



Construção de um fantoma físico para simulação de exames de cintilografia da tireoide

COUTO, I. T.V.¹, LOPES FILHO, F. J.², OLIVEIRA, A. C. H.³, VIEIRA, J. W.⁴.

¹Graduanda em Tecnologia em Radiologia. Bolsista do CNPq. e-mail: iristairini@hotmail.com

²Doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares. e-mail: ferdinand.lopez@oi.com.br

³Doutorando em Tecnologias Energéticas Nucleares. e-mail: oliveira_ach@yahoo.com

⁴Doutorado em Tecnologias Energéticas Nucleares: e-mail: jose.wilson59@uol.com.br

Resumo: Para obter estimativas da dose efetiva dos marcadores radioativos utilizados na Medicina Nuclear e estimar a dose absorvida nos órgãos e tecidos no corpo humano, é necessário um Modelo Físico de Exposição (MFE) que requer um fantoma físico a ser irradiado por uma fonte radioativa e detectores distribuídos pelo volume de interesse. Por isso, o Fantoma Físico da Região Cervical (FACE) foi desenvolvido para avaliação dosimétrica dessa região.

Palavras-chave: cintilografia, fantoma físico, medicina nuclear, tireoide.

Introdução

Os Modelos Computacionais de Exposição (MCEs) são utilitários que simulam situações em que ocorra irradiação em um dado meio. São compostos, fundamentalmente, por um modelo antropomórfico para simular a geometria irradiada (usualmente referenciado como fantoma, neologismo da palavra inglesa *phantom*), algoritmos para simular a fonte radioativa usada e um código Monte Carlo para simular o transporte e a interação da radiação com a matéria, bem como avaliar a energia depositada. De modo similar, a configuração dos Modelos Físicos de Exposição (MFEs) requer um fantoma físico a ser irradiado por uma fonte radioativa e detectores distribuídos pelo volume de interesse.

Medicina Nuclear é uma especialidade médica para fins terapêutico e diagnóstico, onde é administrado um material radioativo ao paciente para formação das imagens de órgãos ou do corpo do paciente. Estes estudos são feitos com marcadores radioativos (radionuclídeos) ou associado a um fármaco denominado radiofármaco [LOPES FILHO, 2007].

Para análise da tireoide utiliza-se o iodeto de sódio-131I ou pertecnetato de sódio-99mTc. A glândula capta o iodo e é incorporado ao hormônio tireoidiano (organificação) e é subsequente ligado a tireoglobulina. Com esses radiotraçadores obtém-se ótima visualização da tireoide, a menos que a captação ou a função esteja prejudicada.

Portanto, para obter estimativas da dose efetiva, devido a incorporações de radionuclídeos (ou radiofármacos) para efeitos diagnósticos e/ou terapêuticos, é preciso estimar a dose absorvida nos órgãos e tecidos no corpo humano. Como as doses absorvidas em tecidos e órgãos não podem ser medidas diretamente, *in vivo*, e as medidas diretas com detectores de radiação são praticamente restritas a localizações na superfície do corpo [BUSHBERG et al., 2002], portanto, é necessário a obtenção de um modelo físico para uma estimativa dosimétrica.

O Fantoma Físico da Região Cervical (FACE) foi construído a partir de materiais substitutos do tecido humano e com base em informações anatômicas sobre a região cervical de adultos para simular exames de Medicina Nuclear, bem como desenvolvimento de fantasmas computacionais através de imagens tomográficas e/ou cintilográficas, servindo de base para avaliações dosimétricas, usando MCEs já desenvolvidos.

Material e Métodos

Os materiais utilizados para a realização do nosso objetivo foram: livros para estudos de anatomia e fisiologia da tireoide; computador com acesso à internet, antivírus e outros softwares de desenvolvimento; artigos específicos sobre fantasmas físicos e/ou computacionais, bem como sobre cintilografia da tireoide do Laboratório de Dosimetria Numérica do IFPE.

Com bases na natureza das informações obtidas nos estudos realizados a metodologia utilizada seguiu as seguintes etapas: Estudos anatômicos e fisiológicos das glândulas tireoidianas; estudos dos possíveis materiais



substitutos da região cervical humana levando em consideração sua análise química; e desenvolvimento do FACE. Essa metodologia será mais detalhada a seguir.

O FACE foi construído com base dos estudos anatômicos e fisiológicos realizados em livros, e ainda, essas informações foram obtidas em relatórios da *International Commission on Radiological Protection* (ICRP 110, 2009). Ainda para a caracterização do fantoma foi levado em consideração densidade, volume, massa e composição química da região cervical. Os materiais usados nesse fantoma (substitutos do tecido humano) terão como base os apresentados na *International Commission on Radiation Units and Measurements 44* [ICRU 44, 1889] e ICRU 48 [1992] que listam diversos materiais substitutos do tecido mole, osso, tecido pulmonar e ar que poderão ser usados para a montagem do fantoma, assim como materiais regionais.

A Tabela 1 mostra uma lista de materiais que podem ser usados como substitutos dos tecidos humanos (ICRU 44, 1989).

Tabela 1: Amostras de materiais substitutos dos tecidos humanos (ICRU 44, 1989).

Materiais Substitutos	Descrição
A150 (músculo)	Mistura de polietileno e nylon, com traços de carbono e fluoreto de cálcio.
Acrílico (músculo)	(C ₅ H ₈ O ₂) _n , Polimetilmetacrilato (PMMA), Lucite, Plexiglas, Perspex
Alderson lung	Sistema de resina epóxi com microesferas de compostos fenólicos e trióxido de antimônio
Alderson muscle	Borracha isocianato com microesferas de compostos fenólicos e trióxido de antimônio
AP6 (tecido adiposo)	Epóxi CB4 com traços de P.T.F.E., polietileno e microesferas de fenólicos
AP/L2 (tecido adiposo)	Solução aquosa contendo uréia, propanol e ácido fosfórico
AP/SF1 (tecido adiposo)	Epóxi CB3 com traços de glicose, polietileno e microesferas de fenólicos
BR12 (seios)	Epóxi CB4 com traços de polietileno, microesferas de fenólicos e carbonato de cálcio
Etoxi-etanol (tecido adiposo)	C ₄ H ₁₀ O ₁₂ , etileno glicol éter monoetílico
Frigerio gel (músculo)	Gel à base de água contendo formiato de amônio, etilenoglicol, agar e carbonato de sódio
Frigerio liquid (músculo)	Solução aquosa contendo uréia, etilenoglicol e glicerol
Goodman liquid (músculo)	Solução aquosa contendo uréia e glicerol
Griffith breast	Poliuretano com traços de carbonato de cálcio
Griffith lung	Espuma de poliuretano com traços de carbonato de cálcio
LN10/75 (pulmão)	Espuma de Epóxi CB4 com traços de polietileno, microesferas de fenólicos e carbonato de cálcio
M3 (água)	Material à base de parafina com traços de óxido de magnésio e carbonato de cálcio
Mix D (água)	Parafina/polietileno com traços de óxido de magnésio e dióxido de titânio
Mylar/Melinex	(C ₁₀ H ₈ O ₄) _n , tereftalato de polietileno, Dacron
Nylon-6 (músculo)	(C ₆ H ₁₁ NO) _n , poliamida, nylon 6/6
Gesso de Paris (osso)	CaSO ₄ .2H ₂ O; gesso natural

Poliestireno (músculo)	$(C_8H_8)_n$
P.T.F.E (osso)	$(C_2F_4)_n$; politetrafluoretileno; TFTE; Teflon; Halon
P.V.C (osso)	$(C_2H_3Cl)_n$; policloreto de vinilo
RM-1 (músculo)	Polietileno com traços de carbonato de cálcio óxido de magnésio
RM/G1 (medula vermelha)	Gel à base de água contendo gelatina e glicose
RM/L3 (medula vermelha)	Solução aquosa contendo uréia e glicerol
RM/SR4 (medula vermelha)	Epóxi CB4 com traços de nitrato de amônio, polietileno e microesféras de fenólicos
Rossi gel (músculo)	Gel à base de água contendo gelatina, sacarose e glicerol
Rossi liquid (músculo)	Solução aquosa contendo glicerol, uréia e sacarose
RW-2 (músculo)	Poliestireno com traços de dióxido de titânio
SB5 (osso)	Epóxi CB4 com traços de carbonato de cálcio
SK2 (pele)	TPX ou polietileno com traços de carbonato de magnésio
TH/L2 (tireóide)	Solução aquosa contendo uréia, etilenoglicol e ácido acético

Resultados e Discussão

Como citado anteriormente o FACE foi construído com medidas realísticas da região cervical do corpo humano e composto de materiais que simule a região. Portanto, para a montagem do fantoma foi utilizado:

1. Um cilindro de acrílico representando um pescoço humano adulto composto por tecido mole, sendo preenchido com água;
2. Um tubo cilíndrico de P.V.C representando a coluna cervical;
3. Um cilindro de acrílico, simulando o esôfago;
4. Uma cavidade de ar cilíndrica de acrílico para simular o duto respiratório que atravessa o pescoço, a traqueia;
5. Dois volumes de tecido mole, justapostos de modo similar à glândula tireoidiana, com cavidades para inserção do material radioativo de poliestireno.

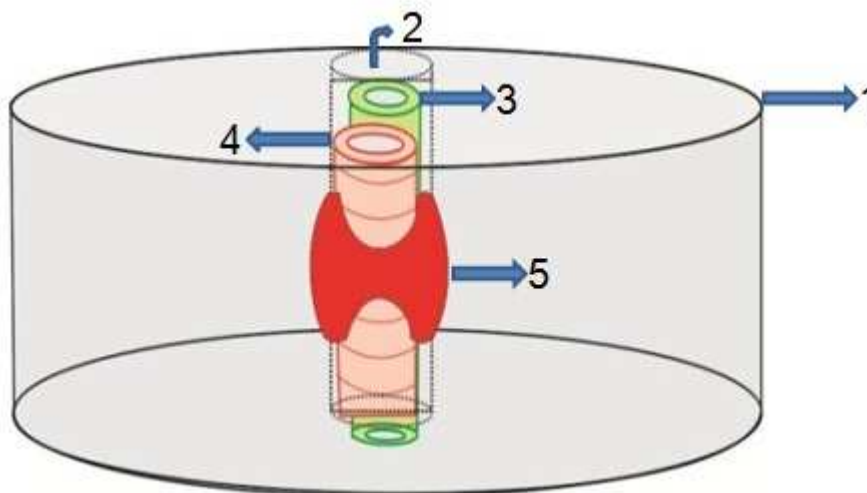


Figura 1 - Desenho esquemático do Fantoma Físico da região cervical (FACE)

O FACE foi construído com as seguintes medidas:



1. Pescoço humano adulto feminino - Diâmetro: 12,6 cm; Altura: 13 cm.
2. Coluna cervical - Diâmetro maior: 3 cm; Diâmetro menor: 2 cm; Comprimento: 12 cm.
3. Esôfago - Comprimento: 12 cm; Diâmetro: 2 cm.
4. Traquéia - Comprimento: 12 cm; Diâmetro: 2,5 cm.
5. Tireoide: Cada lobo medindo 5 cm de comprimento e cerca de 2 a 3 cm na sua maior extensão transversa ântero - posterior. O istmo que une as partes inferiores dos lóbulos, medindo 1,25 cm transversal.

Conclusões

O fantoma físico da região cervical do corpo humano foi desenvolvido obedecendo a métrica apropriada e a baixo custo devido ao uso de materiais regionais facilmente disponível no mercado local. O FACE pode ser usado para simulação de exames de diagnóstico e terapêutico em serviços de medicina nuclear, validando o método empregado para sua confecção. O objeto desenvolvido é uma ferramenta de grande utilidade para o ambiente hospitalar, pois poderá ser utilizado para a otimização de protocolos de exames cintilográficos na glândula tireoidiana, e, ainda, como material para futuras pesquisas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE pelo espaço para pesquisas e ao CNPq, pelo apoio financeiro dado ao projeto e ao Grupo de Dosimetria Numérica & Sistemas Embarcados – GDN&SE pelo apoio nas pesquisas e realização do projeto.

Literatura citada

BUSHBERG J. T., SEIBERT J. A., LEIDHOLDT E. M. JR. and BOONE J. M., **The Essential Physics Medical Imaging**, 2nd ed., Lippincott Williams & Wilkins, USA, 2002.

ICRP 110, **Adult Reference Computational Phantoms**, International Commission on Radiological Protection, Elsevier Ltd, 2009.

ICRU 44, **Tissue substitutes in Radiation dosimetry and Measurement**. International Commission on Radiation Units and Measurements, 1989.

ICRU 48, **Phantoms and Computational Models in Therapy. Diagnosis and Protection**. International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1992.

LOPES FILHO, F. J., **Avaliações Dosimétricas em Pacientes Submetidos à Radioiodoterapia com Base em Fantomas de Voxels e em Imagens de Medicina Nuclear**, Tese de Doutorado, DEN-UFPE, Recife-PE, Brasil, 2007.



19 a 21 de outubro - Ciência, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional