

Dose Efetiva e Nível de Referência de Dose (DRL) em radiologia em um hospital terciário

Effective Doses and Dose Reference Levels (DRLs) in a radiology department from a tertiary hospital

Matheus Alvarez¹, Ana L. Milani², Samara P. Souza², Túlio G. S. Marques², Marcos A. A. Silva², Raissa A. C. Guassu³, Júlia Buci⁴, Gustavo B. Matsuki⁴, Diana R. Pina⁵, Allan F. F. Alves¹

¹ Núcleo de Física Médica e Radioproteção do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, Botucatu, Brasil

² Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP, Botucatu, Brasil

³ Programa de Pós-Graduação em Farmacologia e Biotecnologia do Departamento de Física e Biofísica, UNESP, Botucatu, Brasil

⁴ Graduação em Física Médica, UNESP, Botucatu, Brasil

⁵ Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP, Botucatu, Brasil

Resumo

Uma das maneiras de promover a otimização em proteção radiológica é implementando o conceito de Nível de Referência de Dose (DRL). Diversas são as formas de estimar a dose de radiação, dentre elas a estimativa do produto área-dose (DAP). Neste estudo, foi estimada a dose efetiva em exames radiológicos com o objetivo de determinar o DRL local. Para isso, os dados de DAP foram coletados e filtrados para o modelo de paciente padrão. Todos os procedimentos avaliados foram realizados em equipamentos de radiologia convencional com medidor de DAP embutido e devidamente calibrado, dentre eles: tórax anteroposterior (AP), tórax lateral (LAT) e tórax pósterio-anterior (PA), abdômen AP, pelve AP e coluna lombar AP e LAT. O software PCXMC 2.0 foi empregado na simulação computacional de exames radiográficos para simular a dose efetiva no paciente para as incidências utilizadas. No total, após verificação dos dados, foram selecionados 167 valores de DAP e o número de incidências realizadas variou de 7 a 51 para diferentes projeções. A maior quantidade de incidências foi coletada para tórax LAT e a menor quantidade para coluna lombar LAT. Foram analisados 1º quartil, mediana e 3º quartil, bem como DAP mínimo e máximo e o valor interquartil (IQV) para cada conjunto de dados. As simulações computacionais resultaram em valores de dose efetiva compatíveis com a literatura. Por se tratar de um trabalho inicial, alguns pontos devem ser levados em consideração, como: o serviço faz parte de um hospital escola com profissionais em formação; existem cartas de técnicas disponíveis, porém os equipamentos digitais foram recém instalados; o estudo deve ser aprofundado, com número maior de incidências, para que os protocolos sejam bem estabelecidos no serviço. Este estudo serve de referência para outros serviços que desejam realizar o levantamento do nível de referência de diagnóstico para protocolos de radiologia convencional.

Palavras-chave: dose; raios - x; radiologia; radiodiagnóstico; radioproteção.

Abstract

One way to promote optimization in radiation protection is by implementing the concept of the Diagnostic Reference Level (DRL). There are several ways to estimate the radiation dose delivered to the patient, including the dose-area product (DAP) estimate. This study estimated diagnostic reference levels for common radiographic examinations performed in a large Brazilian hospital. For this, DAP data were collected and filtered for the standard patient model. All procedures evaluated were performed in conventional radiology equipment, including AP chest, LAT chest and PA chest, AP abdomen, AP pelvis and AP and LAT lumbar spine. The PCXMC 2.0 software was used in the computer simulation of radiographic exams to simulate the effective dose in the patient for the incidences used. In total, after checking the data, 167 DAP values were selected and the number of incidences performed ranged from 7 to 51 for different projections. The highest number of incidences were collected for the LAT thorax and the lowest number of incidences for the LAT lumbar spine. The 1st quartile, median and 3rd quartile were analyzed, as well as minimum and maximum DBH and the interquartile value (IQV) for each data set. The computer simulations resulted in effective dose values compatible with the international literature. As this is an initial work to survey the DRL, some points must be taken into account: the service is part of a teaching hospital with professionals in training; there are technical charts available. However, the digital equipment was recently installed; the study must be in-depth, with a greater number of each incidence, so that the protocols are well established in the service. This study serves as a reference for other services that wish to survey the diagnostic reference level for conventional radiology protocols.

Keywords: dose; x ray; radiology; radiodiagnosis; radioprotection.

1. Introdução

As fontes de radiação ionizante utilizadas na área médica são responsáveis pela maior contribuição de dose na população proveniente de fontes artificiais e a maior parte dessa contribuição vem dos raios X diagnósticos (acima de 90%). Uma das razões para esta situação é o grande número de exames de raios

X realizados todos os anos (1,2). Assim, são necessários cuidados com as doses de radiação que são empregadas em exames dentro de um Setor de Radiologia. E para isso os Níveis de Referência de Dose (DRLs, do inglês *Dose Reference Levels*), são importantes nesta manutenção das doses em níveis aceitáveis. Dessa forma, a determinação de DRLs

tem sido uma importante fonte de garantia de qualidade e avaliação do serviço de radiologia.

Dentre as formas de estabelecer mecanismos de controle e conscientização do uso da radiação estão os três princípios básicos de proteção radiológica: justificação, otimização e limitação de dose (1,3).

Segundo a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN NN 3.01 (4), o princípio da justificação garante que a exposição a qual o paciente foi submetido produza benefícios capazes de compensar o dano que possa ser causado, levando em conta os fatores relacionados à prática. O princípio de limitação de dose, diz respeito aos trabalhadores considerados Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs) e ao público em geral, determinando limites anuais para as doses recebidas.

Outro princípio adotado pelos serviços que utilizam de radiação ionizante para diagnóstico e tratamento é o princípio da otimização. O termo ALARA (do inglês, *As Low As Reasonably Achievable*) significa tão baixo quanto razoavelmente exequível e é um conceito que engloba o aprimoramento de todo o serviço, desde os protocolos utilizados, até o treinamento da equipe. Esse princípio reforça que o uso de radiação ionizante para diagnóstico deve ser realizado de forma segura visando o menor risco para o paciente e os trabalhadores envolvidos na prática.

Uma das formas de promover o princípio da otimização é implementando o conceito de DRLs. Através deste conceito é possível estimar um nível de referência da dose em radiodiagnóstico médico para padrões de exposição de pacientes (5,6). Os DRLs são uma forma de controle usada para auxiliar na otimização da proteção na exposição médica de pacientes para procedimentos diagnósticos e intervencionistas. O termo foi definido inicialmente pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, do inglês *International Commission On Radiological Protection*). Desde então, diversas publicações atualizam este conceito, e a publicação mais recente corresponde à publicação ICRP 135 de 2017 (7).

A estimativa da dose efetiva de um procedimento pode ser feita através do Produto Dose Área (DAP, do inglês *Dose Area Product*). A medição do DAP permite manter registros das doses empregadas na instituição, de modo a comparar diferentes técnicas de exame, estabelecer parâmetros que forneçam o mínimo de radiação a um paciente e garantir a manutenção dessa implementação, permitindo a otimização da radiação recebida pelos pacientes submetidos a exames radiológicos (6,7).

O software computacional de Método de Monte Carlo PCXMC 2.0 possibilita simular a dose efetiva recebida por um paciente em um exame radiográfico. O programa proporciona a estimativa da dose efetiva através de dados coletados experimentalmente de distância foco-pele, distância foco-filme, tensão máxima do tubo, produto corrente-tempo, região anatômica irradiada e DAP (8). Sendo um software bastante utilizado devido a sua significativa concordância entre seus resultados com os dados

coletados pelo NRPB (do inglês, *National Radiological Protection Board*) (9). Isso somado com o alto grau de customização acerca do ângulo de incidência, propriedades físicas do paciente e as características do feixe tornam o PCXMC uma ferramenta padrão ouro para o estudo da dose efetiva em um setor de radiologia.

Neste estudo, foram estimados o DAP e as respectivas doses efetivas para exames radiográficos de tórax, abdômen, pelve e coluna lombar com o objetivo de determinar o DRL local.

2. Materiais e Métodos

Dois equipamentos de Raios X fixo digital (Konica Minolta AltusDR) com medidores de DAP embutidos e devidamente calibrados foram utilizados neste estudo. Os testes de controle de qualidade foram realizados de acordo com as normas brasileiras vigentes: Resolução da Diretoria Colegiada RDC Nº 330/2019 (10) e Instrução Normativa Nº 90/2021 (11). Os dados foram coletados através do acompanhamento *in loco* no serviço e selecionados os pacientes adultos típico com característica biométrica típica de adulto, com peso entre 60 e 75 kg e altura entre 1,60 e 1,75 metros. Todos os procedimentos avaliados foram realizados no setor de radiologia de um hospital de grande porte.

Foi realizado um levantamento sobre as incidências mais comuns de radiografia convencional realizadas no serviço. Na prática clínica, os exames estudados foram: tórax AP, tórax LAT e tórax PA, abdômen AP, pelve AP, coluna lombar AP e coluna lombar LAT.

Para estimar a dose de radiação ao qual o paciente foi exposto, o equipamento possui acoplado à saída do tubo um dispositivo de medição estimando DAP para cada exposição, com unidade de medida $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2$.

Além da coleta dos valores do DAP, foram anotadas informações como: identificação do paciente (ID), tipo de exame, incidências realizadas, tensão do tubo (kVp), corrente (mAs), sexo, estatura (baixo, médio ou alto) e porte físico (peso abaixo do normal, peso normal e sobrepeso).

As análises estatísticas foram realizadas com a plataforma *Google Colaboratory*, um serviço de nuvem gratuito que utiliza a linguagem *Python*, mas permite utilizar outras linguagens de programação. Mediana, média, DAP máximo, DAP mínimo, quartis de doses de radiação e valores interquartis (IQV) foram calculados para cada uma das incidências. O IQV foi definido como a razão do 3º e 1º quartil (12).

O software PCXMC 2.0 foi empregado na simulação de exames radiográficos de tórax (AP, LAT e PA), pelve (AP), coluna lombar (AP e LAT) e abdômen (AP), considerando um paciente adulto. Os dados de entrada necessários para a realização das simulações, coletados no equipamento do hospital, foram: o DAP (em $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$), a tensão (em kV) e a geometria de irradiação, para cada tipo de exame e incidência.

O número de 20000 fótons, ângulo do anodo de 14° e uma filtração de 3,5 milímetro de Alumínio (mmAl) foram utilizados como padrão. Todos os órgãos e tecidos permitidos pelo PCXMC 2,0, em cada caso, foram considerados e a dose efetiva foi calculada. Na Figura 1, encontra-se a interface do simulador.

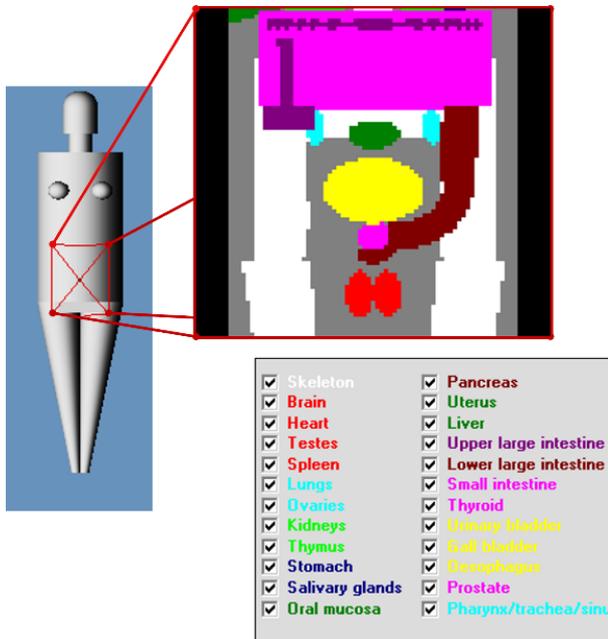


Figura 1. Região irradiada em simulação de radiografia de abdômen AP com o PCXMC 2.0. O detalhe mostra quais os órgãos e tecidos foram considerados neste caso, dentre todos aqueles oferecidos pelo software.

3. Resultados

A primeira parte dos resultados demonstra os valores de DAP que foram coletados no Setor de Radiologia. Estes dados incluem a incidência radiológica, a quantidade de procedimentos, a média do DAP e o respectivo desvio padrão, que são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de DAP para diferentes incidências coletados no setor de radiologia.

Incidência	Quantidade Incidências	Média DAP (cGy.cm ²)	Desvio padrão
Abdômen AP	11	315,10	189,18
Coluna Lombar AP	9	177,34	110,65
Coluna Lombar LAT	7	488,70	212,90
Pelve AP	23	245,40	90,49
Tórax AP	18	49,09	37,28
Tórax LAT	51	75,22	27,86
Tórax PA	48	29,47	10,66

Fonte: O autor (2022).

No total, após verificação dos dados, foram selecionados 167 valores de DAP para radiografia convencional. O número de incidências realizadas variou de 7 a 51 para diferentes projeções. A maior quantidade de incidências foi coletada para tórax LAT e a menor quantidade para coluna lombar LAT.

A análise estatística dos valores de DAP obtidos no Setor de Radiologia para pacientes adulto e idoso de porte médio são mostrados na Tabela 2. Foram analisados 1º, 2º (mediana) e 3º quartil, bem como DAP mínimo e máximo em cGy.cm² (ou µGy.m²) e o valor do IQV.

Tabela 2. Análise estatística dos valores de DAP (cGy.cm²): Valor do quartil 1 (Q1), mediana, valor do quartil 3 (Q3), valores mínimo e máximo e valores interquartis (IQV).

Incidência	Q1	Mediana	Q3	Min.	Max.	IQV
Abdômen AP	202,7	211,1	378,6	187,9	773,9	1,860
Coluna L. AP	95,70	128,0	248,6	74,00	369,9	2,590
Coluna L. LAT	340,6	549,8	629,8	188,7	741,5	1,840
Pelve AP	182,0	225,5	295,3	132,1	531,0	1,620
Tórax AP	24,20	41,00	49,02	11,50	156,8	2,020
Tórax LAT	56,85	67,60	88,95	30,80	141,2	1,560
Tórax PA	22,58	25,95	33,67	11,30	56,60	1,490

Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 3 encontram-se os valores de tensão média do tubo de Raios X para cada incidência, dose efetiva estimada por simulação computacional com o software PCXMC e também os valores de dose efetiva encontrados no estudo de Mettler *et al.* (2008) (5) para fins de comparação com nosso estudo.

Tabela 3. Relação entre tensão média do tubo (kV) e dose efetiva estimada pelo PCXMC 2.0 para diferentes incidências.

Incidências	Tensão média (kV)	Dose efetiva PCXMC* (mSv)	Dose efetiva Mettler, <i>et al.</i> (2008) (mSv)
Abdômen AP	71,00	0,52(0,28-0,57)	0,04–1,10
Coluna Lombar AP+LAT	78,50	0,59(0,23-1,01)	0,50–1,80
Pelve AP	67,00	0,30(0,14-0,75)	0,20–1,20
Tórax AP	76,00	0,12(0,02-0,33)	-
Tórax PA+LAT	92,00	0,15(0,06-0,25)	0,05–0,24
Tórax PA	82,00	0,05(0,01-0,07)	0,01-0,05

Fonte: O autor (2022).

4. Discussão

Neste estudo foram avaliadas as doses recebidas por pacientes submetidos a exames radiográficos em um hospital brasileiro de grande porte. Os dados foram selecionados de forma a garantir que a dose fosse utilizada para estabelecer o nível de dose diagnóstica no serviço.

A dose efetiva fornece um indicador aproximado dos riscos potenciais da radiação ionizante e deve ser usada como parâmetro para avaliar a adequação das inspeções de radiação ionizante (5). Os valores de dose efetiva estimados a partir das técnicas utilizadas na rotina do serviço estão de acordo com os valores de referência encontrados na literatura internacional

(5). No Brasil, os valores representativos para dose em radiodiagnóstico (paciente adulto típico) são Dose de Entrada na Pele (DEP) conforme especificado no Anexo II da Instrução Normativa nº 90/2021 (11).

Por se tratar de um trabalho inicial para levantamento do DRL, alguns pontos devem ser levados em consideração, como: existem cartas de técnicas disponíveis no setor, porém os equipamentos digitais foram recém instalados, neste caso é necessário se fazer um estudo mais aprofundado, com número maior de cada incidência, para que os protocolos sejam bem estabelecidos no serviço.

Outro fator que influencia na grande variação de doses, é que este é um hospital escola, com muitos cursos de formação de alunos (incluindo tecnólogos de radiologia), além de o processo de implementação de técnicas padronizadas depender de um esforço grande de treinamento de todo o *staff* clínico, assim como de supervisão das práticas radiológicas empregadas.

Os valores de DRLs obtidos neste trabalho, fazem parte de um método proposto no estudo realizado por Tsapaki (13), onde é afirmado que para que as doses e protocolos sejam otimizados é preciso conhecer o equipamento e suas especificações, realizar levantamento de DRLs, estudar protocolos internos já existentes entre outros. Assim, os dados estimados no atual trabalho são o ponto de partida da estimativa de DRLs dentro do setor de radiologia e também, um ponto de partida para otimizar as técnicas radiográficas.

5. Conclusões

Neste estudo, foram estimadas as doses efetivas para diferentes projeções radiográficas medido com o medidor de DAP do equipamento para um sistema de radiologia digital (DR). Este é o primeiro passo para que o processo de otimização dos procedimentos do serviço seja efetivamente realizado. Para tanto, deve-se iniciar uma investigação das técnicas radiológicas utilizadas e das instruções fornecidas ao corpo clínico, garantindo a máxima otimização do serviço junto ao programa de proteção radiológica e a garantia de qualidade.

As doses efetivas encontradas estão em acordo com outros estudos já apresentados na área.

Espera-se que esta pesquisa incentive outros serviços a realizar o levantamento do nível de referência diagnóstica no território brasileiro. Além da organização de programas de proteção radiológica, para reduzir efetivamente as doses dos pacientes sem degradação da qualidade da imagem.

As doses estimadas do paciente também podem ser usadas como linha de base em outros serviços de radiologia para investigar sua prática local no âmbito da otimização da proteção radiológica do paciente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao hospital por todo suporte e apoio durante a pesquisa.

Referências

1. Amis ES, Butler PF, Applegate KE, Birnbaum SB, Brateman LF, Hezezi JM, et al. American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine. *J Am Coll Radiol*. 2007; 4(5):272–84.
2. International Atomic Energy Agency (Vienna). Implementation Of The International Code Of Practice On Dosimetry In Diagnostic Radiology (TRS 457): Review of Test Results. IAEA human health series N. 4., 2011.
3. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 2007.
4. Comissão Nacional de Energia Nuclear (Brasil). Norma CNEN NN 3.01 – Diretrizes Básicas De Proteção Radiológica, Resolução 164/14. Publicado em: março/2014.
5. Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog. *Radiology*. 2008; 248(1):254–63.
6. Metaxas VI, Messaris GA, Lekatou AN, Petsas TG, Panayiotakis GS. Patient dose in digital radiography utilising bmi classification. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019; 184(2):155–67.
7. Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. Ann ICRP. 2017; 46(1):1–144.
8. Tapiovaara M. PCXMC 2.0 Supplementary programs user's guide. STUK, 2012.
9. Servomaa A, Tapiovaara M. Organ Dose Calculation in Medical X Ray Examinations by the Program PCXMC. *Radiat Prot Dosimetry*. 1998; 80(1):213–9.
10. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução Diretoria Colegiada nº 330, de 20 de dezembro de 2019, Diário Oficial da União, Edição: 249, Seção: 1, Página: 92, Publicado em:26/12/2019.
11. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Instrução normativa - in nº 90, de 27 de maio de 2021, Diário Oficial da União, Edição: 101, Seção: 1, Página: 149, Publicado em:31/05/2021.
12. Wachsbauer D, Röthlin F, Moshammer HM, Homolka P. Diagnostic Reference Levels for conventional radiography and fluoroscopy in Austria: Results and updated National Diagnostic Reference Levels derived from a nationwide survey. *Eur J Radiol*. 2019; 113:135–9.
13. Tsapaki V. Radiation dose optimization in diagnostic and interventional radiology: Current issues and future perspectives. *Phys Med*. 2020; 79:16–21.

Contato:

Diana Rodrigues de Pina
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia da Faculdade de Medicina de Botucatu. Av. Prof. Mário Rubens Guimarães Montenegro, s/n, Distrito de Rubião Junior; CEP: 18618687 - Botucatu, SP.
diana.pina@unesp.br