

Avaliação de planejamentos de IMRT para tratamento de próstata utilizando energias de 6 MV e 15 MV

Evaluation of IMRT plans for prostate treatment using energies of 6 MV and 15 MV

Lucas Francisco C. Guimarães, Murilo C. da Silva, Paula J. Silveira, Adriana A. Flosi e Karina W. Boccaletti

Serviço de Radioterapia, A. C. Camargo Cancer Center – São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar planejamentos de radioterapia com intensidade modulada do feixe (IMRT) para tratamento de neoplasia de próstata otimizado para energias de fótons de 6 MV e 15 MV. Foram avaliados retrospectivamente 29 pacientes com câncer de próstata, planejados com técnica de IMRT e dose prescrita de 78 Gy. O planejamento inicial foi realizado para as duas energias de fótons, mantendo-se os mesmos parâmetros de otimização e comparando-se dose máxima, mínima e modal no PTV, índice de conformidade e homogeneidade, gradiente de dose, volumes das isodoses de 30, 40, 50, 60 e 70 Gy e número total de unidades monitoras. Verificou-se que os planejamentos são equivalentes no âmbito dos volumes das isodoses mais altas, do índice de conformidade, do índice de homogeneidade e das doses máxima, mínima e modal no PTV. Por outro lado, nos planos de 6 MV verificou-se um aumento considerável tanto no número de unidades monitoras quanto no volume das isodoses mais baixas, principalmente a de 30 Gy.

Palavras-chave: radioterapia, radioterapia de intensidade modulada, neoplasias da próstata.

Abstract

This study aims to evaluate and compare radiotherapy plans with intensity-modulated radiation therapy (IMRT) for prostate cancer treatments optimized for photon energies of 6 MV and 15 MV. We retrospectively evaluated 29 patients with prostate cancer, planned with IMRT technique with prescribed dose of 78 Gy. The initial plan was done for the two photon energies, keeping the same optimization parameters and comparing maximum, minimum and modal PTV doses, conformity and homogeneity indexes, dose gradients, isodose volumes of 30, 40, 50, 60, and 70 Gy, and the total number of monitor units. It was found that the plans are equivalent regarding higher isodose volumes, conformity and homogeneity indexes, maximum, minimum and modal PTV doses. However, for 6 MV plans there was a considerable increase in both number of monitor units and volume lower isodose volumes, especially the 30 Gy.

Keywords: radiotherapy, intensity-modulated radiotherapy, prostatic neoplasms.

Introdução

No Brasil, o câncer de próstata é o tipo de neoplasia mais comum entre os homens¹. Atualmente, o controle da doença ocorre na maioria dos casos diagnosticados em seu estágio inicial. Dentre os possíveis tratamentos está a radioterapia, na qual a técnica de entrega de dose mais avançada é a radioterapia de intensidade modulada de feixe (IMRT, do inglês, *Intensity Modulated Radiation Therapy*).

Em IMRT, a escolha da energia do feixe utilizado é muito questionada. O ICRU 83² recomenda a utilização de baixas energias para feixes de fótons, uma vez que acima de

10 MV ocorre a produção de nêutrons²⁻⁷. A interação de nêutrons com o paciente contribui com a dose absorvida fora da região a ser tratada. Este fenômeno ocasiona o aumento da dose equivalente, elevando a probabilidade de uma neoplasia radioinduzida.

No entanto, há razões para utilizar energias mais altas; principalmente, no tratamento de tumores pélvicos. Um bom exemplo surge quando objetiva-se a redução dos efeitos tardios relacionados às baixas doses de radiação, como retite e cistite actínicas, ou estenose uretral⁸.

Em meio a este contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar as diferenças relativas entre planejamentos

de IMRT, para tratamentos de próstata, otimizados para energias de fótons de 6 MV e 15 MV.

Material e Métodos

Foram avaliados retrospectivamente 29 pacientes com câncer de próstata, com proposta similar de tratamento, tratados entre dezembro de 2010 e março de 2013 no A. C. Camargo Cancer Center. Os pacientes selecionados foram planejados com técnica de IMRT e a dose prescrita foi de 78 Gy.

O sistema de planejamento utilizado foi o *Varian Eclipse*® versão 8.6 (Varian Medical Systems, Palo Alto, CA) com algoritmo de otimização de dose *Dose Volume Optimizer 8.6.15* e algoritmo de cálculo *Pencil Beam Convolution 8.6.15*.

O planejamento inicial foi realizado para energia de fótons de 15 MV e em seguida para 6 MV, mantendo-se os mesmos parâmetros de otimização. Foram obtidos, para ambos planejamentos, dados de dose máxima, dose mínima e dose modal no volume-alvo (PTV, do inglês, *planning target volume*), além dos índices de conformidade (IC), índice de homogeneidade (IH) e gradiente de dose. Também foram obtidos o volume da isodose de prescrição (78 Gy) e os volumes das isodoses de 30, 40, 50, 60 e 70 Gy, cuja relevância clínica relaciona-se à toxicidade do tratamento. Por fim, obteve-se o valor total das unidades monitoras para cada planejamento.

O IC é definido como a razão entre o volume da isodose de prescrição (78 Gy) e o volume do PTV², conforme a Equação 1. O valor utilizado é gerado pelo próprio sistema de planejamento.

$$IC = \frac{\text{Volume isodose 78 Gy}}{\text{Volume do PTV}} \quad (1)$$

O IH é definido, segundo o ICRU 83², pela Equação 2, na qual $D_{2\%}$, $D_{98\%}$ e $D_{50\%}$ representam as doses que cobrem 2%, 98% e 50% do volume do PTV, respectivamente.

$$IH = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{50\%}} \quad (2)$$

O sistema de planejamento utilizado fornece um valor (em centímetros) diretamente relacionado ao gradiente de dose. Essa medida, chamada de *Gradient Measure* (GM), é a diferença entre os raios de esferas de volumes equivalentes aos das isodoses de 100% (R_{100}) e 50% (R_{50})⁹, conforme é visto na Equação 3.

$$GM = R_{100} - R_{50} \quad (3)$$

Para os dados de cada paciente, foi calculada a diferença relativa (D%) entre o valor obtido no planejamento com 6 MV (M_6) e o valor do planejamento inicial, realizado

com 15 MV (M_{15}), para cada parâmetro analisado, conforme Equação 4.

$$D\% = \frac{M_6 - M_{15}}{M_{15}} \quad (4)$$

Em seguida foram feitos histogramas e a análise estatística de média e desvio padrão destas diferenças percentuais utilizando o *software Origin Pro*® versão 8.0.

Resultados

Ao comparar os planejamentos feitos com energia de 6 MV em relação à energia de 15 MV para cada paciente, o valor médio da diferença percentual da dose máxima obtido foi de $(-0,12 \pm 0,59)\%$. Em relação à dose mínima essa diferença foi, em média, $(0,2 \pm 1,1)\%$ e para a dose modal foi de $(-0,89 \pm 0,77)\%$.

O IC variou em média $(-0,1 \pm 1,1)\%$ e o IH variou $(-3,1 \pm 6,9)\%$. O gradiente de dose apresentou valores entre $-1,7$ e $16,7\%$, com média de $(4,9 \pm 4,1)\%$.

Os histogramas referentes às diferenças relativas de dose máxima, mínima e modal, IC, IH e gradiente de dose estão apresentados na Figura 1.

As diferenças percentuais em relação às isodoses de 30 Gy e 40 Gy nos planos com energia de 6 MV aumentaram respectivamente $(28,9 \pm 9,8)\%$ e $(5,5 \pm 5,3)\%$ em relação aos planejamentos feitos com energia de 15 MV. O valor da diferença percentual média do volume das isodoses mais altas, ou seja, de 50, 60 e 70 Gy, foram $(-0,3 \pm 1,6)\%$, $(-0,9 \pm 1,4)\%$ e $(-0,3 \pm 1,6)\%$, respectivamente. Quanto ao volume da isodose de prescrição (78 Gy) a variação média foi de $(0,2 \pm 1,1)\%$.

Na Figura 2 são apresentados os histogramas das diferenças relativas no volume das isodoses de 30, 40, 50, 60, 70 e 78 Gy.

O valor da soma das unidades monitoras aumentou em média $(16,9 \pm 4,3)\%$ nos planos de tratamento realizados com energia de 6MV em relação aos de 15 MV, conforme mostra a Figura 3.

Discussão e Conclusões

Os desvios percentuais relativos das doses máxima, mínima e modal encontrados apresentaram desvios médios próximos de zero. Isso pode ocorrer por serem parâmetros relacionados, principalmente, aos objetivos da otimização e à normalização do plano, não sugerindo relação com a energia escolhida.

Para o volume da isodose de prescrição e para o IC a variação relativa foi de $(-0,1 \pm 1,1)\%$ e $(0,2 \pm 1,1)\%$; fato que sugere que tais parâmetros também não têm dependência com a energia utilizada. Teoricamente, essas diferenças deveriam ser iguais, uma vez que o volume do PTV é o mesmo nos planos com 6 MV e 15 MV. Logo, a

variação no volume da isodose de prescrição é exatamente a variação no IC. Entretanto, os resultados mostram que esses valores são próximos, porém diferentes; fato justificado pela incerteza associada à medida manual do volume da isodose de 78 Gy no histograma dose-volume (DVH, do inglês, *Dose Volume Histogram*), enquanto que o valor do IC fornecido pelo sistema é exato.

O IH variou entre -21,8 e 14,5% mostrando uma grande dispersão entre os dados obtidos, com média de -3,1% e desvio padrão de 6,9%. Analogamente ao IC, não

podemos afirmar que o IH tem relação com a escolha da energia utilizada.

Em relação ao GM, pode-se afirmar que este aumenta nos planos com 6 MV, em média, $(4,9 \pm 4,1)\%$, o que representa um aumento no volume da isodose de 50%, tornando-a mais aberta em relação ao PTV.

Para as doses mais baixas (30 e 40 Gy), os desvios nos volumes encontrados foram mais evidentes, $(28,9 \pm 9,8)\%$ e $(5,5 \pm 5,3)\%$ respectivamente, demonstrando uma relação entre o volume irradiado com doses baixas e a energia escolhida.

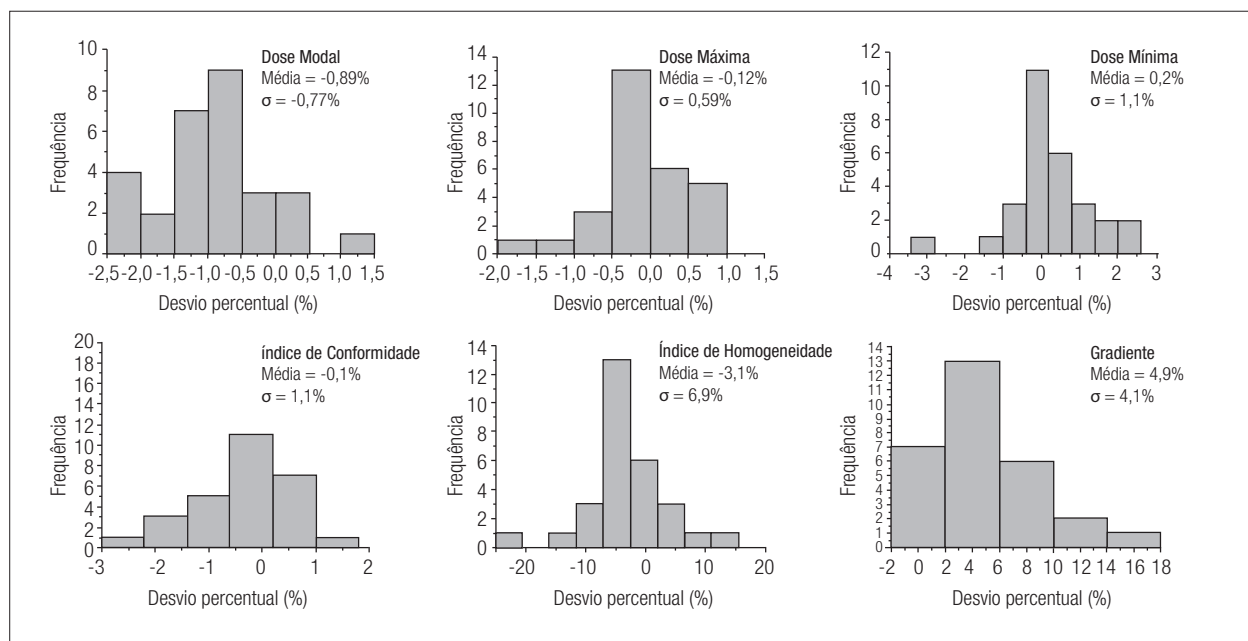


Figura 1. Histogramas representando a frequência dos dados obtidos para os parâmetros avaliados em relação à dose no PTV: (A) Dose modal; (B) Dose máxima; (C) Dose mínima; (D) Índice de conformidade; (E) Índice de homogeneidade; (F) Gradiente de dose.

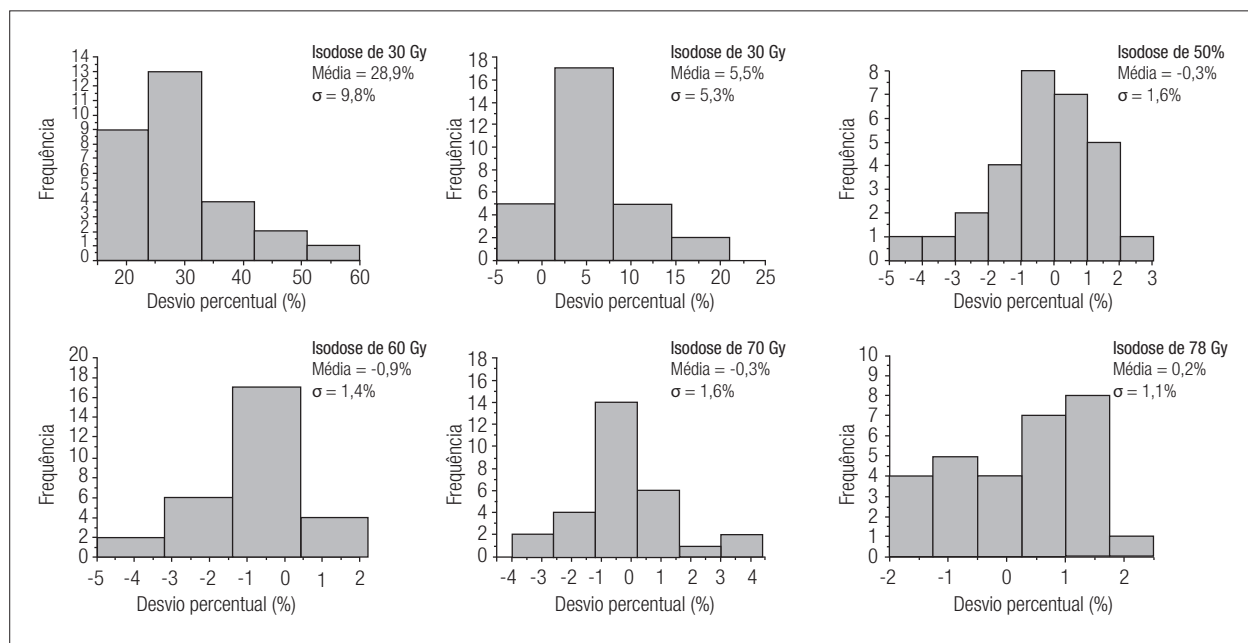


Figura 2. Histogramas representando a frequência dos dados obtidos para os parâmetros avaliados em relação aos volumes de isodoses: (A) Isodose de 30 Gy; (B) Isodose de 40 Gy; (C) Isodose de 50 Gy; (D) Isodose de 60 Gy; (E) Isodose de 70 Gy; (F) Isodose de 78 Gy.

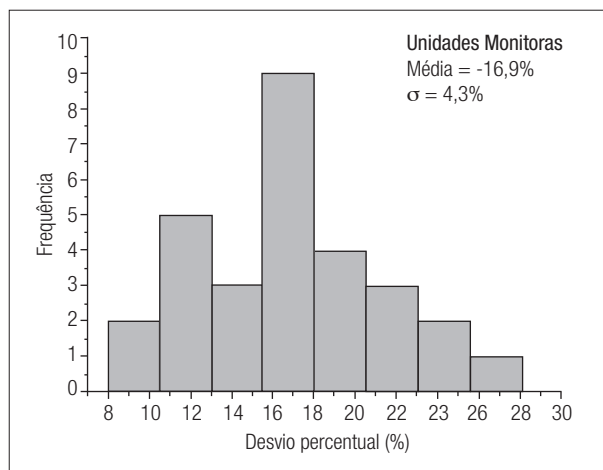


Figura 3. Histograma da frequência dos desvios percentuais em relação às unidades monitoras.

Dessa forma, quando o plano de tratamento é realizado com energia de 6 MV há um aumento de volume de tecido sadio recebendo doses mais baixas, em relação ao plano de tratamento com 15 MV. Esse aumento no volume das isodoses pode elevar a ocorrência dos efeitos tardios relacionados às baixas doses de radiação, como retite e cistite actínicas, ou estenose uretral, conforme discutido previamente.

Ao avaliar a variação dos volumes das isodoses mais altas (de 50, 60 e 70 Gy), pode-se afirmar que não houve diferença expressiva entre os planejamentos, uma vez que a média das diferenças percentuais foram, respectivamente, $(-0,3 \pm 1,6)\%$, $(-0,9 \pm 1,4)\%$ e $(-0,3 \pm 1,6)\%$, valores próximos de zero.

Ao analisar o número total das unidades monitoras, observa-se que, para a energia mais baixa, houve um aumento médio de $(16,9 \pm 4,3)\%$. A grande desvantagem do aumento deste valor se relaciona ao conseqüente aumento de radiação de fuga pelo cabeçote do equipamento, que também contribui com o aumento da dose equivalente recebida pelo paciente. Outra desvantagem é o aumento do tempo de tratamento para cada paciente, que reduz o número total de pacientes tratados por dia.

Neste trabalho, verificou-se que os planejamentos com ambas energias são equivalentes no âmbito dos volumes das doses altas, do IC, do IH e das doses modal, máxima e mínima no PTV. Por outro lado, nos planos de 6 MV verificou-se um aumento considerável tanto no

número de UM, quanto no volume das isodoses mais baixas, principalmente 30 e 40 Gy. Vale lembrar que não foi avaliada experimentalmente a componente de nêutrons dos tratamentos com feixes de 15 MV, que também pode ser responsável por aumentar a dose efetiva entregue ao paciente. Entretanto, alguns estudos mostram que essa componente existe, porém é pouco relevante para feixes de 15 MV, sendo esta contaminação da ordem de mSv por Gy da dose prescrita com fótons^{7,10}.

Agradecimentos

Agradecemos ao corpo clínico do A. C. Camargo Cancer Center pelas sugestões e opiniões durante a realização deste trabalho.

Referências

1. Instituto Nacional do Câncer – INCA. Estimativa 2012: Incidência de Câncer no Brasil. INCA., [acesso 2013 Abr 28]. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/estimativa/2012/index.asp?ID=1>
2. International Commission on Radiation Units and Measurements – ICRU. ICRU Report 83: Prescribing Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT). Oxford University Press. Journal of the ICRU. 2010;10(1):17-38.
3. Podgorsak EB. Radiation Physics for Medical Physicists. Berlin: Springer; 2006. p. 235.
4. Khan FM. Physics of Radiation Therapy. 3ª Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2003. p. 24.
5. Podgorsak EB. Radiation oncology physics: a handbook for teachers and students – Syllabus. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2005. p. 34.
6. American Association of Physics in Medicine– AAPM. Report 19, Task Group 27: Neutron Measurements around high energy x-ray radiotherapy machines. New York: AIP; 2006
7. Johns HE, Cunningham JR. The Physics of radiology. 4a Ed. Springfield: Charles C Thomas Publisher; 1983.
8. Peterson JL, Buskirk SJ, Heckman MG, Crook JE, Ko SJ, Wehle MJ, et al. Late toxicity after postprostatectomy salvage radiation therapy. Radiat Oncol. 2009;93(2):203-6.
9. Sung W, Park MJ, Choi CH, Ha SW, Ye SJ. The effect of photon energy on intensity-modulated radiation therapy (IMRT) plans for prostate cancer. Radiat Oncol J. 2012;30(1):27-35.
10. Howell RM, Hertel NE, Wang Z, Hutchinson J, Fullerton GD. Calculation of effective dose from measurements of secondary neutron spectra and scattered photon dose from dynamic MLC IMRT for 6 MV, 15 MV, and 18 MV beam energies. Med Phys. 2006;33(2):360-8.