

Estudo preliminar da distribuição de dose em pacientes com doença de Graves submetidos a exame de captação de iodo-131 utilizando simulação Monte Carlo

Preliminary study of the distribution of dose in patients with Graves' disease undergoing examination of uptake of iodine-131 using Monte Carlo simulation

Marcelo Schwarcke¹, Tatiana Marques¹, Clarissa Bornemann², Patrícia Nicolucci¹, Oswaldo Baffa¹

¹Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto (SP) Brasil.

²Serviço de Medicina Nuclear de Santa Maria do Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo – Santa Maria (RS), Brasil.

Resumo

Pacientes com doença de Graves sofrem de um grande distúrbio hormonal, ocasionando a alteração de seu comportamento na sociedade. Uma das formas de tratar essa doença é a utilização de doses elevadas de iodo-131, sendo necessário que o paciente realize o exame de captação de ¹³¹I para realização do cálculo da atividade a ser administrada. Utilizando esses dados da captação e comparando com os dados simulados por meio do código Monte Carlo PENELOPE é possível determinar uma distribuição de dose para a região vizinha à tireoide. Como observado, a diferença entre os valores simulados e os adquiridos experimentalmente foram de 10,36%, caracterizando assim o código de simulação como acurado para a determinação da dose absorvida nos tecidos próximos à tireoide.

Palavras-chave: Medicina Nuclear, método de Monte Carlo, Simulação Computacional.

Abstract

Patients with Graves' disease have a high hormonal disorder, which causes behavioral changes. One way to treat this disease is the use of high doses of iodine-131, requiring that the patient carries out the examination of ¹³¹I uptake to estimate the activity to be administered. Using these data capture and compared with the simulated data using the Monte Carlo code PENELOPE is possible to determine a distribution of dose to the region surrounding the thyroid. As noted the difference between the simulated values and the experimentally obtained were 10.36%, thus showing the code of simulation for accurate determination of absorbed dose in tissue near the thyroid.

Keywords: Nuclear Medicine; Monte Carlo method; computer simulation.

Introdução

Doença de Graves, ou hipertireoidismo, é uma doença patológica caracterizada por grande alteração hormonal. Historicamente, a terapia com iodo-131 é uma maneira de tratar casos extremos da doença¹⁻². O avanço das pesquisas na dosimetria em Medicina Nuclear vem assegurando o uso dessa modalidade de terapia, resultando em um aumento considerável na utilização do isótopo 131 do Iodo em tratamentos precoces de hipertireoidismo.

Um crescente número de mulheres em idade fértil tem se submetido a esse tipo evasivo de tratamento no Brasil e na América do Sul, como reportado na literatura³. Considerando esses índices, metodologias dosimétricas acuradas capazes de mapear as distribuições de dose em tratamentos de tireoide tornam-se altamente necessárias para a garantia da eficiência dessa modalidade de terapia.

Um programa de radioproteção combinado a um controle de qualidade do tratamento em Iodoterapia deve

Correspondência: Marcelo Schwarcke – Departamento de Física e Matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – Avenida dos Bandeirantes, 3900 – Monte Alegre – CEP 14040-901 – Ribeirão Preto (SP), Brasil – E-mail: mschwarcke@usp.br

aliar cálculos precisos da atividade administrada, conduta restritiva dos profissionais envolvidos e instrução aos pacientes com o mapeamento preciso das distribuições de dose tanto no ambiente de tratamento, como na sala de manipulação contribuindo para a determinação das distribuições de dose *in vivo*⁴.

A complexidade da dosimetria em Medicina Nuclear reside, principalmente, na administração intravenosa de fontes não seladas e na excreção biológica desse material. O acúmulo de material radioativo em regiões de interesse contribui inevitavelmente para doses em tecido adjacentes vizinhos. Especialmente na região do pescoço, a disposição complexa de estruturas moles e vascularizadas contribui para o aumento da dificuldade desta modalidade de dosimetria.

A simulação Monte Carlo aplicada à Medicina Nuclear se apresenta como ferramenta fundamental para a estimativa das distribuições de dose dentro das regiões biológicas de interesse clínico⁵⁻⁷. Com facilidade, é possível considerar o fluxo de material radioativo, quantificando-se, assim, doses de trânsito e de acúmulo.

Neste trabalho, é apresentado um estudo preliminar da distribuição de dose na região da tireóide baseado em medidas experimentais obtidas através de contagem externa e simulação Monte Carlo utilizando o código PENELOPE⁸.

Material e métodos

Para a realização deste trabalho utilizamos medidas *in vivo* e simulação Monte Carlo.

Medidas *in vivo*

As medidas *in vivo* foram realizadas no Serviço de Medicina Nuclear de Santa Maria, no período de março a agosto de 2009.

A Figura 1 apresenta o cintilômetro utilizado no estudo da distribuição de dose absorvida em pacientes submetidos a tratamento com iodo-131. As medidas em pacientes foram realizadas durante o procedimento de captação e posterior cálculo da dose administrada.

Simulação Monte Carlo

As simulações foram realizadas com o código de simulação Monte Carlo PENELOPE. Para a representação das regiões de interesse, foi utilizado o código de simulação de geometrias quadráticas PENGEOM. A Figura 2 apresenta cortes da representação virtual do volume estudado.

Para o estudo simulado foram reproduzidas as mesmas condições experimentais, considerando as seções de choque dos principais tecidos presentes nas principais estruturas do pescoço e adjacências.

As simulações foram calibradas correlacionando-se a fluência primária simulada com a atividade do material dentro da tireóide no momento do exame.



Figura 1. Cintilômetro do Serviço de Medicina Nuclear de Santa Maria

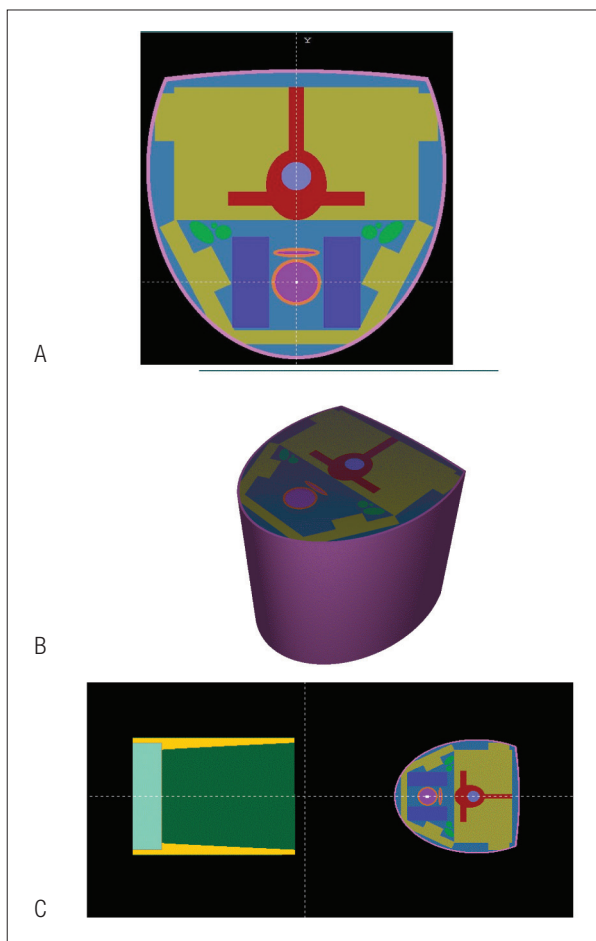


Figura 2. Geometria utilizada no PENELOPE: (a e b) Visões do pescoço e suas estruturas; (c) Posicionamento do cintilômetro em relação ao pescoço na simulação.

Resultados

Foram analisados 53 pacientes submetidos ao exame de captação de iodo-131, sendo administrada uma atividade de média de 15,17MBq. O cintilômetro detectou um valor médio de 1.416.040 contagens, correspondendo a 9,33% do que foi administrado.

A situação experimental foi reproduzida computacionalmente, sendo adotado o mesmo valor da atividade para o número de partículas simuladas. Por meio da simulação, foi obtida uma distribuição de dose ao redor da tireóide que pode ser visualizada na Figura 3.

O valor de fótons coletados pelo cristal de iodeto de sódio, simulado fora de 1.918.110 fótons que interagiram com o cristal, resultando em 10,36% do número total de fótons simulados. Resultando em uma diferença próxima a 10% entre os valores de captação do cintilador com os mesmos dados simulados pelo código PENELOPE.

Foram obtidas ainda as distribuições de dose separadamente para fótons e elétrons como mostra a Figura 4.

Discussão

A diferença encontrada entre os valores de captação experimentais e os simulados pode ser atribuída a não completa reprodução das características biológicas do pescoço humano na simulação realizada, uma vez que o pescoço humano apresenta uma grande gama de tecidos que os compõem. Da mesma forma que a tireóide possui uma distribuição no pescoço de forma oblíqua e não reta com fora simulado.

Entretanto, o grau de coerência entre estes resultados pode ser considerado ainda elevado, quando comparado com outras medidas experimentais presentes na literatura, evidenciando que a extrapolação das distribuições de dose em regiões internas do corpo humano por simulação Monte Carlo sejam adequadas.

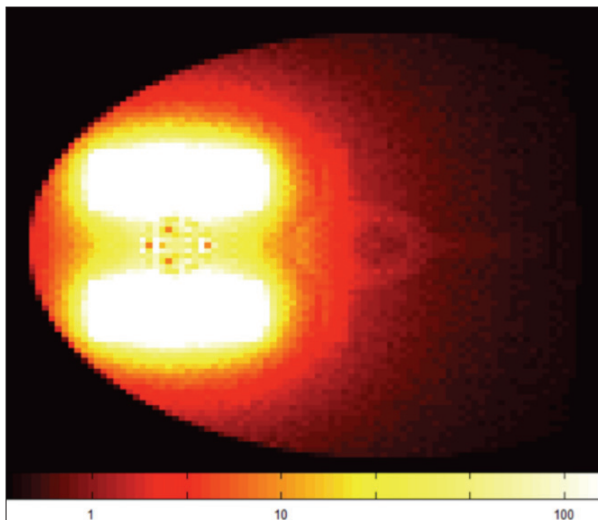


Figura 3. Distribuição simulada ao redor da tireóide. A legenda da figura representa a porcentagem de dose absorvida.

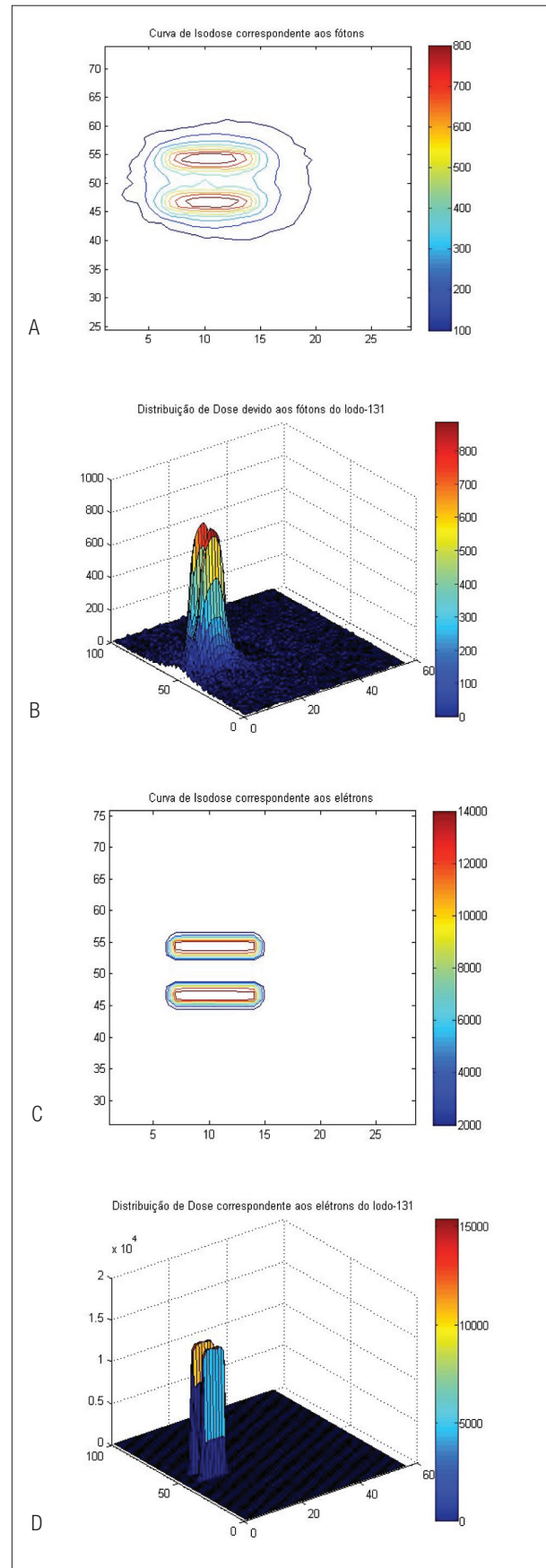


Figura 4. Contribuições em doses separadas para fótons (a e b) e elétrons (c e d).

Conclusões

O código de simulação Monte Carlo PENELOPE demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a determinação da distribuição de dose próxima à tireoide e em situações de dosimetria externa.

Agradecimentos

Ao Centro de Instrumentação, Dosimetria e Radioproteção da Universidade de São Paulo (CIDRA-USP), pelo apoio técnico; e ao Serviço de Medicina Nuclear de Santa Maria, pelos dados experimentais; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Referências

1. Wilderman SJ, Gunnett RB, Kearfott KJ, Dewaraja YK. Fast CT/SPECT derived 3D Monte Carlo dose computations for 131I internal emitter therapy, IEEE; 2004.
2. Sgouros G, Kolbert KS, Sheikh A, Pentlow KS, Mun EF, et al. Patient-Specific Dosimetry for 131I Thyroid Cancer Therapy Using 124I PET and 3-Dimensional-Internal Dosimetry (3D-ID) Software, *Journal of Nuclear Medicine* 2004;45:1366-1372.
3. Siegel JA, Thomas SR, Stubbs JB, Stabin MG, Hays MT, Koral KF, et al. MIRD pamphlet No. 16: Techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates. *J Nucl Med.* 1999;40(2):37S-61S.
4. Schwarcke M, Marques T, Nicolucci P, Cardoso D, Ferreira N. Evaluation of dose rate of occupational exposure in Nuclear Medicine Service. *Medical Physics.* 2009;36(6):2452-3.
5. Smith T, Petoussi-Hens N, Zanki M. Comparison of internal radiation doses estimated by MIRD and voxel techniques for a "family" of phantoms". *Eur J Nucl Med.* 2000;27:1387-98.
6. Yoriyaz H, Stabin MG, dos Santos A. Monte Carlo MCNP-4B-Based absorbed dose distribution estimates for patient-specific dosimetry. *J Nucl Med.* 2001;42(4):662-9.
7. Sgouros G, Kolbert KS, Sheikh A, Pentlow KS, Mun EF, Barth A, et al. Patient-specific dosimetry for 131I thyroid cancer therapy using 124I PET and 3-dimensional-internal dosimetry (3D-ID) software. *J Nucl Med.* 2004;45(8):1366-72.
8. Salvat F, Fernández-Varea JM, Sempau J. PENELOPE, a code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. *Facultat de Física (ECM). Universitat de Barcelona, Spain; 2006.*