

Estudo da atenuação do feixe de 6MV em tratamentos radioterápicos de mama pós-mastectomia devido à heterogeneidade metálica de expansores de tecido

Attenuation study of 6MV beam in post-mastectomy breast radiotherapy due to metallic heterogeneity of tissue expanders

Débora M. Trombetta¹, Simone C. Cardoso², Alessandro Facure³, Luiz A. R. da Rosa⁴, Ademir X. da Silva¹

¹ Programa de Engenharia Nuclear (PEN) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

² Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da UFRJ – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

³ Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

⁴ Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Resumo

Neste trabalho foi estudada a alteração da atenuação do feixe de 6MV utilizado em tratamentos radioterápicos devido à heterogeneidade metálica presente em alguns tipos de expansores de tecido, usados no processo de reconstrução mamária. O estudo foi realizado através da quantificação da transmissão relativa por simulações computacionais utilizando o Método de Monte Carlo, através do código MCNPX. Os resultados mostram que a presença da heterogeneidade metálica altera a transmissão do feixe, causando uma redução de até 20% na região da sombra geométrica. De acordo com os protocolos de dosimetria, o limite na redução da dose deve ser menor que 5%. A diferença encontrada no estudo demonstrou que pode ser relevante considerar a presença da heterogeneidade no campo de irradiação no planejamento do tratamento.

Palavras-chave: radioterapia; mastectomia; mamoplastia; simulação por computador.

Abstract

In this work, the effects produced in attenuation of 6MV radiotherapeutic beam as consequence of metallic heterogeneities present in some types of tissue expanders, used in the process of mammary reconstruction, were studied. The study was developed through the quantification relative transmission making use of computer simulations with Monte Carlo method, using the code MCNPX. The results showed that the presence of this metallic heterogeneity alters the transmission of the beam, causing a reduction up to 20% in the geometric shadowed region. According to dosimetry protocols, the reduction in the dose should be lower of 5%. Therefore the difference found in the study could be relevant to consider the presence of heterogeneity in the irradiation field for the treatment planning.

Keywords: radiotherapy; mastectomy; mammoplasty; computer simulation.

Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), esperase 49.400 casos novos de câncer de mama em 2008, com um risco estimado de 51 casos a cada 100 mil mulheres¹. O tratamento do câncer de mama envolve diferentes tipos de cirurgias e terapias que possuem indicações dependentes

do estadiamento clínico e histológico da doença. A técnica cirúrgica conservadora de mama para câncer em estágio inicial tem sido priorizada pelos médicos, mas um grande número de pacientes ainda é submetida à mastectomia.

A maioria das mulheres que é submetida à mastectomia realiza em seguida uma cirurgia de reconstrução mamária. No caso de implantes mamários, quando a

Correspondência: Débora Montano Trombetta – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) – Engenharia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Avenida Horácio Macedo, 2030, Bloco G – Sala 206 – Centro de Tecnologia da Cidade Universitária – Ilha do Fundão – CEP 21941-914 – Rio de Janeiro (RJ), Brasil – E-mail: dtrombetta@con.ufrj.br.

quantidade de pele da paciente não é suficiente para o posicionamento da prótese de silicone definitiva, utiliza-se previamente um expansor temporário de tecido, que é colocado na mama da paciente durante o procedimento cirúrgico de mastectomia, a fim de insuflar a pele e prepará-la para receber a prótese definitiva. A reconstrução da mama com expansor temporário de tecido utiliza uma bolsa de silicone com uma porta metálica de titânio na superfície, por meio da qual a bolsa é inflada com soro fisiológico periodicamente, permitindo a distensão da pele e do músculo peitoral, criando um espaço que permite a substituição posterior por um implante permanente de silicone. A segunda etapa, com a inclusão do implante definitivo, é realizada após três a seis meses.

Um número crescente de estudos tem demonstrado que a radioterapia pós-mastectomia possui benefícios associados à sobrevida da paciente²⁻⁴. O planejamento do tratamento radioterápico considera a mama composta de tecido mole. No entanto, pacientes que utilizam expansor de tecido possuem material de elevado número atômico (titânio) dentro da área irradiada, constituindo uma heterogeneidade que pode alterar a distribuição de dose calculada para o tratamento. Alguns trabalhos já realizaram medidas de dose na vizinhança da heterogeneidade em questão utilizando diferentes tipos de detectores e arranjos



Figura 1. Uma ilustração do expansor de tecido descrito. Em destaque o artefato metálico.

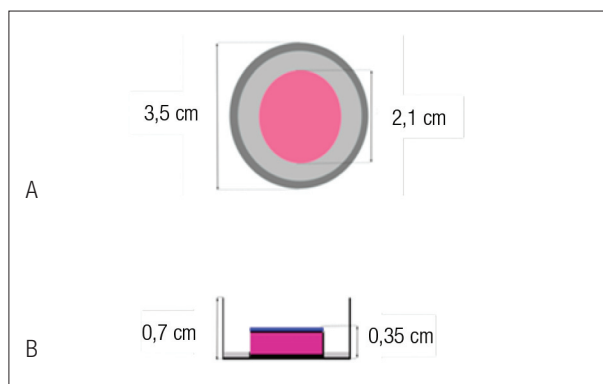


Figura 2. Modelo simulado do artefato metálico. Em rosa representado o SmCo_5 e em cinza o Ti. a) Visão frontal; b) Visão lateral do artefato metálico.

experimentais⁵⁻⁹. Ao observar a literatura relacionada com o presente trabalho, verificamos que todas as avaliações de dose e atenuação do feixe foram experimentais, utilizando-se diferentes detectores e apresentando resultados discordantes entre si.

O objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos físicos da presença da heterogeneidade metálica dos expansores de tecido na distribuição de dose através da quantificação da atenuação do feixe e da avaliação do percentual de dose em profundidade (PDP) e do perfil de dose na vizinhança da heterogeneidade utilizando o método de Monte Carlo.

Material e métodos

MCNPX

Para a avaliação dos efeitos da presença da heterogeneidade metálica em tratamentos radioterápicos de mama foram realizadas simulações utilizando o código MCNPX¹⁰. O MCNP, baseado no método de Monte Carlo para o transporte de radiação, envolvendo nêutrons, fótons e elétrons, tem a capacidade de tratar geometrias complexas em três dimensões e uma grande variedade de opções de dados de entrada. A versão X do código de transporte de radiação MCNP¹⁰, desenvolvido em Los Alamos National Laboratory (Estados Unidos), é atualmente um dos códigos computacionais mais utilizados mundialmente.

Modelagem

Para a simulação da mama, foi utilizado um prisma de base retangular com dimensões de 30 cm x 30 cm x 15 cm. Foi utilizada uma geometria regular para permitir a análise somente dos efeitos causados pela presença da heterogeneidade, sem a interferência da geometria. Como a mama é inteiramente composta por tecido mole, em primeira aproximação, podemos simulá-la como sendo constituída por água, e esse resultado serve de base para o que ocorre nos casos reais.

O artefato metálico presente nos expansores de tecido (Figura 1), e simulado no presente trabalho com o código MCNP, é formado de uma peça, semelhante a um disco, de samário-cobalto (SmCo_5) encapsulado em titânio (Ti), possuindo no total 3,5cm de diâmetro e 0,35 cm de espessura como mostrado na Figura 2.

Para simular a irradiação da mama, o espectro de fótons gerado por um acelerador linear de elétrons foi aproximado por uma fonte pontual divergente de fótons de 6MV, com espectro descrito por Daryoush e Rogers¹¹. A fonte foi posicionada a uma distância de 100 cm da superfície do simulador, gerando um campo de tamanho 10 cm x 10 cm na superfície do mesmo.

Validação dos dados de entrada e da geometria da heterogeneidade

Para a validação dos dados de entrada do MCNP e da geometria da heterogeneidade utilizada no trabalho foram

realizadas simulações utilizando a configuração do trabalho de Beryl e colaboradores⁹. Os resultados obtidos pela simulação foram então, comparados com os resultados experimentais a fim de se verificar o grau de concordância entre os dois e assim validar os dados de entrada do código e a geometria da heterogeneidade.

Para reproduzir o experimento⁹, foram simuladas as mesmas condições de irradiação utilizadas na referência: distância fonte-superfície de 100 cm, campo de irradiação de 10 cm x 10 cm, feixe de fótons de 6MV, e a heterogeneidade, localizada a 0,5 cm de profundidade, em duas posições; paralela e perpendicular a incidência do feixe (Figura 3). Esferas de água de 0,35 cm de raio foram posicionadas em dois planos transversais a incidência do feixe, em duas profundidades em relação α heterogeneidade: 2,2 e 5,2 cm. A energia depositada dentro dessas esferas foi integrada. Como, em geral, os tratamentos de mama são realizados com campos anteriores e tangenciais, foram consideradas duas situações extremas do posicionamento do artefato em relação α incidência do feixe: paralela e perpendicular.

Como resultados foram obtidos valores da transmissão do feixe na presença e ausência (só água) da heterogeneidade. Para a avaliação foi calculada a transmissão relativa (TR) do feixe, pela seguinte fórmula:

$$TR = \frac{T_{\text{heterogeneida}}}{T_{\text{água}}} \quad (1)$$

Resultados

A Figura 4 mostra os resultados obtidos para as curvas de transmissão relativa obtidas pela simulação. Cada gráfico representa uma posição da heterogeneidade em relação à direção de incidência do feixe: perpendicular e paralela, respectivamente. As linhas, que cortam o gráfico representam a sombra geométrica do disco.

Os gráficos mostram curvas coincidentes para as duas profundidades, o que era esperado já que as duas apresentam uma diferença de apenas 3,0 cm de água, que não é suficiente para alterar o padrão de atenuação do feixe de 6MV significativamente. Também é visível a queda da transmissão relativa no eixo central do gráfico, à sombra da heterogeneidade. A curva de transmissão relativa para a heterogeneidade paralela ao feixe aparece com uma maior variação na atenuação, o que acontece devido ao maior caminho percorrido pelo feixe, dentro do material de alto Z, nesta posição.

A Tabela 1 apresenta os dados de atenuação calculados pelo MCNP em comparação com os dados experimentais da literatura⁹.

Podemos observar que os resultados da simulação e da referência experimental concordam bem, com exceção da atenuação da heterogeneidade na posição perpendicular a 5,2 cm para o potencial acelerador de 6MV. Cabe ressaltar que o trabalho experimental não menciona a incerteza nas medidas realizadas.

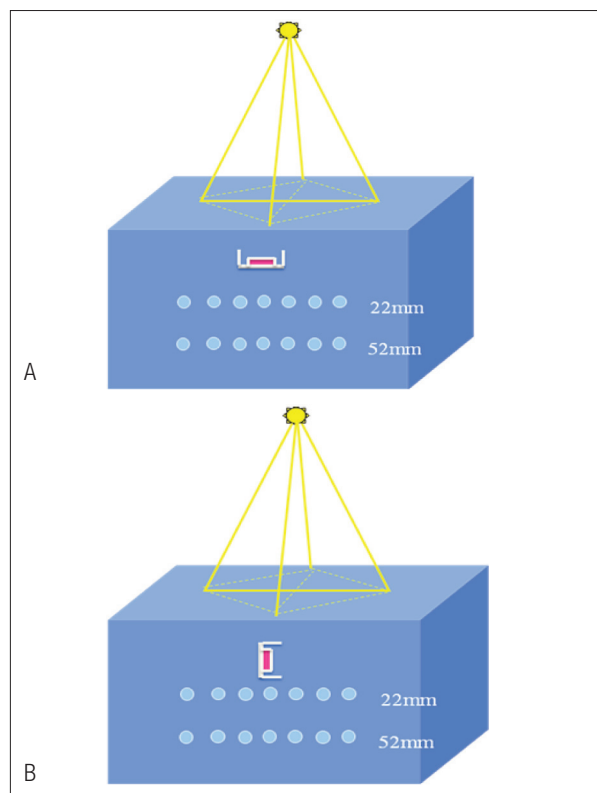


Figura 3. Geometria de simulação. Ilustra a fonte, gerando um campo de área 10x10cm² na superfície do simulador, a posição ocupada pelas esferas detectoras dentro do simulador e o artefato metálico nas duas possíveis posições de irradiação: (a) Posição paralela da heterogeneidade em relação ao eixo de incidência do feixe; (b) Posição perpendicular.

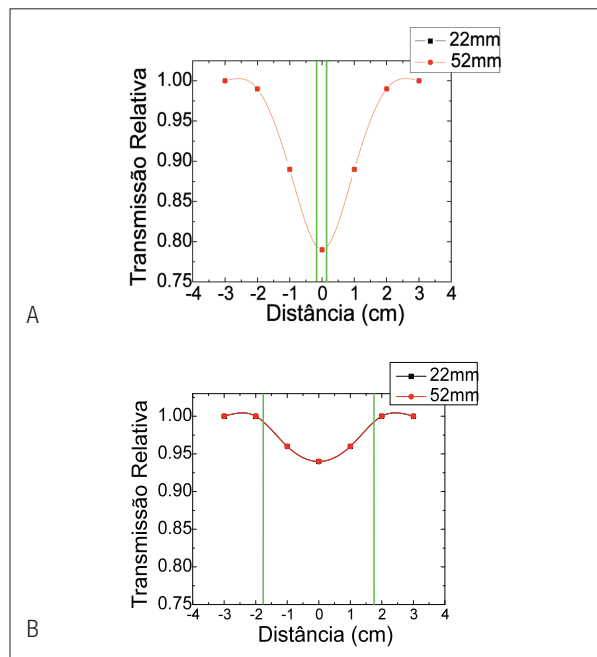


Figura 4. Curvas de transmissão obtidas pelas simulações com o código MCNP para o espectro de 6MV. (a) Posição paralela da heterogeneidade em relação ao eixo de incidência do feixe; (b) Posição perpendicular.

Tabela 1. Comparação dos dados experimentais da literatura com os dados da simulação.

Profundidade (mm)	Paralelo	Perpendicular
	MCNPX (%)	MCNPX (%)
22	22	7
52	22	7
	Damast, et al. ⁹	Damast et al. ⁹
22	22	6
52	21	4

Conclusão

Concluimos então, que: a existência de uma heterogeneidade metálica em alguns tipos de expansores de tecido pode alterar a transmissão do feixe de 6MV provocando uma diminuição de até 20% na região de sombra geométrica do disco. Essa diferença pode ser significativa em radioterapia, pois Θ apenas um dos fatores que pode contribuir para a alteração da distribuição de dose. Os protocolos de dosimetria recomendam que não existam subdosagens maiores que 5%.

Referências

- Heshmati HM, Hofbauer LC. Multiple endocrine neoplasia type 2: recent progress in diagnosis and management. *Eur J Endocrinol.* 1997;137(6):572-8.
- Overgaard MB, Hansen PS, Overgaard J, Rose C, M, Rose C, et al. Postoperative radiotherapy in high-risk postmenopausal women with breast cancer who receive adjuvant chemotherapy. Danish Breast Cancer Cooperative Group 82b Trial. *N Engl J Med.* 1997;337(14):949-55.
- Overgaard M, Jensen MB, Hansen PS, Overgaard J, Adersson M, Rose C, et al. Postoperative radiotherapy in high-risk postmenopausal breast-cancer patients given adjuvant tamoxifen: Danish Breast Cancer Cooperative Group DBCG 82c randomised trial. *Lancet.* 1999;353(9165):1641-8.
- Ragaz J, Olivotto IA, Spinelli JJ, Phillips N, Jackson SM, Wilson KS, et al. Locoregional radiation therapy in patients with high-risk breast cancer receiving adjuvant chemotherapy: 20-year results of the British Columbia randomized trial. *J Natl Cancer Inst.* 2005;97(2):116-26.
- Carlson RW, Goldstein LJ, Gradishar WJ, Lichter AS, McCormick B, Moore RE, et al. NCCN breast cancer practice guidelines. The National Comprehensive Cancer Network. *Oncology (Wilson Park).* 1996;10(11 Suppl):47-75.
- Moni J, Graves-Ditman M, Cedema P, Griffith K, Krueger EA, Fraass BA, et al. Dosimetry around metallic ports in tissue expanders in patients receiving postmastectomy radiation therapy: an ex vivo evaluation. *Med Dosim.* 2004;29(1):49-54.
- Naomi RS, Eric AS, George HP, Isadora A, Marsha DMN, Howard NL, et al. Immediate breast reconstruction can impact postmastectomy irradiation. *Am J Clin Oncol.* 2005;28(5):485-94.
- Thompson RC, Morgan AM. Investigation into dosimetric effect of a MAGNA-SITE tissue expander on post-mastectomy radiotherapy. *Med Phys.* 2005;32(6):1640-6.
- Damast S, Beal K, Ballangrud A, Losasso TJ, Cordeiro PG, Disa JJ, et al. Do metallic ports in tissue expanders affect postmastectomy radiation delivery? *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2006;66(1):305-10.
- X-5 Monte Carlo Team MCNP: A general Monte Carlo N-particle transport code. Version 5 Los Alamos National Laboratory Report LA-CP-03-0245, April; 2003.
- Sheikh Bagheri D, Rogers DW. Monte Carlo calculation of nine megavoltage photon beam spectra using the BEAM code. *Medi Phys.* 2002;29(3):391-402.