

Estudo comparativo de câmaras de ionização de dois diferentes volumes sensíveis para controle de qualidade da dose em IMRT

Comparative study of ionization chambers of two different sensitive volumes for dose quality control of IMRT

C. Z. Santos, M.V.N. Nakandakari, A.P.V. Cunha, L.N. Rodrigues

Serviço de Radioterapia, Instituto de Radiologia, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, Brasil

Resumo

O objetivo desse trabalho é fazer um estudo comparativo das câmaras de ionização com volumes sensíveis de 0.01 cm^3 e 0.13 cm^3 para realização do controle da dose absorvida para o tratamento de Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT). Para realização desse estudo foram selecionados 20 planejamentos de IMRT com tamanhos de campos de até $9,8 \times 9,8\text{ cm}^2$, e para cada planejamento, foram feitas medidas de dose com ambas as câmaras, sendo estas posicionadas em uma região de baixo gradiente de dose. Os dados medidos foram comparados com os dados fornecidos pelo software de planejamento. As análises das medidas mostraram que ambas as câmaras podem ser utilizadas para dosimetria de controle de qualidade de IMRT, pois foram obtidas variações inferiores a 4,5% do valor esperado, sendo que a câmara com volume de 0.13 cm^3 apresentou melhores resultados. Pode-se concluir que a câmara 0.13 cm^3 , apesar de ter um volume maior, é mais propícia para dosimetria de controle de qualidade de IMRT, não descartando também o uso da câmara de volume 0.01 cm^3 que obteve resultados satisfatórios.

Palavras-chave: radioterapia de intensidade modulada; câmaras de ionização; dosimetria; controle de qualidade.

Abstract

The aim of this work is to make a comparative study of ionization chambers with sensitive volume of 0.01 cm^3 and 0.13 cm^3 to evaluate the dose assurance for IMRT treatment. To perform this study, 20 IMRT planning were selected with small field size, and dose measurements have been performed in a low dose gradient region with both ionization chambers. These measurements were compared with data provided by the planning software. The analysis of measurements showed that both chambers can be used for IMRT quality control, because the variations found not exceed 4,5% of expected value and the chamber with a volume of 0.13 cm^3 had better results. In this work, one can conclude that the chamber with sensitive volume of 0.13 cm^3 despite to have a larger volume, this chamber is more favorable for quality control of absolute dosimetry of IMRT, but not excluding the use of chamber with sensitive volume of 0.01 cm^3 which obtained satisfactory results.

Keywords: intensity-modulated radiation therapy; ionization chambers; dosimetry; quality control.

1. Introdução

A técnica de IMRT (Radioterapia de Intensidade Modulada) tem como característica concentrar a dose de tratamento no alvo poupando os tecidos normais circunvizinhos¹. Em vez de usar distribuições de intensidade uniforme ou uma variação constante em cada campo incidente, a técnica de IMRT tenta alcançar a distribuição de dose absorvida ideal através da variação da intensidade do feixe (fluência) em cada um dos campos incidentes, geralmente subdividindo o feixe em uma série de segmentos menores e modulando cada um destes segmentos para conseguir sua contribuição de fluência selecionada. Portanto, busca-se uma intensidade maior de dose na área de interesse, e a redução

da toxicidade dos tecidos normais circundantes ao volume alvo de tratamento.

A radioterapia de intensidade modulada é significativamente mais complexa do que as outras formas tradicionais de tratamento. Portanto, com a implementação de técnicas cada vez mais complexas, tal como o IMRT, surge à necessidade da criação de novos protocolos para controle de qualidade desses planejamentos. Os parâmetros avaliados incluem os valores de dose absorvida e a distribuição de dose que será administrada no paciente^{2,8}.

A maioria das rotinas de IMRT são acompanhadas por um controle de qualidade rigoroso nos aparelhos de teleterapia, a fim de verificar o desempenho do sistema em administrar uma fluência de dose complexa. Novos

procedimentos para dosimetria específica de cada paciente são necessários, já que métodos simples de cálculo de dose não podem ser empregados para verificar os cálculos de mapas de intensidade variáveis. Por exemplo, nos planos de tratamento 3D, a verificação da unidade monitora (UM) é uma prática padrão para validação do planejamento do tratamento. No entanto, para planos de IMRT, em que a dose em qualquer ponto no interior do volume alvo é administrada por uma série de segmentos para cada um dos campos, as UMs necessárias para gerar a distribuição de dose desejada será uma função de uma entrega complexa de sequências de lâminas e é, portanto, imprevisível com base apenas na dose no alvo e na geometria do paciente, sendo necessário assim um mecanismo independente de validação quantitativa, seja por medidas de dose direta realizadas usando um objeto simulador, ou por software de cálculo de dose independente³.

A necessidade da validação de dose baseada em medidas experimentais, juntamente com a maior complexidade da distribuição de dose no espaço de tempo, fazem com que, para o planejamento de IMRT, seja necessário compreender as limitações dos dosímetros para verificação da dose absorvida^{3,11}.

Muitos trabalhos discutem a importância da seleção do dosímetro utilizado em IMRT e um fator crucial é a escolha do volume da câmara^{6,7,12}. A câmara de ionização com um volume ativo grande integrará uma região relativamente larga, o que resulta em uma maior sensibilidade e melhor relação sinal/ruído, porém apresenta uma menor resolução espacial. Por outro lado, câmaras de volume pequeno apresentam uma pior relação sinal/ruído e maior resolução espacial, se comparadas às câmaras com maiores volumes ativos. A escolha incorreta da câmara pode resultar em uma leitura errônea da dose absorvida. Além disso, uma atenção especial deve ser dada aos campos pequenos durante o processo da escolha dos dosímetros a serem utilizados, já que esses campos são caracterizados por gradientes de dose altos e pela falta de equilíbrio de partícula carregada.

Este trabalho consiste em comparar o desvio da dose absorvida (dose planejada versus dose medida) com câmaras de ionização de volumes diferentes (CC01- volume de 0,01cm³ e CC13- volume de 0,13cm³) no controle de qualidade de IMRT e validar as câmaras como ferramenta dosimétrica para este fim.

2. Materiais e Métodos

No serviço de radioterapia do Hospital das Clínicas de São Paulo foram selecionados vinte planejamentos de IMRT para realização do controle de qualidade da dose absorvida.

Utilizou-se o acelerador linear Varian 6EX de uso clínico que produz feixes de fótons de 6MV. Acoplado ao acelerador foi utilizado um sistema de micro multilâminas (modelo m3 da Brainlab) capaz

de modular o feixe, atuando como um colimador terciário.

Os controles de qualidade dos planejamentos analisados neste trabalho foram calculados pelo sistema de planejamento iPlan versão 4.1 - Brainlab. Os equipamentos dosimétricos utilizados foram objeto simulador de água sólida ("solid water") RW3, câmaras de ionização para as medidas de dose absorvida, CC01 e a CC13, ambas Scanditronix, e estas foram associadas ao eletrômetro DOSE 1 - Scanditronix.

Para realização desse trabalho, o setup de medida contou com um objeto simulador de água sólida e com a câmara de ionização CC01, que foram submetidos a uma tomografia computadorizada e suas imagens foram transferidas para o sistema de planejamento iPlan 4.1, sendo definido, portanto, o isocentro e delineou-se o volume sensível da câmara de ionização. O mesmo procedimento foi feito com a câmara CC13. Após essa etapa, foram selecionados 20 pacientes, cujos planos de tratamento foram aprovados pelo médico, e controle de dose foi feito com as duas câmaras de ionização avaliadas neste trabalho. Para que os resultados com a câmara de ionização fossem reproduzíveis, procurou-se escolher uma melhor posição dentro do objeto simulador para que a câmara ficasse em uma região de baixo gradiente de dose (desvio relativo de dose menor que 5% dentro do volume delineado da câmara selecionada). Em se tratando de planejamento de IMRT, este fato torna-se relevante, pois uma pequena diferença da posição relativa do ponto de medida no campo pode gerar erros significativos nos valores medidos⁶. Para finalizar, foi realizado um estudo comparativo dos dados medidos e planejados.

Nos controles de qualidade que utilizaram a câmara "pin point" (CC01) apresentaram um desvio percentual de dose menor que $\pm 5\%$ em relação ao valor dado pelo sistema de planejamento. Dos dados medidos, 75% apresentaram desvio menor que $\pm 3\%$. Nenhum paciente apresentou desvio de dose maior que o estabelecido como tolerância pelo Hospital das Clínicas de São Paulo ($\pm 5\%$). Utilizando a câmara CC13, em 100% dos controles, um desvio percentual de dose menor que a tolerância estabelecida foi obtido e em todos os casos analisados foram observados desvios menores que $\pm 3\%$.

A Tabela 1 sintetiza os resultados obtidos para as câmaras CC01 e CC13.

Tabela 1. Resumo dos desvios obtidos para as medidas da dose absorvida

Câmara de Ionização	CC01	CC13
Desvio percentual médio	2,06%	1,01%
Desvio padrão	1,1%	0,9%
Desvio percentual máximo	4,24%	2,93%
Desvio percentual mínimo	0,21%	0,0375%

As Figuras 1 e 2 apresentam os desvios percentuais entre os valores medidos e os valores calculados para as câmaras CC01 e CC13, respectivamente. Foi considerada uma incerteza de 2% na dose medida, baseada no cálculo de incertezas proposta pelo TRS-398 (5), porém, essa incerteza não foi utilizada nas discussões já que na rotina de controle de qualidade de IMRT essa não é considerada na análise de dados.

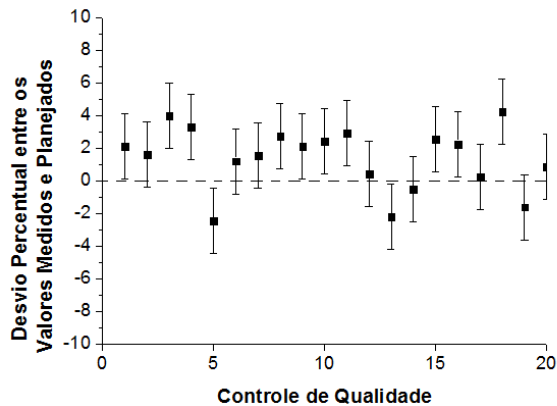


Figura 1. Desvios percentuais entre os valores medidos e os valores calculados pelo sistema de planejamento para medidas de dose com câmara de ionização com volume $0,01\text{cm}^3$.

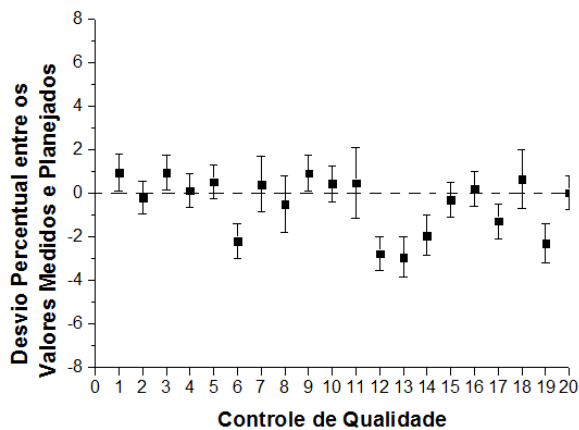


Figura 2. Desvios percentuais entre os valores medidos e os valores calculados pelo sistema de planejamento para medidas de dose com câmara de ionização com volume $0,13\text{cm}^3$.

4. Discussão e Conclusão

Para os tamanhos de campo utilizados nesse trabalho ($2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ à $9,8\text{ cm} \times 9,8\text{ cm}$), o volume sensível não foi um fator limitante na escolha do dosímetro, pois ambas as câmaras têm comprimento efetivo de, pelo menos, $1,5\text{ cm}$ menor que o tamanho de campo.

O controle de qualidade de dose feito com a câmara de ionização CC13 apresentou melhor resultado que o feito com a câmara de ionização CC01, uma vez que CC13 apresentou um desvio máximo de $2,93\%$ e a CC01 de $4,24\%$, mesmo sendo a câmara "pin point" desenvolvida especialmente para medidas de campos pequenos e altos gradiente de dose. Isto se deve ao fato de haver uma interferência mais significativa na leitura da CC01, devido ao seu pequeno volume (maior

ruído)⁹. Além disso, os campos de controle de qualidade foram mantidos com o gantry a 0° para as medidas, e a dose no volume sensível da câmara apresentou-se menor que 180 cGy , já que este era o fracionamento utilizado nos planejamentos avaliados, sendo, portanto, um valor pequeno e susceptível a interferência do ruído da CC01. A corrente de fuga encontrada para câmara CC01 foi de $1,25 \times 10^{-4}\text{ nA}$ e para câmara CC13 foi de $1,15 \times 10^{-5}\text{ nA}$.

Outro parâmetro importante de ser mencionado para esse resultado é o fato do eletrodo da câmara CC01 ser de aço o que causa maior perturbação na leitura desta câmara devido à interação fotoelétrica. A câmara CC01 tem uma resposta aumentada para espalhamento Compton de baixa energia¹⁰.

De maneira geral, os fatores que podem levar ao desvio entre os dados medidos e os calculados pelo sistema de planejamento, já que ambas as câmaras apresentaram uma diferença entre esses valores, são incertezas relacionadas com o dosímetro, imprecisão do feixe, limitações do algoritmo de cálculo da dose do sistema de planejamento e limitações do aparelho na entrega de feixe.

Todos os controles de qualidade da dose absorvida tiveram um desvio padrão menor que o desvio estabelecido por Sanchez-Doblado et al. (2007)⁴, que consideraram um valor de nível de ação para dosimetria com câmara de ionização de $\pm 5\%$ para IMRT. Esse mesmo valor de tolerância é considerado pelo Hospital das Clínicas.

Esse trabalho demonstra que ambas as câmaras de ionização são apropriadas para serem utilizadas na medida de dose no controle de qualidade de IMRT. Atualmente, o Hospital das Clínicas de São Paulo adota como padrão para medidas de dose a câmara de ionização CC01, porém esse trabalho vem mostrar que foram obtidos resultados melhores com a utilização da câmara CC13, pois com a dose/fração utilizada nos planejamentos avaliados, esta câmara apresenta uma melhor relação sinal-ruído, apresentando menores desvios entre os valores medidos e os calculados.

Referências

- Hong, T., Ritter, M., Harari, P. (2005). Intensity-modulated radiation therapy: Emerging cancer treatment technology. *British Journal of Cancer*. 92, 1819-1824.
- ICRU (2010). International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam IMRT. ICRU Report 83 (International Commission on Radiation Units and Measurements, Geneva, Switzerland).
- Low, D., Moran, J.M., Dempsey, J. F., Dong, L., Oldham, M. (2010). Dosimetry tools and techniques for IMRT. *Med. Phys.* 38, 0094-2405
- Sanchez-Doblado, F., Hartmann, G. H., Pena, J., Capote, R., Paiusco, M., Rhein, B., Leal, A., and Lagares, J. I. (2007). Uncertainty estimation in intensity-modulated radiotherapy absolute dosimetry verification. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol Phys.* 68, 301-310.
- IAEA (2000). International Atomic Energy Agency. Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry Based on

- Absorbed Dose to Water. IAEA TRS-398 (International Atomic Energy Agency, Vienna).
6. Arno J.M., John C. R. . Intensity modulated radiation therapy – Clinical Perspective. BC Decker Inc; 2005, p. 186-204.
 7. Intensity Modulated Radiation Therapy Collaborative Working Group. Intensity modulated radiotherapy: current status and issues of interest. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 51:880–914.
 8. Ezzell GA, Galvin JM, Low D, et al. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT. Report of the IMRT Subcommittee of the AAPM Radiation Therapy Committee. *Med Phys* 2003;30:2089–115
 9. Moran JM. Dosimetry metrology for IMRT. In: Palta JR, Mackie TR, editors. Intensity-modulated radiation therapy: the state of the art. Colorado Springs (CO):Medical Physics Publishing; 2003. p. 415–37.
 10. Martens C., DeWagter C., DeNeve W. . The value of the PinPoint ion chamber for characterization of small field segments used in intensity-modulated radiotherapy. *Phys Med Biol* 2000;45:2519–30.
 11. Low DA, Parikh P, Dempsey JF, et al. Ionization chamber volume averaging effects in dynamic intensity modulated radiation therapy beams. *Med Phys* 2003;30:1706–11.
 12. Laub W. , Wong T. The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT. *Med Phys* 2003;30:341–7.

Contato:

Caroline Zeppellini dos Santos
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – Radioterapia – Avenida Doutor Eneas de Carvalho Aguiar, 255, CEP 05403-001 – São Paulo (SP), Brasil
E-mail: caroline.zep@gmail.com