



P

ROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES
NA COMUNIDADE DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

Luis Neves (coord.)

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
2018

**REPRESENTAÇÕES DE OSSOS TRABECULARES POR
IMAGENS TC DE SAL GROSSO PARA AVALIAÇÕES
DOSIMÉTRICAS**

**REPRESENTATIONS OF TRABECULAR BONES FOR CT
IMAGES OF ROCK SALT FOR DOSIMETRIC EVALUATIONS**

**K. GONZALEZ - kethyllemkt2@gmail.com (Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Recife)**

J. M. LIMA FILHO - josedemelo@gmail.com (IFPE, Recife)

J. W. VIEIRA - jose.wilson59@uol.com.br (IFPE, Recife)

F.R.A. LIMA - falima@cnen.gov.br (CRCN-NE/CNEN)

C. L. RODRIGUES JUNIOR - claudio.rd.ifpe@gmail.com (IFPE, Recife)

I. C. S. SILVA - islanecristina94@gmail.com (IFPE, Recife)

C. S. MORAIS - carol.smorais@hotmail.com (IFPE, Recife)

J. P. P. L. BARROS - julianaabarrosLucena@gmail.com (IFPE, Recife)

PALAVRAS-CHAVE: radioatividade, dosimetria, sal grosso, ossos trabeculares

RESUMO: De acordo com a International Commission on Radiological Protection (ICRP), Relatório 103, as células hematopoéticas da medula óssea vermelha e as células osteogênicas são os tecidos mais radiosensíveis, existindo a probabilidade de indução de leucemia e/ou câncer ósseo. O

Grupo de Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados (GPDC&SE) de Recife, tem utilizado Modelos Computacionais de Exposição (MCEs), com o fantoma MASH (Male Adult meSH) DEN/UFPE, acoplado ao código Monte Carlo EGSnrc. Para avaliações dosimétricas ósseas são utilizados blocos de imagens μ CT de regiões de ossos trabeculares (OTs) do crânio, pelve, fêmur, vértebra e esterno. A estrutura composta por cristais de sal grosso (SG) disposta numa caixa de acrílico define uma arquitetura que faz lembrar a do tecido trabecular de ossos esponjosos humanos, sendo o objeto para obtenção das pilhas de imagens TC para representação dos ossos trabeculares num MCE. Este trabalho visa identificar a possibilidade da substituição das cinco amostras de ossos reais pelos respectivos blocos SG, com dimensões iguais, em MCEs que se diferenciam apenas na representação de OTs. Para comparações foram considerados os coeficientes de correlação linear das doses absorvidas por atividade acumulada e análises dos coeficientes de variância estimados pelo código MC EGSnrc tendo como alvos os ossos trabeculares, a medula óssea vermelha e também as células das superfícies ósseas nas cinco regiões. Sendo a tireoide o órgão fonte.

KEYWORDS: radioactivity, skeletal dosimetry, coarse salt, trabecular bone.

ABSTRACT: According to the Report 103 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) the hematopoietic cells of the red bone marrow and the osteogenic cells are the most radiosensitive tissues, there is the likelihood of leukemia induction and/or bone cancer. The Grupo de Dosimetria Computacional e Sistemas Embarcados (GPDC&SE) from Recife, has been used Exposute Computational Models (ECM), composed by the MASH phantom (Male Adult MeSH)

from DEN/UFPE coupled to the EGSnrc Monte Carlo code. For skeletal dosimetry evaluations microCT images blocks of regions of trabecular bones (TB) of the skull, pelvis, femur, vertebrae and sternum are used. The structure composed by coarse salt crystals (CS) disposed on an acrylic box defines an architecture which resembles the cancellous trabecular tissue of human bones, being the primary object to obtain CT images stacks for a representation of trabecular bone in an ECM. This work aims to identify the possibility of replacing five samples of real bones by their CS blocks with equal dimensions in MCES that differ only in the representation of TBs. For comparisons, the linear correlation coefficients of the absorbed doses by accumulated activity and the analysis of the coefficients of variance were considered. They were estimated using the EGSnrc monte carlo code with the trabecular bone, the red bone marrow and also the cells of the bone surfaces in the five regions as target organs. The thyroid was the organ source.

1. INTRODUÇÃO

Os tecidos moles do esqueleto na cavidade do osso trabecular são formados pelas células hematopoéticas da medula óssea vermelha (MOV) e pelas células osteogênicas, localizadas nas superfícies endeóstias do osso trabecular (CSOTs).

Segundo a ICRP, relatório 103, a MOV e as CSOTs são os tecidos ósseos mais radiosensíveis. Sabendo que a radiação ionizante tem efeito estocástico e não apresenta limiar de dose, existe a probabilidade de indução de leucemia e/ou câncer ósseo por causa desta radiosensibilidade, tornando-se assim impraticáveis tais experimentos com humanos. Uma das principais dificuldades em avaliar a dose

absorvida nos tecidos radiosensíveis do esqueleto é representar, de modo realístico, a estrutura dos ossos trabeculares.

O GPDC&SE tem utilizado imagens μ CT de amostras de ossos reais (Lima Filho, J. M.) de regiões do crânio, pelve, fêmur, esterno e vértebra, para avaliar a dose absorvida em modelos antropomórficos de adultos. Os MCEs (Vieira, J. W.) desenvolvidos pelo GPDC&SE usam o código MC EGSnrc (Kawrakow et al, 2013) e o fantoma MASH, fantoma adulto masculino em posição ortostática, do DEN/UFPE com as amostras OR.

A estrutura composta por cristais de sal grosso (SG) disposta numa caixa de acrílico define uma arquitetura que faz lembrar a do tecido trabecular de alguns ossos esponjosos humanos.

O objetivo deste trabalho é verificar a validade da substituição das amostras OR por amostras SG em MCEs destinados às avaliações dosimétricas. A validade dos resultados deste trabalho é de grande importância para dosimetria das radiações ionizantes dado que se abre uma possibilidade da utilização do sal grosso para avaliações dosimétricas ósseas.

São apresentados os coeficientes de correlação linear de Pearson das doses absorvidas por atividade acumulada nos alvos (D/AAs), os coeficientes de variância para MOV, CSOT e OT das cinco regiões representadas pelos blocos OR e SG.

2. MÉTODOS

Foram utilizados computadores com processador Intel® Core™ i7, memória RAM de 24,0 GB, sistema operacional Windows 7 Ultimate 64 bits Service Pack 1 do Laboratório de Dosimetria Numérica do IFPE, os cinco blocos OR, uma caixa de acrílico com sal grosso com comprimento e largura de 4,5 cm e altura de 5 cm contendo 100 g de sal grosso, objeto para obtenção das pilhas de imagens que

resultaram na formação dos cinco blocos SG. Essas pilhas foram obtidas com Tomógrafo multislice.

Com o auxílio do software DIP (Vieira and Lima, 2007) identificou-se regiões de interesse com percentuais próximos aos percentuais ósseos dos ossos trabeculares em estudo e posteriormente foram cortados cinco blocos com as mesmas dimensões dos blocos OR. Foi aplicado o filtro da Mediana para retirada de ruídos nas imagens dos cinco blocos cortados. Em seguida, transformou-se o bloco em binário, ou seja, todos os tons de cinza com tendência a radioluciente (preto) na imagem foram trocados para $id = 0$ e os tons de cinza com tendência a radiopaco (branco) foram trocados para $id = 255$, tornando o volume constituído por voxels com somente dois ids.

O software MonteCarlo foi utilizado para obter as micromatrizes dos blocos OR e SG. Foram compostos os MCEs MSTA_OR e MSTA_SG que se diferenciam apenas pela representação dos ossos trabeculares nas cinco regiões. Para avaliações dosimétricas foram processadas 5×10^7 histórias com o Código Monte Carlo EGSnrc. Para análises dosimétricas considerou-se uma fonte interna emissora de fótons com 15 energias variando de 10 keV a 4.000 keV situada na tireoide, tendo como alvos a MOV, as CSOTs e OT das cinco regiões.

Para análise estatística das D/AAs nos dois MCEs na MOV, CSOT e OT dos cinco ossos estudados, foi adotado o coeficiente de correlação linear de Pearson, denotado por ρ , que mede a intensidade da associação entre duas variáveis. Os valores de ρ variam de -1 a $+1$ e quanto mais próximo de 1 indica forte correlação positiva. Para complementar a análise são considerados os coeficientes de variância que medem a dispersão das D/AAs.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores de ρ que indicam haver praticamente uma identidade entre as respectivas D/AAs nas MOVs, nas CSOTs e nos OTs dos cinco ossos OR e SG.

Tabela 1. coeficientes de correlação linear das D/AAs nas regiões ósseas.

	Crânio	Pelve	Fêmur	Espinha	Esterno
MOV	0,99998	0,99998	0,99853	0,99999	0,99998
CSOT	0,99998	0,99994	0,99925	0,99995	0,99997
OT	0,99998	0,99999	0,99911	0,99997	0,99984

Os coeficientes de variância das D/AAs para o esterno apresentaram valores de 100% nas energias de 10 e 15 keV, o que significa que não chegou radiação gama neste alvo. Para o crânio, este comportamento ocorreu nas energias inferiores a 30 keV. Para a lombar, pelve e fêmur, ossos mais distantes da tireóide, os coeficientes de variância apresentaram valores maiores que 23% nas energias menores que 60 keV.

4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados revelam que para uma fonte gama na tireóide as doses absorvidas por atividade acumulada nos blocos OR e SG das regiões do crânio, pelve, fêmur, espinha e esterno ficaram idênticas na SG, na MOV, nas CSOTs e no TOT das referidas regiões considerando a energia entre 10 keV e 4000 keV. O objetivo deste trabalho foi atingido uma vez que foi identificada a possibilidade da substituição das amostras OR por amostras SG em MCEs para avaliações dosimétricas com fótons em condições idênticas as deste trabalho. Desta forma abriu-se

uma possibilidade para utilização de material sintético na pesquisa associada à dosimetria óssea.

Agradecimentos

Agradeço a Deus e a todos que fizeram parte deste trabalho, em especial ao Prof. Dr. José de Melo pela confiança, pelas orientações seguras e pela paciência. Ao GPDC&SE e ao IFPE pela infraestrutura ofertada, viabilizando o desenvolvimento do projeto.

Referências

- ICRP (2006). International commission on radiological protection. ICRP report 103. Pergamon Press, Oxford.
- Kawrakow, I., Mainegra-Hing, E., Rogers, D. W. O., Tessier, F., Walters, B. R. B. (2013). The EGSnrc code system: Monte Carlo simulation of electron and photon transport. NRCC Report PIRS-701, National Research Council of Canada, Ottawa, Canada.
- Lima Filho, J. M. (2014) Construção da Esponjosa de Modelos Antropomórficos Baseada em Técnicas Monte Carlo, Tese Doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil.
- Vieira, J. W. (2004). Construção de um modelo computacional de exposição para cálculos dosimétricos utilizando o código Monte Carlo EGS4 e fantasmas de voxels. Tese de Doutorado, UFPE-DEN, Recife, Brasil
- Vieira, J. W., & Lima, F. R. A. (2009). A software to digital image processing to be used in the voxel phantom development. *Cellular and Molecular Biology*, 55(3), 16-22.
- Vieira, J. W., Leal Neto, V., Lima Filho, J. M., & Lima, F. R. A. (2012a). Transformation of the normal distribution for Monte Carlo modeling of regions of adult trabecular bones for use in computational models of exposure. In 13th International Congress of International Radiation Protection Association, Glasgow, Scotland (pp. 13-18).
- Vieira, J. W., Leal Neto, V., Lima Filho, J. M., Lima, L. F., & Lima, F. R. A. (2012b) Modelagem Monte Carlo de Regiões dos Ossos Trabeculares de Adultos para Uso em Modelos Computacionais de Exposição. In Terceiro Congresso de Proteção Contra Radiações dos Países e Comunidades de Língua Portuguesa (Vol. 20).