

Dose Ocupacional em Seriografia Pediátrica do Esôfago, Estômago e Duodeno

Occupational Dose in Pediatric Seriography of the Esophagus, Stomach and Duodene

Gracielly Soares Nunes¹, Rosangela Requi Jakubiak¹, Renato Bocamino Doro², João Antônio Palma Setti¹, Valeriy Denyak^{1,3}

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Brasil.

² BrasilRad - Inovação e Qualidade em Física Médica, Florianópolis, Brasil.

³ Centro Nacional de Ciência 'Instituto de Física e Tecnologia de Kharkov' (NSC KIPT), Kharkiv, Ucrânia.

Resumo

Exames pediátricos de seriografia do esôfago, estômago e duodeno, executados através de fluoroscopia, comumente necessitam do auxílio de indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) para posicionamento e imobilização do paciente. O objetivo do presente estudo foi estimar a dose recebida por estes profissionais que permanecem na sala de exames durante a exposição à radiação e estudar as condições de proteção radiológica dos IOEs – uso de avental e distância ao paciente. Para esta finalidade, foi utilizada uma câmara de ionização de placas paralelas marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6 com volume sensível de 180 cm³, posicionada a 50 cm do isocentro, representando o primeiro IOE que auxilia contendo membros superiores. Dois manequins de polietileno foram preenchidos com água para representar o segundo IOE que contém membros inferiores (também posicionado a 50 cm do isocentro) e o paciente pediátrico, disposto sobre a mesa em feixe primário. O kerma no ar recebido pelo IOE sem proteção durante exame pediátrico chega a dezenas de µGy. O modo radiográfico pode contribuir com aproximadamente 30% do kerma no ar total, por procedimento de SEED praticada em pacientes pediátricos. A redução significativa nas taxas de kerma no ar ao otimizar parâmetros técnicos como vestimenta plumbífera e distância do isocentro, reitera que o uso de medidas de proteção reduz substancialmente as doses de radiação ocupacional.

Palavras-chave: fluoroscopia pediátrica; trato gastro intestinal alto; dosimetria ocupacional; procedimento com bário.

Abstract

Pediatric seriography exams of the esophagus, stomach and duodenum, performed through fluoroscopy, commonly require the assistance of occupationally exposed individuals (OEI) for positioning and immobilization of the patient. The aim of the present study was to estimate the dose received by these professionals who remain in the examination room during exposure to radiation and to study the radiological protection conditions of the OEIs – use of lead apron and distance to the patient. For this purpose, a Radcal Corporation model 10X5-6 parallel plate ionization chamber with a sensitive volume of 180 cm³ was used, positioned at 50cm from the isocenter, representing the first OEI that helps containing upper limbs. Two polyethylene mannequins were filled with water to represent the second OEI, which contains lower limbs (also positioned 50 cm from the isocenter) and the pediatric patient, placed on the table in a primary bundle. Air kerma received by the unprotected OEI during pediatric examination amounts to tens of mGy. The radiographic mode can contribute approximately 30% of the total air kerma per SEED procedure performed in pediatric patients. The significant reduction in air kerma rates by optimizing technical parameters such as lead clothing and isocenter distance reiterates that the use of protective measures substantially reduces occupational radiation doses.

Keywords: pediatric fluoroscopy; upper gastrointestinal tract; occupational dosimetry; barium meal procedure.

1. Introdução

Executado através da fluoroscopia, o estudo de seriografia do esôfago, estômago e duodeno (SEED) permite a avaliação em tempo real da anatomia, fisiologia e possíveis patologias dos órgãos em questão, assim como o registro de radiografias quando pertinente (1). Um contraste opacificador, geralmente o sulfato de bário, é empregado para diferenciar as densidades do trato gastro intestinal (TGI) alto, dos tecidos adjacentes.

A SEED é realizada com muita frequência em crianças para investigação, principalmente, de refluxo gastroesofágico. Durante o estudo pediátrico, é fundamental a presença na sala de exames de pelo menos um indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE), para auxiliar no posicionamento e imobilização do neonato ou criança. Esse profissional se expõe principalmente à radiação espalhada, que provém,

em maior parte, da interação do feixe primário com o paciente. Por conseguinte, é dever do IOE portar vestimenta plumbífera de no mínimo 0,5 mm equivalente de chumbo para feixe primário, e proteger-se da radiação espalhada com atenuação não inferior a 0,25 mm equivalente de chumbo, seguindo assim, as normas de proteção radiológica (2).

No caso de uma única fonte, a dose da radiação obedece à lei do inverso do quadrado da distância, de acordo com a diminuição do ângulo sólido. Um fator que poderia alterar essa dependência é a atenuação dos raios X pelo ar, normalmente desprezível. Mas no caso da radiação espalhada, não há garantia de que a fonte seja única. Mesa do equipamento, detector do feixe primário e o outro IOE podem contribuir na formação da dose de radiação espalhada. Portanto, essa dependência é um objeto de estudo interessante, já que o

afastamento do isocentro, também otimiza a radioproteção (3).

Limites ocupacionais anuais foram estabelecidos por normas nacionais e internacionais (4–6), a fim de orientar profissionais quanto às doses razoáveis e estimular o monitoramento dessas exposições.

Apesar da importância dessa questão, o número de estudos que estimaram dose ocupacional em exames pediátricos do TGI alto é limitado (7–11). O primeiro estudo (7) feito na Austrália na década de 1990 apresentou doses muito baixas: ~5% dos limites sugeridos por entidades internacionais naquela época. O novo estudo (8) realizado na Grécia quase 10 anos depois focou-se na dose do paciente e o resultado obtido para dose ocupacional foi mencionado, mas não foi discutido e comparado com o resultado anterior. Ao mesmo tempo, esse valor foi significativamente maior que o valor obtido no primeiro estudo. Na década de 2010, três trabalhos (9–11) desenvolvidos pelo mesmo grupo de pesquisadores apresentaram resultados mais detalhados sobre essa questão, feito no Brasil. Os resultados obtidos concordam com os do segundo estudo e contrariam os resultados do primeiro estudo. Vale ressaltar que todos os estudos usaram metodologias de medição parecidas: dosímetros termoluminescentes (TLDs). Um dos objetivos do nosso trabalho foi contribuir para o entendimento dessa situação, executando as medições utilizando um método mais preciso.

Sendo assim, o presente estudo tem como principal objetivo, estimar a dose recebida por profissionais envolvidos em exames pediátricos de SEED utilizando outra metodologia e definir a contribuição das imagens radiográficas que não foi possível com a metodologia usada nos trabalhos

anteriores. A contribuição do uso de vestimenta plumbífera de diferentes espessuras e da distância do IOE ao paciente também foram avaliados.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido em hospital universitário na cidade de Curitiba, no setor de radiologia, em junho de 2018. A pesquisa não foi submetida à apreciação do Comitê de Ética por não envolver seres humanos.

O equipamento de fluoroscopia telecomandado modelo AXIOM ICONOS MD da marca SIEMENS, empregado pelo hospital nos exames pediátricos de SEED foi utilizado nas irradiações e suas características técnicas podem ser observadas no Quadro 1. O tubo de raios X se encontra acima da mesa articulável, e esta, por sua vez, se encontra na posição horizontal (Figura 1). O controle de qualidade do equipamento foi executado de acordo com as exigências da Portaria no 453 (12), legislação vigente à época.



Figura 1. Equipamento de fluoroscopia. Distância foco – isocentro: 95 cm; Distância foco imagem: 115 cm.

Quadro 1. Características do equipamento de fluoroscopia.

Topo da mesa	Equivalente de 0,6 mm Al a 100 kV/2,7 mm Al de camada semiredutora (HVL); 0,65 mm Al a 100 kV/3,7 mm Al HVL.
Altura da mesa	89 cm
Distância da mesa ao filme	7,8 cm
Distância da mesa à entrada do intensificador de imagem	12 cm
Distância da fonte à imagem	115 e 150 cm
Cassetes	Transporte frontal para cassetes; formatos de 18 x 24 cm a 35 x 43 cm; carregamento, centralização e sensibilidade automáticos ao formato.
Grade de radiação espalhada	Oscilante para cassetes de radiografia, Pb 17:1; 70 linhas, $f_0 = 125$ cm
Tubo de raios X	150/30/50HC-100
Voltagem nominal	150 kV
Filtragem inerente	1,5 mm Al a 80 kV
Valor nominal do ponto focal	0,6/1
Filtração inerente	1,0 mm Al a 70 kV
Filtros adicionais	0,1 mm de Cu (3,5 mm de Al) a 80 kV; 0,2 mm de Cu (7,1 mm de Al) a 80 kV; 0,3 mm de Cu (10,8 mm de Al) a 80 kV;

Modos de operação	– Fluoroscopia	Contínuo com 30 imagens por segundo. Matriz de 1.024 x 512/10 bits e filtração digital, armazenamento de imagens de fluoroscopia, média deslizante de peso
	– Radiografia	Técnica digital de filme local com matriz de 1.024 x 1.024/10 bits; filtragem digital; imagem individual e exposições seriais com 0,5/1/2/3 ou 4 imagens por segundo
Gerador de raios X	Gerador de alta frequência com controle de fluoroscopia e controle automático de exposição	
Saída	50 kW (500 mA a 100 kW/50 kW)	
Voltagem de exposição	40 a 150 kV	
Fluoroscopia - intervalo de funcionamento	40 kV/0,2 mA a 110 kV/4,1 mA	
Acionamento da fluoroscopia	Comutador de pé. A última imagem é retida e visualizada no monitor, LIH.	
Combinação película - ecrã:	H - sensibilidade alta, U - sensibilidade média, D - sensibilidade baixa, alta resolução de contraste	
Intensificador de imagem		
Diâmetros utilizáveis de entrada	30,3 cm/ 21,5 cm/ 16 cm	
Fator de conversão	≥ 30 (cd/m ²) – (s/ μ Gy)	
Eficiência quântica de detecção (DQE)	65%	

Uma câmara de ionização de placas paralelas marca Radcal Corporation, modelo 10X5-6 com volume sensível de 180 cm³ acoplada ao eletrômetro de mesma marca, modelo 9010 foi empregada nas medidas de kerma e taxa de kerma no ar (Figura 2). A câmara foi calibrada no dia 15/05/2018. O fator de calibração, para 70 kVp, é de 1,021 com 1,8% de incerteza.

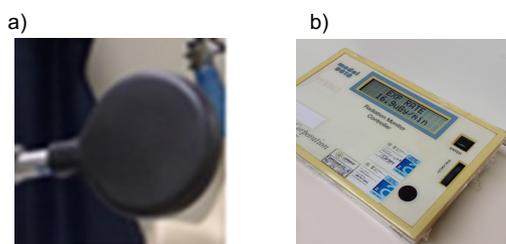


Figura 2. a) Câmara de ionização de placas paralelas; b) eletrômetro.

A câmara foi disposta a 50 cm do isocentro e 115 cm acima do piso, representando o primeiro IOE (sem proteção plumbífera) que auxilia principalmente na imobilização de membros superiores (Figura 3).

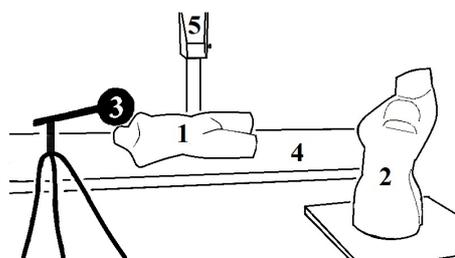


Figura 3. Configuração experimental. 1) Simulador do paciente pediátrico. 2) Simulador do IOE. 3) Câmara de ionização. 4) Mesa articulada, 5) Tubo de raios X.

Dois manequins de polietileno preenchidos com água, foram preparados para representar o paciente pediátrico e o segundo IOE que auxilia na imobilização dos membros inferiores, com as

seguintes dimensões de comprimento, largura e altura: (20 cm x 18 cm x 44 cm) e (20 cm x 19 cm x 50 cm), respectivamente (Figura 4). De forma conservadora, o primeiro manequim representa um paciente pediátrico de maior espessura, correspondendo a uma criança entre 5 e 15 anos.

Os parâmetros técnicos comumente executados pela instituição, também foram respeitados: a) Filtração adicional: 0,3 mm de cobre; b) Valor nominal do ponto focal: 0,6; c) Tempo total de fluoroscopia (paciente cooperativo): 2,30 min; d) Técnica para fluoroscopia: 83 kVp / 2 mA; e) Cinco radiografias com técnica: 68 kVp / 28 mAs, f) Tamanho de campo na mesa: 28 x 28 cm².

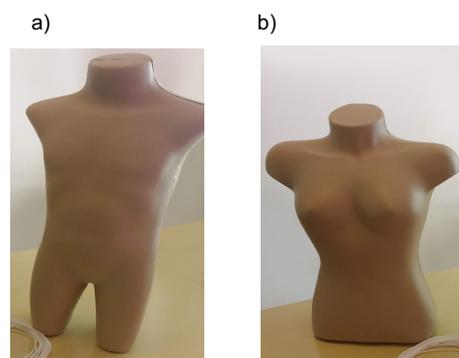


Figura 4. a) Simulador do paciente pediátrico (disposto sobre a mesa, sob feixe primário); b) Simulador do segundo assistente (disposto a 50 cm do isocentro).

Durante o experimento, três exposições, tanto para fluoroscopia quanto para radiografias, foram executadas. Taxa de kerma no ar em fluoroscopia e kerma no ar recebida pelo IOE sem proteção durante as radiografias foram medidas para cada exposição. Valores médios foram calculados.

Equivalente de dose pessoal Hp(10) foi calculado usando um fator de conversão (Equação 1) (12):

$$Hp(10) = 1,14 \times K_{ar} \text{ (Sv)} \quad (1)$$

Para estimar a dose efetiva que os profissionais recebem anualmente durante os estudos de SEED pediátricos, foram levados em consideração o valor de $Hp(10)$ do experimento e o número de exames, que exigiram profissionais dentro da sala, realizados durante o ano de 2017. Para atingir esse objetivo, foi realizado um levantamento da quantidade de séries pediátricas do TGI alto, através do sistema de informação hospitalar entre 1 de janeiro e 31 de dezembro de 2017.

Como uma segunda etapa do estudo, para avaliar a eficácia do uso de vestimentas plumbíferas, taxas de kerma no ar foram adquiridas com uso de avental plumbífero de diferentes espessuras. O comportamento da radiação espalhada com a distância ao paciente, considerando um IOE sem proteção, também foi avaliado por medidas de taxas de kerma no ar em diferentes distâncias da câmara de ionização ao isocentro do simulador de paciente pediátrico.

Cada parâmetro foi analisado de forma independente, para o posicionamento ântero posterior, pré contraste, do simulador pediátrico. Mantendo a câmara de ionização a 50 cm do isocentro e 115 cm acima do piso, três situações em relação a vestimenta plumbífera foram simuladas: sem avental, com avental 0,25 mm de equivalência em chumbo e com avental 0,50 mm de equivalência em chumbo. Em relação à distância da câmara de ionização ao isocentro, quatro situações foram estudadas: 50, 100, 150 e 250 cm. Para as duas circunstâncias, os outros parâmetros técnicos foram os comumente executados pela instituição: a) Filtração adicional: 0,3 mm de cobre; b) Valor nominal do ponto focal: 0,6; c) Técnica para fluoroscopia: 83 kVp / 2 mA.

3. Resultados

A tabela 1 mostra o kerma no ar total/procedimento recebida pelo IOE (sem proteção) durante exame pediátrico de SEED, que é composta pela soma do kerma no ar na fluoroscopia (2,3 min) e na produção de cinco imagens radiográficas, também apresentadas.

Tabela 1. Kerma no ar total/procedimento recebida por IOE (sem proteção) na fluoroscopia (2,3 min) e na produção de cinco imagens radiográficas (μGy)

Fluoroscopia	Radiografias	Total
38,58±0,42	15,57±0,07	54,15±0,43

Fonte: A autora (2019).

A taxa de kerma no ar em função da distância da câmara de ionização ao isocentro é apresentada na tabela 2. O erro é igual 0,03 $\mu\text{Gy}/\text{min}$.

Tabela 2. Taxa de kerma no ar em função da distância entre câmara de ionização e simulador do paciente pediátrico.

Distância (cm)	Taxa de kerma no ar ($\mu\text{Gy}/\text{min}$)
50	16,47
100	4,03
150	1,90
250	0,47

Fonte: A autora (2019).

A taxa de kerma no ar em função da espessura do avental plumbífero é mostrada na tabela 3. O erro é igual 0,07 $\mu\text{Gy}/\text{min}$.

Tabela 3. Taxa de kerma no ar em função da espessura do avental plumbífero.

Espessura do avental (mm de chumbo)	Taxa de kerma no ar ($\mu\text{Gy}/\text{min}$)
0	13,40
0,25	1,07
0,50	0,33

Fonte: A autora (2019).

A tabela 4 apresenta a estimativa de dose efetiva anual recebida por um único IOE sem e com avental de diferentes espessuras, considerando a sua participação em 32 exames de SEED pediátricos, estimativa obtida a partir do levantamento da quantidade de procedimentos realizados durante o ano de 2017 no hospital onde este estudo foi realizado.

Tabela 4. Dose efetiva anual.

Espessura do avental (mm)	Dose efetiva anual (mSv)
0	1,98±0,04
0,25	0,158±0,003
0,50	0,040±0,001

Fonte: A autora (2019).

4. Discussão

Os valores de kerma no ar medidos concordam com a dose equivalente avaliada em outro estudo da literatura (11). A contribuição das imagens radiográficas é de aproximadamente 30% do kerma no ar total praticado na SEED de pacientes pediátricos, o que enfatiza a importância do conceito de *Last Image Hold* também para a exposição ocupacional.

No primeiro estudo desenvolvido nessa área, Coakley et al (7), analisaram a dose equivalente recebida em mãos e tireoides de IOEs durante 66 estudos pediátricos de SEED. Dosímetros termoluminescentes de sulfato de cálcio indicaram doses equivalentes médias por semana para mãos que variaram de 40 a 210 μSv e para tireoide que variaram de 20 a 50 μSv . Levando em consideração a quantidade de seriografias, o valor da dose equivalente por exame não ultrapassa 13 μSv , que é significativamente menor do que o resultado do presente estudo. Os autores mencionados na sequência indicaram doses equivalentes mais altas e compatíveis com o nosso resultado.

Damilakis et al (8), ao estimarem a dose de entrada na pele em mãos de IOEs em 25 exames pediátricos de SEED através de TLDs de fluoreto de cálcio, mensuraram valores médios de 47 μGy por procedimento.

Filipov et al (9), determinaram dose equivalente na tireoide de IOEs durante 48 estudos pediátricos de SEED. TLDs de fluoreto de lítio indicaram uma variação de 20 a 54 μSv por procedimento.

Filipov et al (10), investigaram dose ocupacional em mãos, cristalinos e tireoides de IOEs em 41 exames pediátricos de SEED. TLDs de fluoreto

de lítio aferiram doses equivalentes médias de 85, 49 e 32 μSv por procedimento, respectivamente.

Filipov et al (11), otimizaram exposição ocupacional em mãos, cristalinos e tireoides durante exames pediátricos de SEED. O estudo foi realizado em duas etapas: antes (49 pacientes) e após (44 pacientes) a implementação da otimização. TLDs de fluoreto de lítio indicaram doses equivalentes médias antes da otimização de 83, 48 e 52 μSv por procedimento, respectivamente. Após a otimização, os resultados foram de 43, 25 e 28 μSv por procedimento, respectivamente.

Em relação à taxa de kerma no ar em função da distância, a redução é significativa e condiz com a comportamento da radiação com distância, no ar - variação com o inverso do quadrado. Ao dobrar a distância de 50 cm para 100 cm, ocorre uma redução de ~75%, o que significa uma redução de quatro vezes. Triplicando-se a distância de 50 cm para 150 cm, ocorre redução por um fator próximo de 9.

No que diz respeito à taxa de kerma no ar em função da espessura do avental plumbífero, a vestimenta de 0,25 mm reduz a taxa de dose em 92%. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de De Souza; Soares (14), que encontraram uma redução de 96%. No caso do avental de 0,50 mm de equivalência em chumbo, a redução é ainda maior, 98%, igual ao referido por De Souza; Soares (14) e um pouco maior que 94,4 \pm 1,3% no caso dos protetores tireoidianos (9).

5. Conclusões

O kerma no ar recebida pelo IOE sem proteção durante exame pediátrico chega a dezenas de μGy , sendo que a contribuição das imagens radiográficas é de aproximadamente 30% do kerma no ar total praticado na SEED de pacientes pediátricos.

A redução significativa nas taxas de kerma no ar, para o mesmo tipo de procedimento, ao otimizar parâmetros técnicos como vestimenta plumbífera e distância do isocentro, reitera que o uso de medidas de proteção reduz substancialmente as doses de radiação ocupacional.

Referências

- Bontrager KL, Lampignano JP. Bontrager's Handbook of Radiographic Positioning and Techniques. Eighth. ed. Mosby MO (USA): Elsevier; 2013.
- Ministério da Saúde. Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2019;330
- IAEA.org. IAEA Standard Syllabus Course on Radiation Protection in Diagnostic and Interventional Radiology. Available from: <https://www.iaea.org/file/2017/training-radiologyalllectureszip>.
- ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 Ann, 2007;37.
- ICRP. Statement on Tissue Reactions. Ref. 4825-3093-1464, approved on April 21, 2011. Accepted in the documents of EU (Council Directive 2013/59/ EURATOM) 2011.
- CNEN. Diretrizes básicas de proteção radiológica. Norma CNEN NN 3.01, Resolução 164/14, Março 2014.
- Coakley KS, Ratcliffe J, Masel J. Measurement of radiation dose received by the hands and thyroid of staff performing gridless fluoroscopic procedures in children. Br J Radiol. 1997;70:933-36.
- Damilakis J, Stratakis J, Raissaki M, Perisinakis K, Kourbetis N, Gourtsoyannis N. Normalized dose data for upper gastrointestinal tract contrast studies performed to infants. Med Phys. 2006;33(4):1033-40.
- Filipov D, Sauzen J, Schelin HR, Paschuk SA, Denyak V, Legnani A. Dose equivalente na tireoide dos profissionais que utilizam o protetor plumbífero nos exames de SEED pediátrico. Rev Bras Física Médica. 2015;23-6.
- Filipov D, Schelin HR, Denyak V, Paschuk SA, Porto LE, Ledesma JA, et al. Pediatric patient and staff dose measurements in barium meal fluoroscopic procedures. Rad Phys Chem. 2015(1);116:267-72.
- Filipov D, Schelin HR, Denyak V, Paschuk SA, Ledesma JA, Legnani A, et al. Medical and occupational dose reduction in pediatric barium meal procedures. Rad Phys Chem. 2017;140:271-4.
- Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 453, de 1 de Junho de 1998.
- LNMRI. Grandezas e Unidades para Radiação Ionizante. Rio de Janeiro: CNEN; 2011.
- De Souza E, Soares JPM. Correlações técnicas e ocupacionais da radiologia intervencionista. J Vasc Bras. 2008;7(4):341-50.

Contato:

Gracielly Soares Nunes
 Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, Curitiba - PR, 80230-901, Brasil
gracielly.nunes@hc.ufpr.br