica. O objetivo do trabalho é sugerir protocolos otimizados que podem ser utilizados na prática clínica nos exames de rotina. A relação contraste ruído (RCR) e o índice de dose em tomografia computadorizada volumétrica (CTDI_{vol}) foram usados para o cálculo de figuras de mérito (FOM). O fantoma do fabricante (TOS) foi usado para calcular a RCR e o CTDI_{vol} indicado pelo equipamento, referente a imagem avaliada, foi registrado. O critério estabelecido para definir o melhor protocolo foi baseado na FOM. Para a otimização em exames de crânio, o protocolo que mais se destacou promoveu um aumento na FOM de 24,9% em relação ao protocolo utilizado na prática clínica. Dentre os protocolos de tórax e abdômen, o que mais se destacou pelo valor da FOM, foi o que aumentou o valor de tensão de 120 kVp para 135 kVp. Neste protocolo, o valor de FOM aumentou em 8,4% em relação ao protocolo rotina. Outros protocolos foram testados e maiores reduções de CTDI_{vol} foram registradas possibilitando um processo de otimização.

Palavras-chave: tomografia computadorizada (TC); proteção radiológica; otimização; CTDI_{vol}; relação contraste ruído (RCR); figuras de mérito (FOM).

Abstract

Computed tomography (CT) is a technique that uses ionizing radiation to acquire images in slices. In order to guarantee the correct functioning of the equipment and the image quality for an adequate diagnosis, the optimization of medical exposures to radiation, as well as the quality control of the CT equipment are necessary, as recommended by Resolution RDC nº 330 in its annex IN nº 93. The radiation dose used in CT scans should be as low as possible to generate an image of diagnostic quality. The objective of the work is to suggest optimized protocols that can be used in clinical practice in routine exams. The contrast noise ratio (CNR) and the volume computed tomography dose index (CTDI_{vol}) were used to calculate figures of merit (FOM). The manufacturer's phantom (TOS) was used to calculate the RCR and the CTDI_{vol} indicated to equipment was registred. The criterion established to define the best protocol was based on FOM. For the optimization of skull exams, the protocol that stood out the most promoted an increase in FOM of 24.9% in relation to the protocol used in clinical practice. Among the chest and abdomen protocols, the one that stood out the most for the FOM value was the one that increased the voltage value from 120 kVp to 135 kVp. In this protocol, the FOM value increased by 8.4% compared to the routine protocol. Other protocols were tested and greater CTDI_{vol} reductions were recorded, enabling an optimization process.

Keywords: computed tomography (CT); optimization; radiation protection; CTDI_{vol}; contrast noise ratio (CNR); figures of merit (FOM).

1. Introdução

A tomografia computadorizada (TC) tem melhorado a precisão diagnóstica de doenças e o seu desenvolvimento trouxe desafios em relação a dose e qualidade de imagem (1,2). Entretanto, a melhoria no diagnóstico clínico devido as imagens de TC estão associados a uma maior dose de radiação, e assim, uma justificativa adequada para a realização deste exame torna-se ainda mais relevante. Para exames de TC de tórax a dose efetiva é cerca de 75 vezes maior em comparação a um procedimento de raios X convencional (3).

De forma semelhante, é importante buscar um equilíbrio entre dose e uma qualidade de imagem

diagnóstica, com o objetivo de reduzir os possíveis danos causados pela radiação ionizante (1,2). Este equilíbrio baseia-se na otimização, um dos princípios fundamentais da Proteção Radiológica, conhecido como o princípio ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) (4).

Uma das funções de um Físico Médico em radiodiagnóstico dentro de um ambiente hospitalar que possui um equipamento de TC é o aperfeiçoamento de protocolos usados na prática clínica (5,6), o que deve ser avaliado e revisto a cada ano (7,8). A otimização de procedimentos é um princípio geral da RDC 330/2019 descrito nos artigos nº 43 e 44 e os padrões de qualidade para tomografia

estão estabelecidos na Instrução normativa nº93 (9,10).

Uma prescrição detalhada do exame radiológico permite a otimização dos parâmetros no momento do exame. Em muitos hospitais a prescrição não é detalhada e com isso o técnico em radiologia precisa recorrer a protocolos gerais conhecidos como rotina. Os protocolos de rotina vêm predefinidos quando o equipamento é adquirido, buscam detectar todo tipo de lesão na região irradiada, apresentando uma alta qualidade de imagem. Entretanto, estes protocolos podem entregar valores elevados de dose, o que sugere que se pratique uma otimização (11).

Uma forma de otimizar consiste na utilização das figuras de mérito (FOM)(12) e estas tem sido utilizada em diversas modalidades (13,14). Esta grandeza é uma razão que relaciona a relação contraste ruído (RCR) e o indicador de dose da modalidade. A FOM é uma ferramenta que contribui na escolha do melhor protocolo, ela consiste em um valor numérico que relaciona qualidade da imagem e dose de radiação(14). Um protocolo com maior valor de FOM implica em uma melhor relação qualidade de imagem e dose e, por isso, este protocolo tem boas possibilidades de ser aplicado clinicamente e se obter sucesso em um processo de otimização.

O $CTDI_{vol}$ é uma grandeza que considera o *kerma* no ar em um fantoma de 16 ou 32 cm de PMMA considerando irradiações não contíguas no eixo z, ou seja, o pitch. Portanto, esta grandeza representa a média da dose no plano x-y e a dose média z na posição central do corte como se um comprimento de 100 mm tivesse sido escaneado em um determinado pitch¹⁵. O *pitch* é definido como uma razão entre o avanço da mesa durante uma rotação de 360° e a largura da colimação total de raios X.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi buscar protocolos para otimizar os exames de rotina com base na FOM. Neste trabalho, parâmetros técnicos como a corrente, o ruído, o *pitch* e outros foram alterados buscando a combinação de parâmetros mais adequados para os exames de rotina.

2. Materiais e Métodos

O tomógrafo utilizado neste estudo foi Toshiba modelo *Aquilion 64* TXS-101A. Para este trabalho foram considerados 11 protocolos de crânio e 14 de tórax/abdômen, incluindo os protocolos de rotina utilizados no Hospital Universitário da UFS. Para os protocolos de crânio, a colimação foi de 1,0x32 mm e a tensão foi de 120 kVp; enquanto para os de tórax/abdômen, a colimação foi fixada em 0,5x64 mm.

Inicialmente foram selecionados os protocolos de rotinas e, a partir destes, foi alterado apenas um parâmetro técnico para avaliar o impacto na dose e na qualidade de imagem. Após esta avaliação, foram realizadas várias combinações dos parâmetros técnicos com o objetivo de encontrar um protocolo que proporcionasse um maior valor de FOM.

Estes protocolos estão listados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Protocolos para otimizar exames de crânio

Protocolo	Identificação	Corrente (mA)	Tempo (s)	Pitch
1	Rotina	250	0,75	0,656
2	Pitch [1]	250	0,75	0,844
3	Pitch [2]	250	0,75	1,406
4	Tempo [1]	250	0,60	0,656
5	Tempo [2]	250	0,50	0,656
6	Corrente [1]	200	0,75	0,656
7	Corrente [2]	150	0,75	0,656
8	Combinação [1]	300	0,75	0,906
9	Combinação [2]	200	1,00	0,844
10	Combinação [3]	300	0,75	0,844
11	Combinação [4]	300	0,60	0,844

Fonte: Os autores (2022).

Tabela 2 - Protocolos para otimizar exames de tórax/abdômen

Protocolo	Identificação	Tensão (kVp)	Ruído (SD)	Tempo (s)	Pitch
1	Rotina	120	12,5	0,50	0,828
2	Pitch [1]	120	12,5	0,50	1,172
3	Pitch [2]	120	12,5	0,50	1,484
4	Tempo [1]	120	12,5	0,60	0,828
5	Tempo [2]	120	12,5	0,75	0,828
6	kVp [1]	135	12,5	0,50	0,828
7	Ruído [1]	120	15,0	0,50	0,828
8	Combinação [1]	120	15,0	0,50	1,172
9	Combinação [2]	120	15,0	0,50	1,484
10	Combinação [3]	135	12,5	0,50	1,172
11	Combinação [4]	135	15,0	0,50	1,172
12	Combinação [5]	135	12,5	0,50	1,484
13	Combinação [6]	135	15,0	0,50	1,484
14	Combinação [7]	135	15,0	0,50	0,828

Fonte: Os autores (2022).

Na Tabela 1, referente a otimização de crânio, os protocolos de 2 a 7 mostraram uma variação de apenas um parâmetro em relação ao protocolo de rotina. Nestes protocolos, o de número 2 (*Pitch* [1]) foi o que mais se destacou pelo aumento da FOM. Os protocolos 8 a 11 foram testados considerando um aumento do *pitch*, combinado com variações de corrente e tempo. As combinações de protocolos buscaram reduzir a dose em relação ao protocolo *Pitch* [1], aumentar a RCR e, por consequência, aumentar o valor da FOM.

Na Tabela 2, referente a otimização de tórax e abdômen, os protocolos de 2 a 7 alteram apenas um parâmetro em relação ao protocolo rotina. Nos protocolos de 8 a 14 foram propostas combinações que consideram o aumento do *pitch*, aumento de tensão de pico e ruído pré-definido pelo modulador de corrente.

O equipamento de TC fornece uma plataforma virtual para realização de exames chamada TOSHIBA TARO. Este simulador permite ao usuário estimar um valor de $CTDI_{vol}$ com base em parâmetros técnicos selecionados (Figura 1). A partir deste simulador, um processo de otimização pode ser iniciado sem a realização de exposições. Os parâmetros técnicos de cada protocolo foram postos no simulador para a aquisição do valor de $CTDI_{vol}$. Posteriormente, foram adquiridas imagens utilizando

o fantoma da TOSHIBA (TOS - Toshiba Medical, Tokyo, Japan) para calcular a relação contraste ruído (RCR) e confirmação dos valores de $CTDI_{vol}$. Uma imagem deste fantoma é mostrada na Figura 2. A RCR foi feita com base na estrutura referente ao acrílico como indica a Figura 3.

O protocolo de rotina utilizado na instituição gera uma sobreposição de corte devido ao baixo valor de *pitch* (<1). Assim, um primeiro passo no processo de otimização foi dado aumentando o *pitch* para valores maiores do que 1 e com isso eliminando a sobreposição de cortes.

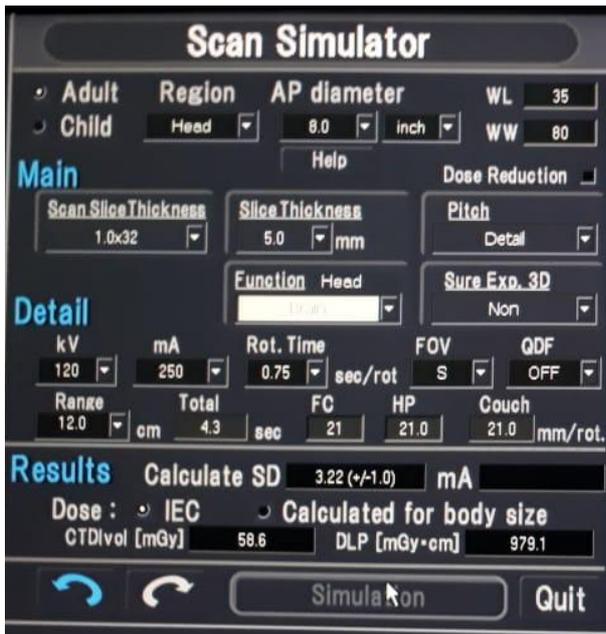


Figura 1 - Plataforma virtual para simulação de exames.

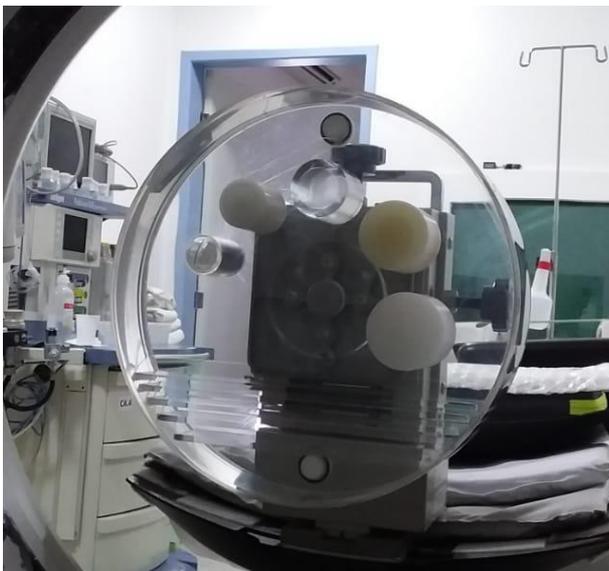


Figura 2 - Fantoma TOS (Toshiba Aquillion 64).

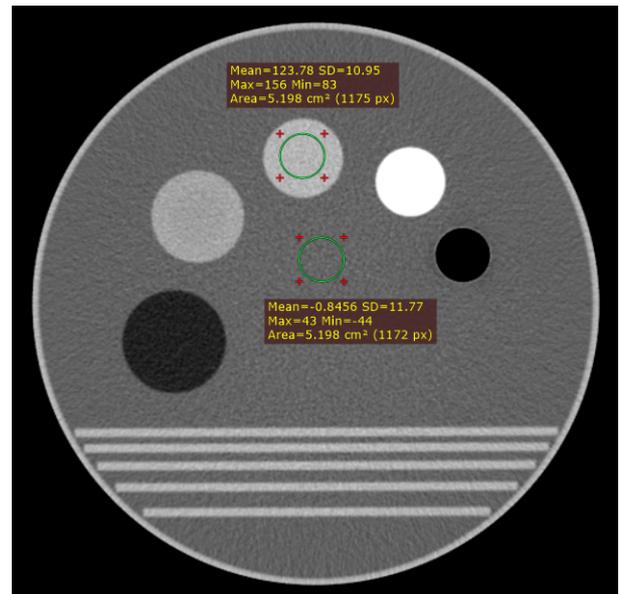


Figura 3 - Imagem produzida quando o fantoma TOS é exposto.

Para os protocolos de tórax e abdômen o modulador de dose é ativado. O perfil de comportamento da corrente ao longo da varredura é mostrado na Figura 4. Foram adquiridas 11 imagens e a imagem escolhida para o cálculo de RCR foi a imagem central.

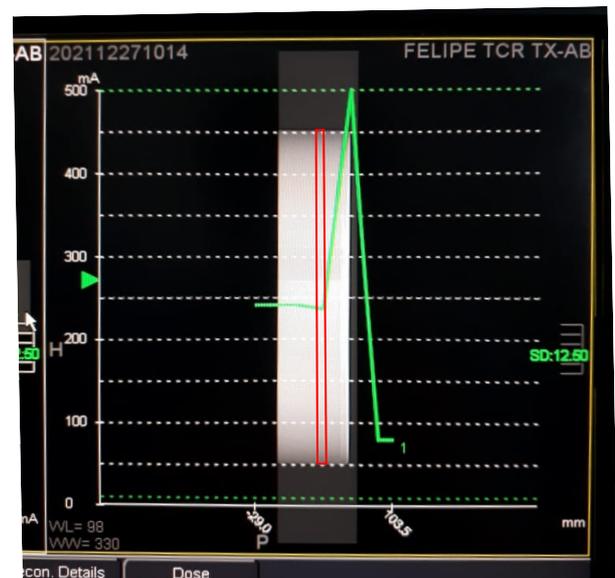


Figura 4 - Modulação da corrente ao longo do eixo de varredura (em verde). Fatia selecionada para avaliação da RCR (em vermelho).

O valor de $CTDI_{vol}$ para cada protocolo foi registrado. Neste equipamento, o valor de $CTDI_{vol}$ é mostrado com base no valor máximo de corrente que a varredura utilizará. Os valores de $CTDI_{vol}$ utilizados neste trabalho foram normalizados pelo valor de corrente máxima da varredura e, posteriormente, multiplicado pelo valor de corrente referente ao corte escolhido para a avaliação da RCR.

O comportamento do modulador de corrente foi mostrado na Figura 4. Para o entendimento do funcionamento do modulador de dose é importante

saber que o gerador busca fornecer o valor de corrente necessário para manter a qualidade da imagem conforme foi pré-estabelecido pelo operador (na Figura 4, o valor de ruído (SD) é 12,5). A posição inicial para a varredura foi da esquerda para a direita. O primeiro platô é referente a atenuação sofrida pelo feixe de raios X quando o mesmo atravessa o objeto simulador. É possível observar que o valor de corrente se mantém ao longo da largura do fantoma. O pico no valor de corrente ocorre porque o fantoma está em um invólucro de acrílico, quando o feixe de raios X atravessa o acrílico um maior valor de corrente é solicitado. Após o invólucro de acrílico, o fantoma chega ao fim e apenas o ar passa a existir no centro do *gantry*, por isso, a queda no valor de corrente.

Após a aquisição da RCR e CTDI_{vol}, as figuras de mérito (FOM) foram calculadas com base na expressão (1).

$$FOM = \frac{RCR^2}{CTDI_{VOL}} \quad (1)$$

Onde: a RCR é quantificada pela diferença de número de CT de uma estrutura com o número de CT de *background* dividido pelo ruído do número de CT de *background* conforme mostra a figura (2).

$$RCR = \frac{n^{\circ}CT_{estrutura} - n^{\circ}CT_{background}}{\sigma_{background}} \quad (2)$$

3. Resultados

Nas Tabelas 3 e 4 os resultados para crânio e tórax/abdômen, respectivamente, são apresentados. Nestas tabelas os valores de RCR e CTDI_{vol} são utilizados para calcular as FOM.

Tabela 3 – Resultados da otimização nos protocolos de crânio

Protocolo	Identificação	CTDI _{vol}	RCR	FOM
1	Rotina	58,6	10,50	1,88
2	Pitch [1]	45,5	9,38	1,93
3	Pitch [2]	27,3	6,38	1,49
4	Tempo [1]	46,9	8,89	1,69
5	Tempo [2]	39,0	7,08	1,29
6	Corrente [1]	46,9	8,23	1,45
7	Corrente [2]	35,1	6,98	1,39
8	Combinação [1]	50,9	9,98	1,96
9	Combinação [2]	48,6	9,34	1,80
10	Combinação [3]	54,7	11,33	2,35
11	Combinação [4]	43,7	9,46	2,05

Fonte: Os autores (2022).

Tabela 4 - Resultados da otimização nos protocolos de tórax/abdômen

Protocolo	Identificação	CTDI _{vol}	RCR	FOM
1	Rotina	32,7	10,69	3,50
2	Pitch [1]	26,8	9,15	3,13
3	Pitch [2]	21,2	7,91	2,95
4	Tempo [1]	34,7	10,67	3,28
5	Tempo [2]	34,3	10,83	3,42
6	kVp [1]	31,3	10,90	3,79
7	Ruído [1]	28,0	10,18	3,69

8	Combinação [1]	26,2	8,14	2,53
9	Combinação [2]	21,2	7,72	2,81
10	Combinação [3]	27,2	9,72	3,47
11	Combinação [4]	25,6	9,24	3,33
12	Combinação [5]	21,4	8,89	3,70
13	Combinação [6]	20,9	8,07	3,11
14	Combinação [7]	27,8	9,66	3,35

Fonte: Os autores (2022).

A Tabela 5 apresentou o resultado do estudo feito para os exames de crânio.

Tabela 5 – Diferença percentual para os protocolos de crânio

Protocolo	D% CTDI _{vol}	D% de RCR	D% de FOM
1	-	-	-
2	-22,4%	-10,7%	+2,8%
3	-53,4%	-39,2%	-20,6%
4	-20,0%	-15,3%	-10,3%
5	-33,4%	-32,5%	-31,6%
6	-20,0%	-21,6%	-23,1%
7	-40,1%	-33,5%	-26,1%
8	-13,1%	-4,9%	+4,2%
9	-17,1%	-11,0%	-4,5%
10	-6,7%	+8,0%	+24,9%
11	-25,4%	-9,9%	+8,9%

Fonte: Os autores (2022).

A Tabela 6 expôs os resultados referentes à otimização dos protocolos de tórax e abdômen.

Tabela 6 – Diferença percentual para os protocolos de tórax/abdômen

Protocolo	D% CTDI _{vol}	D% de RCR	D% de FOM
1	-	-	-
2	-18,0%	-14,4%	-10,6%
3	-35,1%	-26,0%	-15,6%
4	+6,2%	-0,2%	-6,3%
5	+5,0%	+1,3%	-2,3%
6	-4,2%	+1,9%	+8,4%
7	-14,2%	-4,8%	+5,6%
8	-19,8%	-23,9%	-27,8%
9	-35,1%	-27,8%	-19,6%
10	-16,8%	-9,1%	-0,7%
11	-21,6%	-13,5%	-4,7%
12	-34,5%	-16,8%	+5,6%
13	-36,0%	-24,5%	-11,0%
14	-14,8%	-9,6%	-4,2%

Fonte: Os autores (2022).

4. Discussão

Em relação aos protocolos, o de número 2 (*Pitch* [1]) foi o que mais se destacou pelo aumento da FOM. Referente a otimização de crânio, as Tabelas 3 e 5 mostraram que os protocolos 3 a 7 reduziram os valores de FOM. Estes protocolos, embora tenham reduzido o CTDI_{vol} também reduziram o valor de RCR, promovendo protocolos com menor valor de FOM. Verificou-se ainda que o protocolo 9 obteve um valor de FOM menor que o do protocolo rotina. O protocolo 10 foi o que mais se destacou apresentando um aumento de 24,9% no valor de FOM em relação ao

de rotina conforme mostrou a Tabela 5. Este resultado foi alcançado ao combinar o aumento do *pitch* com o aumento da corrente do tubo resultando em um valor de FOM de 2,35.

Nos protocolos 8 e 11, a Tabela 5 mostrou que as reduções no valor de $CTDI_{vol}$ foram de 13,1% e 25,4%, mas também reduziram a RCR em 4,9% e 9,9%, respectivamente. Estes protocolos obtiveram maiores valores de FOM em relação ao protocolo rotina, sendo opções a serem consideradas em um processo de otimização que busca reduzir ainda mais a dose no exame.

Kanal et al. (16) em seu estudo definiu o $CTDI_{vol}$ de 56mGy para um exame de TC de crânio. Este Nível de Referência Diagnóstica (NRD) foi alcançado considerando o 3º quartil de sua amostragem. No protocolo 10, a RCR aumentou e o valor de dose foi um pouco menor que 56 mGy.

A Tabela 6 apresenta a diferença percentual entre os protocolos estudados e os de rotina utilizados na instituição de tórax/abdômen. Os protocolos de 2 a 5 reduziram o valor de FOM enquanto os protocolos 6 e 7 aumentaram o valor de FOM em 8,4% e 5,6%, respectivamente. O protocolo 6 obteve o maior valor de FOM porque o aumento da tensão proporcionou que o modulador trabalhasse com correntes menores alcançando o valor de FOM de 3,79. O protocolo 7, aumentou o ruído pré-definido pelo modulador e também proporcionou que o equipamento funcionasse com menores valores de correntes alcançando um FOM de 3,69.

Nas combinações de parâmetros mostrados nos protocolos 8 a 14, o protocolo que mais se destacou por ultrapassar o valor de FOM do protocolo rotina foi o protocolo 12. Neste protocolo, o maior valor de *pitch* combinado com o aumento da tensão proporcionou um valor de FOM de 3,70, um aumento de 5,6% no valor de FOM em relação ao protocolo rotina. Nos demais protocolos (8 a 11, 13 e 14) os valores de FOM foram menores do que o protocolo rotina, mas, podem apresentar-se como boas opções para um processo de otimização. Por exemplo, o protocolo 10 reduziu minimamente o valor de FOM e reduziu a dose em 16,8%. Vale a pena destacar que, estes protocolos, apesar de reduzirem a dose do exame também reduzem a qualidade da imagem de tal forma que pode prejudicar o diagnóstico ocultando achados importantes.

Na prática clínica, para a implementação destes protocolos, o físico médico deve validar os exames junto a equipe de médicos radiologistas.

5. Conclusões

O estudo realizado avaliou protocolos de TC para os exames de rotina com o objetivo de encontrar a maior FOM. Eles conseguiram reduzir a dose recebida pelo paciente e aumentar a RCR em relação ao protocolo rotina utilizado na instituição.

Para exames de TC do crânio, o protocolo 10 obteve o maior valor de FOM. O protocolo 11 também aumentou o valor de FOM em relação ao protocolo rotina.

Para a otimização nos exames de TC de tórax e abdômen, o aumento do *pitch* para valores maiores do que 1 se mostrou importante, principalmente para evitar a sobreposição de corte tendo como consequência a redução de dose no paciente. Além disso, o aumento da tensão e o aumento do ruído pré-estabelecido pelo modulador combinado com o aumento do *pitch* proporcionaram protocolos com potencial para otimizar os protocolos de rotina.

Dentre os protocolos testados para os exames rotina de tórax e abdômen, o que mais se destacou pelo maior valor de FOM foi o protocolo 6. O protocolo 12 também teve um valor de FOM maior do que o protocolo rotina, reduzindo ainda mais a dose.

A variação do parâmetro FOM pode alterar a qualidade da imagem. Dessa forma, é recomendável que as imagens adquiridas após aplicação dos protocolos otimizados possam ser validadas por uma equipe de médicos radiologistas.

Agradecimentos

Ao programa de Residência Multiprofissional em Física Médica do Radiodiagnóstico da Universidade Federal de Sergipe, pela oportunidade. Ao MEC, pelo apoio financeiro com a bolsa de Residência. A todos os profissionais envolvidos do Hospital Universitário.

Referências

- Berland LL, Smith JK. Multidetector-Array CT: Once Again, Technology Creates New Opportunities. *Radiol.* 1998; 209:327-329.
- Wesolowski JR, Lev MH. CT: History, Technology, and Clinical Aspects. *Semin. Ultrasound CT MRI.* 2005;26:376-379.
- Mettler FA, Huda W, Yoshizumi, TT, Mahesh M. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog. *Radiol.* 2008;248(1):254-264.
- Comissão Nacional de Energia Nuclear. 2014. NORMA CNEN NN 3.01. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. Resolução nº 164/14. Publicação: DOU 11.03.2014.
- International Atomic Energy Agency. Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Diagnostic Radiology. TCS 47. Vienna: 2010.
- International Atomic Energy Agency. Roles and Responsibilities, and Education and Training Requirements for Clinically Qualified Medical Physicists. IAEA Human Health Series N° 25. Vienna: 2013.
- McCullough, CH, Bruesewitz, MR, Kofler JM. CT Dose Reduction and Dose Management Tools: Overview of Available Options. *Radiographics.* 2006;26:503-512.
- Kofler JM, Cody, DD, Morin, RL. CT Protocol Review and Optimization. *J. Am. Coll. Radiol.* 2014;11(3):267-270.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC N° 330, de 20 de dezembro de 2019. Estabelece os requisitos sanitários para a organização e o funcionamento de serviços de radiologia diagnóstica ou intervencionista. Brasília: 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 93, de 27 de maio de 2021. Estabelece os requisitos sanitários para a garantia da qualidade e da segurança em sistemas de tomografia computadorizada médica, e dá outras providências. Brasília: 2021.
- Kubo T, et al. Low dose chest CT protocol (50 mAs) as a routine protocol for comprehensive assessment of intrathoracic abnormality. *Eur. J. Radiol.* 2016;3:86-94.
- Strocchi S, Vite C, Novario R, Cacciatori M, Frigerio G, Conte L. Computed Tomography quality indexes: evaluation experience. *Phys. Med. Imag.* 2009;7258:72584T-1-72584T-8.
- Bonfleur DR, Real JV, Filipov D. Estudo da viabilidade de Otimização dos protocolos Pediátricos em Exames de

Tomografia Computadorizada de Crânio. Rev. Bras. Fís. Méd. 2021; 15:616-619.

14. Borg M, Badr I, Royle GJ. The use of Figure of Merit (FOM) for optimisation in digital mammography: A literatura review. Radiat. Prot. Dosim. 2012;151(1): 81-8.
15. International Atomic Energy Agency. Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications. IAEA Human Health Series N° 19. Vienna: 2012.
16. Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield, M, Coombs LP, Morin RL. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Adult CT Examinations. Med. Phys. 2017;284(1):120-133.

Contato:

Felipe Amorim Santos
Hospital Universitário da UFS
Rua Cláudio Batista, 505, Palestina, Aracaju/SE, CEP:
49060-025.
E-mail: felipefisicomedico@gmail.com