

Caracterização de um detector planar de múltiplos fios para controle de qualidade diário de tratamentos com IMRT

Multi-wire detector characterization for daily quality control on IMRT

Vilma A. Ferrari, Érika Y. Watanabe, Gabriela R. Santos e Gisela Menegussi

Setor de Radioterapia do Instituto do Câncer do Estado de São Paulo (ICESP) – São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

Diversos equipamentos de dosimetria estão sendo desenvolvidos para o controle de qualidade de tratamentos de radioterapia utilizando técnicas modernas como, por exemplo, a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT). A principal função desses equipamentos está voltada ao controle da qualidade diário dos tratamentos dos pacientes submetidos à técnica de IMRT. O objetivo deste trabalho é caracterizar um tipo de detector planar de múltiplos fios — DAVID (PTW) — para uso na rotina clínica. Nele, foi avaliada a influência do sistema de medida no feixe de radiação por meio de medidas dos fatores de absorção e dose superficial. Também analisaram-se a linearidade com a dose, a reprodutibilidade e a dependência com a taxa de dose e com o ângulo do cabeçote. Pequenos erros na posição das lâminas foram inseridos para avaliar a sensibilidade do sistema. Os resultados demonstraram que o detector pode absorver até 6,7% da dose, variando com a energia do feixe e o tamanho de campo. Houve aumento significativo na dose superficial, o que indica que uma análise individual deve ser realizada para cada paciente. O sistema mostrou boa reprodutibilidade, apresentou comportamento linear com a dose, baixa dependência com a taxa de dose e baixa dependência com o ângulo do cabeçote. Quando pequenos erros foram inseridos na posição das lâminas, foi possível verificá-los. Dessa forma, o detector DAVID se mostrou adequado para a verificação diária dos tratamentos com IMRT.

Palavras-chave: controle de qualidade, radioterapia de intensidade modulada, dosimetria.

Abstract

Several dosimetry devices are being developed for quality control of radiation treatments using modern techniques as, for example, the Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT). The main function of these devices are to daily quality control of treatments of patients submitted to IMRT technique. The aim of this study is to characterize a type of planar multi-wire detector — DAVID (PTW) — for use in clinical practice. It was evaluated the influence of the system in the radiation beam by measuring the absorption factors and surface dose. We also analyzed the dose-linearity, reproducibility, the dependence with the dose rate and the angle of the linac head. Small errors in the position of the multi-leaf were inserted to evaluate the sensitivity of the system. The results showed that the detector can absorb up to 6.7% of the dose, depending of the energy beam and the field size. A significant increase in surface dose was observed, indicating that individual analysis is necessary for each patient. The system showed good reproducibility, linear response with dose, low dependence with dose rate and low dependence with the angle of the linac head. When small errors were inserted in the position of the multi-leaf, the system was able to detect them. Thus, the detector DAVID proved to be suitable for daily verification of IMRT treatments.

Keywords: quality control, intensity-modulated radiotherapy, dosimetry.

Introdução

Diversos equipamentos de dosimetria estão sendo desenvolvidos para o controle de qualidade de tratamentos de radioterapia utilizando técnicas modernas como, por exemplo, a Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT). A principal função desses

equipamentos está voltada para o controle da qualidade diário dos tratamentos dos pacientes submetidos à técnica de IMRT¹. O detector DAVID² (*Device for the Advanced Verification of IMRT Deliveries*, PTW) se enquadra nesta categoria (Figura 1).

Trata-se de um detector bidimensional constituído de câmaras de ionização em forma de fios, com *design*



Figura 1. Detector DAVID (PTW, Freiburg, Alemanha).

específico para diferentes colimadores multilâminas. No caso do instalado no acelerador linear *Synergy (Elekta)*, possui 40 fios, um para cada par de lâminas do colimador. Após ser devidamente alinhado, pode ser utilizado para avaliação e registro da deposição de dose para as frações do tratamento, sendo capaz de detectar a posição das lâminas em tempo real. O sistema é montado no cabeçote do acelerador linear, geralmente no suporte de bandeja, entre o colimador multilâminas e o paciente. Caracterizar este tipo de detector para uso na rotina clínica foi o objetivo deste trabalho.

Material e Métodos

As medidas foram realizadas pelo sistema DAVID (PTW) em um acelerador linear clínico *Synergy (Elekta)*. Utilizaram-se feixes de fótons de energia nominal 6 MV e 15 MV. Um objeto simulador cúbico de água de dimensões 40x40x40 cm³ (1D Scanner, SunNuclear) foi usado para medidas de dose com câmara de ionização de placas paralelas Rooss (PTW). Analisaram-se a influência do detector no feixe de radiação por meio da determinação dos fatores de transmissão e das variações na dose superficial causadas pela presença do detector durante a irradiação.

A profundidade foi de 10 cm para as medidas de transmissão e, para a determinação da dose superficial, de 0 e 2 mm (profundidades reais iguais a 1 e 3 mm, uma vez que o ponto efetivo de medida da câmara se encontrava 1 mm abaixo da janela de entrada). Os campos avaliados foram quadrados de lados iguais a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 cm. Em todas as medidas, foi levada em consideração a distância fonte-superfície (DFS) de 90 cm.

Foram ainda analisadas: a reprodutibilidade do sistema dosimétrico, a influência da angulação do cabeçote do acelerador linear na resposta do dosímetro e a dependência com a taxa de dose e a linearidade com a Unidade Monitora (UM). Erros pequenos (de 1 a 5 mm) foram inseridos propositalmente na posição de uma das lâminas a fim de determinar a sensibilidade do sistema em detectar tais deslocamentos.

Resultados

Os resultados do fator de transmissão demonstraram que o sistema DAVID absorve de 3,6 a 6,7% da dose, variando conforme o tamanho de campo e a energia do feixe de radiação. A Tabela 1 apresenta os resultados dos fatores de transmissão para os tamanhos de campo e energias avaliados.

As variações na dose superficial devido à presença do detector são apresentadas na Figura 2 para as duas energias e as duas profundidades analisadas. Os fatores representam o quociente entre a transmissão na profundidade em questão e a transmissão na profundidade de 10 cm para o mesmo tamanho de campo.

Para avaliar a reprodutibilidade do sistema, um campo de dimensões 40x40 cm² foi irradiado 10 vezes, e o desvio padrão encontrado foi de 0,179%, quando analisada a soma dos sinais de cada fio.

A fim de averiguar a influência do ângulo do cabeçote no sistema de medida, irradiou-se o campo de 40x40 cm² variando a posição do mesmo em intervalos de 45°. A medida realizada com o *gantry* a 0° foi utilizada como referência. O desvio máximo apresentado foi de 1,8% para o ângulo de 225°. A Figura 3 apresenta os resultados para as posições de cabeçote analisadas.

Na análise da taxa de dose, utilizou-se 300 UM/min como referência, e a mesma irradiação foi aplicada para as taxas de dose 75, 150 e 600 UM/min. O maior desvio encontrado foi de 0,2%, para a taxa de 75 UM/min. Na de 600 UM/min, houve saturação do sistema, não sendo possível a realização da medida. O campo utilizado para este teste foi de 40x40 cm².

A Figura 4 apresenta a resposta do sistema com o aumento da UM. Observa-se comportamento bastante linear, com R²=1.

Com o objetivo de verificar a sensibilidade do sistema, foram inseridos erros de 1 a 5 mm na extremidade do campo de 10x10 cm². A Tabela 2 apresenta o desvio relativo do sinal do fio pertencente à lâmina modificada, bem como do sinal total.

As discrepâncias entre o campo de referência e um campo com deslocamento de 2 mm em uma das lâminas estão apresentadas na Figura 5.

Discussão e Conclusões

Observou-se que é necessário determinar um fator de absorção para cada tamanho de campo e para cada energia a ser utilizada. No entanto, alguns sistemas de planejamento não permitem a inserção desta forma. Nestes casos, pode-se determinar um fator médio para as diferentes energias ou, ainda, corrigir as UM manualmente. Nossos resultados mostram que a escolha de um fator médio para cada energia acarretará num erro menor do que 1% na determinação da dose.

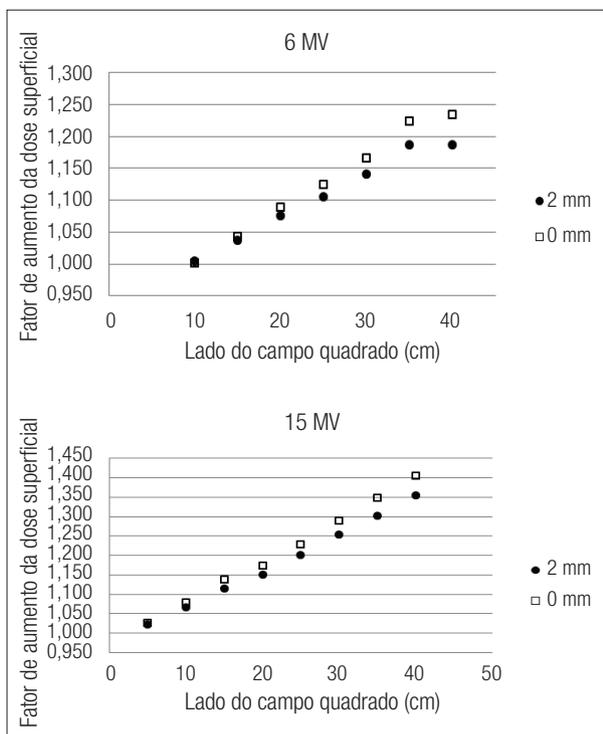


Figura 2. Aumento da dose superficial devido à presença do detector DAVID.

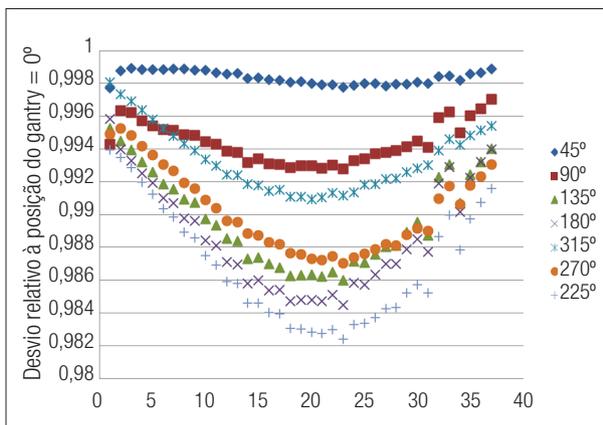


Figura 3. Influência do ângulo do cabeçote na resposta do DAVID.

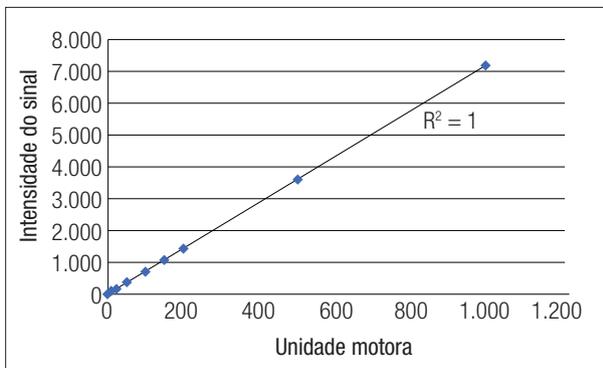


Figura 4. Linearidade da resposta do detector com a unidade monitora (UM).

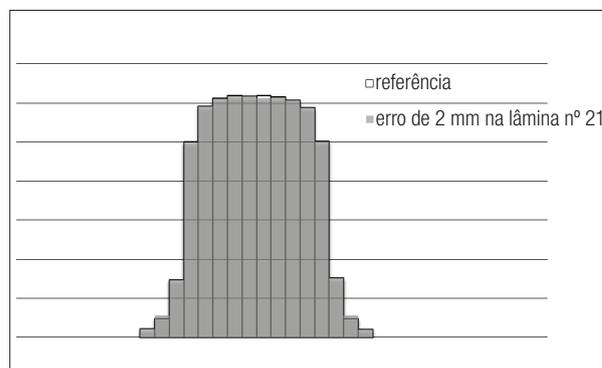


Figura 5. Sinais medidos com o DAVID após inserir um erro de 2 mm na lâmina nº 21.

Tabela 1. Fatores de transmissão do DAVID obtidos para cada tamanho de campo e energia.

Tamanho do campo (cm ²)	6 MV	15 MV
5 x 5	0,933	0,949
10 x 10	0,934	0,951
15 x 15	0,935	0,952
20 x 20	0,937	0,953
25 x 25	0,939	0,956
30 x 30	0,942	0,958
35 x 35	0,951	0,964
40 x 40	0,946	0,960

Tabela 2. Relação entre o deslocamento da lâmina e a alteração percentual no sinal individual do fio e na soma de todos os fios.

Deslocamento (mm)	Desvio do sinal no fio (%)	Desvio do sinal total (%)
1	0,73	0,05
2	1,07	0,15
3	1,42	0,28
5	3,67	1,18

Um parâmetro importante a ser considerado é o aumento na dose na superfície do paciente com a presença do detector. Observou-se incremento de até 35% com a presença do detector. No entanto, se considerarmos que na maioria dos tratamentos a dose na superfície é bem inferior à do alvo, esta alta percentual pode representar uma dose clinicamente irrelevante. Outro ponto importante é que os maiores aumentos na dose superficial foram encontrados para os maiores tamanhos de campo. Na técnica IMRT, no entanto, os subcampos são pequenos, assim como o crescimento da dose superficial.

O sistema DAVID apresentou boa reprodutibilidade e baixa dependência com a taxa de dose e mostrou comportamento linear com o aumento da UM.

Diferenças encontradas na resposta do dosímetro com a angulação do cabeçote podem não ser devidas ao detector, mas sim a variações do acelerador. Medidas adicionais devem ser feitas para investigar tal comportamento.

Com relação à capacidade do sistema em detectar pequenas variações na posição das lâminas, houve resultados aceitáveis, com sensibilidade a erros de até 1 mm, quando analisado o sinal individual de cada fio. No entanto, um erro pequeno (1 a 2 mm) inserido em apenas uma lâmina não foi verificado no sinal total do dosímetro.

Com base nos resultados, afirmamos que o detector planar de múltiplos fios DAVID pode ser adequado para a verificação diária dos tratamentos de IMRT.

Referências

1. Poppe B, Loe HK, Chofer N, Rühmann A, Harder D, Willborn KC. Clinical performance of a transmission detector array for the permanent supervision of IMRT deliveries. *Radiother Oncol.* 2010;95(2):158-65.
2. Poppe B, Thieke C, Beyer D, Kollhoff R, Djouguela A, Rühmann A, Willborn KC, Harder D. DAVID – a translucent multi-wire transmission ionization chamber for in vivo verification of IMRT and conformal irradiation techniques. *Phys Med Biol.* 2006;51(5):1237-48.