

Influência da postura do paciente na dose absorvida em órgãos e tecidos causada por exames radiológicos

The influence of the patient's posture on organ and tissue absorbed doses caused by radiodiagnostic examinations

Vagner F. Cassola, Richard Kramer, Helen J. Khoury, Carlos A. B. O. Lira

Departamento de Energia Nuclear/Universidade Federal de Pernambuco, Recife (PE), Brasil

Resumo

Devido à força gravitacional, as posições dos órgãos e a distribuição de gordura subcutânea se alteram quando uma pessoa que está em pé se deita sobre suas costas, chamada posição supina. Ambas as posturas, em pé e supina, são usadas freqüentemente no radiodiagnóstico, entretanto, os fantasmas usados nas simulações dos pacientes para estimativas das doses absorvidas em órgãos e tecidos normalmente representam humanos na posição em pé ou supina. Conseqüentemente, a geometria de exposição simulada às vezes não coincide com o exame de raios X em relação à postura do paciente. Utilizando versões em pé e supina de fantasmas adultos masculinos e femininos, este estudo investiga o "efeito postura" nas doses absorvidas em órgãos e tecidos para radiografias da pélvis e coluna lombar para avaliar se os erros na simulação usando fantasmas numa posição incorreta são significativos.

Palavras-chave: proteção radiológica, medicina nuclear, radiodiagnóstico, radiologia, instrumentação.

Abstract

Due to the gravitational force, organ positions and subcutaneous fat distribution change when a standing person lies down on her/his back, which is called "supine posture". Both postures, standing and supine, are very common in X-ray diagnosis, however, phantoms used for the simulation of patients for organ and tissue absorbed dose assessments normally represent humans either in standing or in supine posture. Consequently, the exposure scenario simulated sometimes does not match the real X-ray examination with respect to the patient's posture. Using standing and supine versions of mesh-based female and male adult phantoms, this study investigates the "posture-effect" on organ and tissue absorbed doses for radiographs of the pelvis and the lumbar spine in order to find out if the errors from simulating the false posture are significant.

Keywords: radiation protection, nuclear medicine, X-ray diagnosis, radiology, instrumentation.

Introdução

As posições em pé e supina (deitado sobre as costas) são as posturas comuns para pacientes submetidos a exames no radiodiagnóstico. Quando é necessário avaliar as doses absorvidas em órgãos e tecidos, geralmente são utilizados fantasmas computacionais humanos conectados a códigos Monte Carlo. Estes fantasmas representam indivíduos na posição em pé ou supina, e conseqüentemente, dependendo do protocolo do exame considerado, a simulação da exposição pode ser realizada com o paciente numa posição incorreta.

Para avaliar se a postura pode influenciar significativamente nas doses absorvidas em órgãos e tecidos, fantasmas com posturas diferentes devem ser desenvolvidos e

depois simulações de radiografias devem ser feitas com os mesmos parâmetros de exposição.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver pares de fantasmas representando um homem adulto e uma mulher adulta nas posições em pé e supin. Os fantasmas serão utilizados em simulações dos exames radiográficos de pélvis e coluna lombar e os resultados serão comparados para avaliar a influência da postura na distribuição das doses absorvidas.

Material e Métodos

FASH2_sup (Female Adult meSH) e MASH2_sup (Male Adult meSH) são versões supina dos fantasmas em pé

FASH2_sta e MASH2_sta (a denominação “sta” vem do inglês standing). Os quatro fantasmas foram desenvolvidos recentemente no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco¹. FASH2_sta e MASH2_sta são versões atualizadas dos fantasmas mesh FASH e MASH². As atualizações foram realizadas para fazer a separação do tecido glandular e adiposo nas mamas e a separação da gordura visceral e subcutânea na região do abdômen. Além disto, com base na ICRP89³, os pulmões dos fantasmas foram revisados, de forma que a massa do pulmão direito agora é 15% maior do que a massa do pulmão esquerdo. A cartilagem também foi segmentada em regiões fora do esqueleto, como orelhas, nariz e tireoide.

Diferente do trabalho de Sato et al.⁴, que publicou fantasmas com posturas específicas com base em

imagens geradas por Tomografia computadorizada de um voluntário japonês adulto, Cassola et al.¹ usou programas de modelagem 3D e dados antropométricos para a construção dos fantasmas. FASH2_sta e MASH2_sta são fantasmas em pé construídos considerando informações anatômicas de humanos em pé. No entanto, quando uma pessoa em pé muda para a posição supina, a força gravitacional causa os seguintes efeitos anatômicos:

- Deslocamento cranial e/ou dorsal dos órgãos;
- Compressão dos pulmões nas direções cranial e dorsal devido ao coração e ao deslocamento dos órgãos abdominais;
- Redução do diâmetro sagital, especialmente do abdômen, e aumento do diâmetro lateral, especialmente na parte dorsal inferior do abdômen;
- Mudança na posição dos ombros e braços na direção dorsal.

Tabela 1. Deslocamento do centro de massa dos órgãos quando uma pessoa muda da posição em pé para supina.

Deslocamento do centro de massa	MASH2 cranial (cm)	MASH2 dorsal (cm)	FASH2 cranial (cm)	FASH2 dorsal (cm)
Sta >>>> Sup	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Glândula Adrenal	2,0	0,8	1,8	0,0
Rins	3,3	1,2	3,6	0,5
Fígado	1,7	0,7	1,6	0,1
Estômago	2,6	0,5	2,7	0,4
Pâncreas	1,9	0,3	1,9	0,5
Bexiga	0,9	0,2	0,9	0,2
Intest. Grosso	0,5	0,3	0,5	1,4
Intest. Delgado	2,5	0,4	2,0	0,9
Coração	2,0	0,1	1,9	0,0
Pulmões	1,4	0,5	1,1	0,3
Timo	2,0	0,1	2,0	0,3
Baço	1,8	0,5	1,4	0,1
Útero			0,9	1,2
Ovários			1,1	1,1

Não foram encontrados atlas anatômicos com informações sobre alterações dos órgãos nas posições em pé e supina, e gerar imagens por TC de um voluntário nunca foi considerada uma opção. Desta forma, os dados antropométricos necessários para modelar os fantasmas na posição supina, com base nos fantasmas em pé, foram obtidos em diversas publicações científicas. Como exemplo, a Tabela 1 apresenta os valores de deslocamento cranial e dorsal usados para desenvolver os fantasmas da posição supina. A derivação destes e de outros parâmetros aplicados no processo de modelagem podem ser encontrados em Cassola et al.¹.

As Figuras 1 e 2 são representações frontais e laterais dos fantasmas FASH2_sta e MASH2_sta juntamente com os fantasmas FASH2_sup e MASH2_sup. É possível visualizar as diferenças externas nos fantasmas, como a posição dos braços e ombros, a diminuição do diâmetro sagital e a redução dos seios. As diferenças internas serão mostradas junto com a discussão dos resultados.

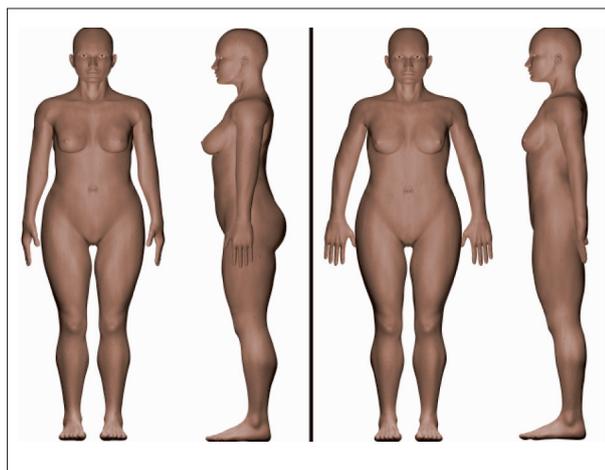


Figura 1. Fantasmas femininos: FASH2_sta e FASH2_sup, respectivamente.

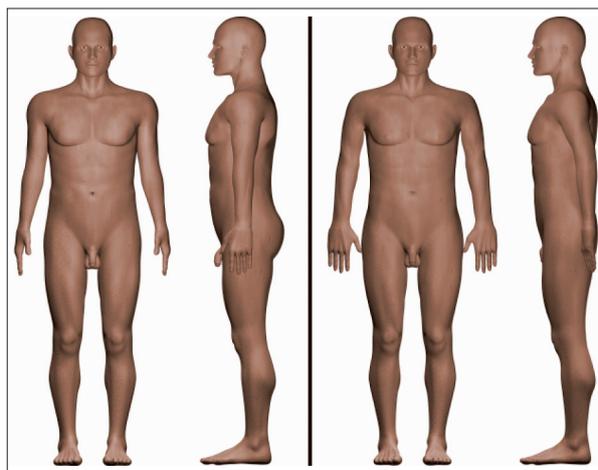


Figura 2. Fantasmas masculinos: MASH2_sta e MASH2_sup, respectivamente.

Resultados

As Figuras 3 e 4 representam a geometria de exposição para uma radiografia da pélvis simulada com os fantasmas FASH2_sta e FASH2_sup. A Tabela 2 apresenta valores de doses absorvidas normalizados por kerma no ar incidente (INAK) em órgãos e tecidos selecionados, os erros estatísticos associados e a razão entre as doses absorvidas nas posições supina e em pé. Se a razão for maior que um a dose absorvida no órgão ou no tecido é maior na posição supina do que na posição em pé. Uma razão menor que um representa o inverso.

Os resultados refletem a superposição de dois efeitos: em primeiro lugar, a diminuição do diâmetro sagital do abdômen na posição supina reduz a camada de tecido adiposo em frente aos órgãos desta região, o que leva a maiores doses absorvidas; em segundo lugar, devido aos deslocamentos craniais mencionados na Tabela 1, na posição supina alguns órgãos se deslocaram para o interior do feixe enquanto outros se deslocam para fora. Rins, fígado, pâncreas, baço e estômago são órgãos que recebem doses menores quando se considera a posição supina, pois foram deslocados parcialmente para fora do feixe.

As doses absorvidas maiores na posição supina devidas à diminuição da blindagem pela gordura podem ser

observadas para a bexiga, intestino grosso, ovários, intestino delgado, útero, para a medula vermelha (RBM, *red bone marrow*) e para as células da superfície dos ossos (BSC, *bone surface cells*). Segundo a Tabela 2, as diferenças entre as doses absorvidas nos órgãos e tecidos para a posição em pé e supina podem chegar até 40% para este tipo de exame.

A representação do exame de coluna lombar simulado com os fantasmas MASH2_sta e MASH2_sup pode ser vista nas Figuras 5 e 6, respectivamente, e os resultados estão apresentados na Tabela 3. As maiores doses absorvidas no exame de coluna lombar ocorrem na bexiga, intestino grosso, pâncreas, intestino delgado, estômago, RBM e BSC. O aumento da dose absorvida está associado à redução do diâmetro sagital nos fantasmas MASH2 na posição supina. O deslocamento da bexiga na direção do centro do feixe de raios X na posição supina causa um aumento ainda maior na dose absorvida. Os deslocamentos dos órgãos para fora do feixe e em direção dorsal, como mencionado na Tabela 1, são responsáveis pela diminuição da dose absorvida no caso das glândulas adrenais, rins, fígado e baço. Para o exame da coluna lombar, diferenças nas doses absorvidas de até 50% puderam ser observadas entre as diferentes posturas.

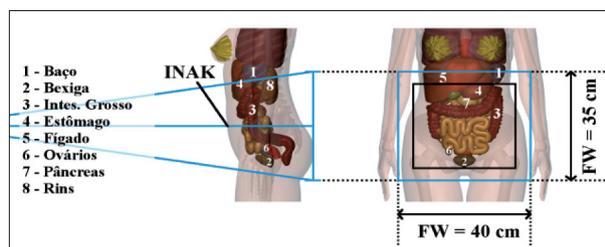


Figura 3. Radiografia de Pélvis AP simulada com o fantoma FASH2_sta. O retângulo azul representa as dimensões do campo no receptor plano da imagem, e o retângulo preto corresponde às dimensões do campo no plano de entrada.

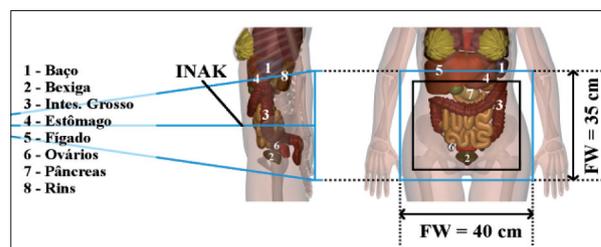


Figura 4. Radiografia de Pélvis AP simulada com o fantoma FASH2_sup. O retângulo azul representa as dimensões do campo no receptor plano da imagem, e o retângulo preto corresponde às dimensões do campo no plano de entrada.

Tabela 2. Doses absorvidas em órgãos e tecidos normalizadas por INAK para radiografia da pélvis, calculadas com as versões em pé e supina do fantoma FASH2, e a razão entre elas. DFD = Distância Foco Detector.

FASH2 Pélvis AP, 40cm x 35cm 80 kV; 2,5mm Al; DFD = 115 cm	Em pé D / INAK	Em pé Erro	Supina D / INAK	Supina Erro	Sup/Em pé Campo 40 x 35
Órgão/Tecido	Gy/Gy	%	Gy/Gy	%	
Parede da Bexiga	0,258	0,9	0,364	0,8	1,411
Parede do Intestino Grosso	0,463	0,2	0,506	0,2	1,093
Rins	0,110	0,5	0,067	0,7	0,609
Fígado	0,180	0,2	0,117	0,2	0,650
Ovários	0,286	1,6	0,311	1,5	1,087
Pâncreas	0,356	0,4	0,302	0,5	0,848
Parede do Intestino Delgado	0,432	0,2	0,491	0,2	1,137
Baço	0,063	1,0	0,037	1,3	0,587
Parede do Estômago	0,358	0,4	0,211	0,5	0,589
Útero	0,212	0,7	0,232	0,7	1,094
RBM (max.)	0,136	0,7	0,151	0,7	1,110
BSC (max.)	0,198	0,8	0,218	0,8	1,101

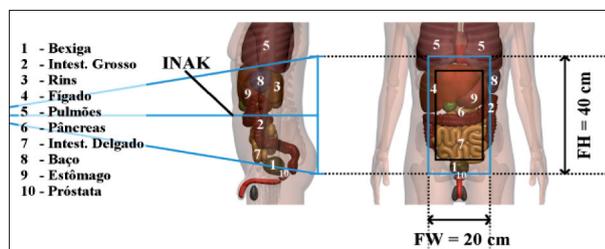


Figura 5. Radiografia de coluna lombar AP simulada com o fantoma MASH2_sta. O retângulo azul representa as dimensões do campo no receptor plano da imagem, e o retângulo preto corresponde às dimensões do campo no plano de entrada.

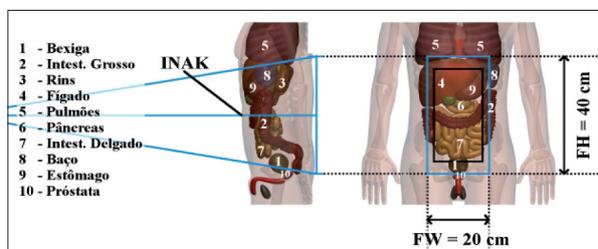


Figura 6. Radiografia de coluna lombar AP simulada com o fantoma MASH2_sup. O retângulo azul representa as dimensões do campo no receptor plano da imagem, e o retângulo preto corresponde às dimensões do campo no plano de entrada.

Tabela 3. Doses absorvidas em órgãos e tecidos normalizadas por INAK para radiografia da coluna Lombar, calculadas com as versões em pé e supina do fantoma MASH2, e a razão entre elas. DFD = Distância Foco Detector.

MASH2 Coluna Lombar AP, 20cm x 40cm 80 kV; 2,5 mm Al; DFD = 115 cm	Em pé D / INAK	Em pé Erro %	Supina D / INAK	Supina Erro %	Sup/Em pé Campo 20 x 40
Órgão/Tecido	Gy/Gy		Gy/Gy		
Glândula Adrenal	0,089	1,9	0,079	2,1	0,888
Parede da Bexiga	0,085	1,0	0,129	0,8	1,518
Parede Intestino Grosso	0,220	0,2	0,266	0,2	1,209
Rins	0,090	0,4	0,081	0,5	0,900
Fígado	0,327	0,1	0,300	0,1	0,917
Pâncreas	0,326	0,3	0,388	0,3	1,190
Parede dos Intestino Delgado	0,310	0,2	0,389	0,1	1,255
Baço	0,056	0,8	0,054	0,8	0,964
Parede do Estômago	0,436	0,3	0,444	0,3	1,018
RBM (max.)	0,045	0,6	0,058	0,5	1,289
BSC (max.)	0,061	1,3	0,080	1,2	1,311

Discussão e Conclusões

Utilizar fantasmas na posição em pé ou supina, dependendo do protocolo do exame radiológico, é mais um passo para tornar as simulações das exposições cada vez mais específicas para o paciente. A aplicação das versões em pé e supina dos fantasmas FASH2/MASH2 para exames radiográficos de pélvis e coluna lombar revelou diferenças de até 50% entre as doses absorvidas em órgãos e tecidos para as duas posições. Este é um efeito combinado devido à redução do diâmetro sagital e do deslocamento dos órgãos em relação aos limites dos feixes de raios X.

Exposições na posição supina são freqüentes para pacientes em exames radiográficos, bem como em outras modalidades da radiologia, medicina nuclear e radioterapia. Portanto, é necessário ter dois tipos de fantasmas, em pé e supina, disponíveis para simulações realísticas de procedimentos em medicina. Na rotina da proteção radiológica para exposições ocupacionais a maior parte do trabalho é realizada considerando apenas a dose efetiva, mas na proteção radiológica na medicina o conhecimento

das doses absorvidas em órgãos e tecidos é necessário devido aos níveis de dose encontrados e aos riscos radiológicos resultantes. Neste caso, diferenças de até 50% na dose absorvida para alguns órgãos representam uma margem que não pode ser ignorada.

Em virtude da tendência mundial para o aumento da massa corporal entre as populações humanas, a modelagem com fantasmas mais gordos se tornou uma necessidade e será o foco dos projetos futuros. FASH2 e MASH2 possuem massas com base na ICRP89³, enquanto dados estatísticos mundiais mostram que para o 50th percentil a massa corporal para homens e mulheres adultas são aproximadamente 5-6 kg maiores que as massas de referência da ICRP89. Pode-se esperar que para a postura específica, diferenças entre as doses em órgãos e tecidos e conseqüentemente os riscos radiológicos associados podem aumentar quando o paciente modelado tiver uma massa corporal maior. As diferenças entre os diâmetros sagitais das posições em pé e supina, um parâmetro crucial para as doses absorvidas em órgãos e tecidos, irão certamente aumentar com a massa corporal, por exemplo.

Os fantomas FASH2 e MASH2 modelados em diferentes posturas serão utilizados na próxima atualização do programa CALDose_X⁵, que está disponível, juntamente com os fantomas, na página www.grupodoin.com clicando no link "Caldose".

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Fundação de Amparo à Ciência do Estado de Pernambuco - FACEPE pelo auxílio financeiro.

Referências

1. Cassola V F, Kramer R, Brayner C and Khoury H J Posture-specific phantoms representing female and male adults in Monte Carlo-based simulations for radiological protection *Phys Med Biol* 2010; 55:4399-4430.
2. Cassola V F, de Melo Lima V J, Kramer R and Khoury H J FASH and MASH: Female and Male Adult human phantoms based on polygon meSH surfaces. Part I: Development of the anatomy *Phys Med Biol* 2010;55:133-162.
3. International Commission on Radiation Protection. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values ICRP Publication 89 (Oxford: Pergamon). 2003.
4. Sato K, Noguchi H, Endo A, Emoto Y, Kogs S and Saito K Development of a voxel phantom of Japanese adult male in upright position, *Rad Prot Dos* 2007; 127(1-4):205-208.
5. Kramer R, Khoury H J and Vieira J W 2008 CALDose_X a software tool for the assessment of organ and tissue doses, effective dose and cancer risk in diagnostic radiology *Phys. Med. Biol.* 2008; 53:6437-59.

