



P

ROTEÇÃO CONTRA RADIAÇÕES
NA COMUNIDADE DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

Luis Neves (coord.)

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
2018

**AVALIAÇÃO DE DOSÍMETROS OSL NA DETERMINAÇÃO
DE CURVAS DE ISODOSE DE UMA SIMULAÇÃO DE
PLANEJAMENTO DE TRATAMENTO DE VÉRTEBRA COM
PROTEÇÃO DA MEDULA ESPINHAL UTILIZANDO VMAT**

**EVALUATION OF OSL DOSIMETERS IN DETERMINING
ISODOSE CURVES OF A VERTEBRA TREATMENT
PLANNING SIMULATION WITH SPINAL CORD PROTECTION
USING VMAT**

A. BRAVIM – ambravim@hotmail.com (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Gerência de Metrologia das Radiações)

R. K. SAKURABA – rksakuraba@yahoo.com.br (Hospital Israelita Albert Einstein, Dep. de Radioterapia)

L. L. CAMPOS – lcrodri@ipen.br (Inst. de Pesquisas Energ. e Nucleares, Gerência de Metrologia das Radiações)

PALAVRAS-CHAVE: VMAT, curvas de isodose, luminescência opticamente estimulada, fluoreto de lítio, dosimetria.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade de dosímetros e microdosímetros OSL de LiF:Mg,Ti (TLD-100) na determinação das curvas de isodose em planejamentos utilizando a técnica de VMAT. Foi simulado um planejamento de tratamento de vértebra com proteção da medula espinhal em que a dose média absorvida obtida através dos dosímetros OSL apresentou uma variação máxima de 3,85% em relação

aos valores calculados pelo sistema de planejamento Eclipse 11.0. A variação entre o intervalo de dose obtido com o emprego dos dosímetros OSL e fornecido pelo Eclipse 11.0 está de acordo com os limites aceitáveis para a área da radioterapia. Observou-se que, por serem de menor tamanho, os microdosímetros de LiF:Mg,Ti apresentam uma menor probabilidade de estarem posicionados em mais de uma curva de isodose ao mesmo tempo no planejamento. Sendo assim, apresentaram os melhores resultados.

KEYWORDS: VMAT, isodose curves, optically stimulated luminescence, lithium fluoride, dosimetry.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the applicability of OSL dosimeters and microdosimeters of LiF: Mg, Ti (TLD-100) in determining isodose curves in radiotherapy planning using the VMAT technique. A vertebra treatment plan with spinal cord protection was simulated; the mean absorbed dose obtained through the OSL dosimeters presented a maximum variation of 3.85% in relation to the values calculated by the Eclipse 11.0 planning system. The variation between the dose range obtained using the OSL dosimeters and provided by Eclipse 11.0 agrees with acceptable limits for the radiotherapy area. It was observed that because of their smaller size, LiF: Mg, Ti microdosimeters are less likely to be positioned in more than one isodose curve at the same time in the planning. Therefore, they presented the best results.

1. INTRODUÇÃO

Uma nova técnica de IMRT que utiliza o movimento do gantry juntamente com a modulação da intensidade do feixe foi

lançada em 2008 e denominada como VMAT. Ao longo da irradiação em arco, a forma do campo é definida pelo movimento das lâminas e a intensidade modulada é obtida pelos múltiplos arcos rotacionais. Como principal vantagem da técnica VMAT, tem-se a obtenção de uma uniformidade na conformação das doses mais elevadas à área-alvo, através do uso de diversos arcos (Chin, 2008). Os campos de irradiação devem abranger de forma adequada todos os volumes do planejamento acrescidos de uma margem adequada que considere as características físicas do feixe de tratamento (Marques, 2010). Os sistemas de planejamento 3D têm um papel importante no processo de verificação de tratamentos de radioterapia. As radiografias reconstruídas digitalmente, a partir das imagens sequenciais da tomografia computadorizada, representam uma imagem de simulação virtual que pode ser utilizada para a localização de campos e comparada com os campos de tratamento para verificação da sua localização e geometria. A fim de representar a variação (volumétrica ou planar) da dose absorvida, as distribuições são representadas por meio de curvas de isodose. Essas curvas de isodose representam um conjunto de pontos em um plano em um determinado meio que tem o mesmo valor de dose absorvida para um feixe de tratamento específico e é uma poderosa ferramenta de trabalho na área de Radioterapia. As curvas são normalmente desenhadas em intervalos regulares de dose absorvida e expressadas como percentagem de dose de um ponto de referência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade de dosímetros e microdosímetros OSL de LiF:Mg,Ti (TLD-100) na determinação das curvas de isodose em uma simulação de um planejamento de vértebra com proteção da medula espinhal utilizando a técnica de VMAT.

2. MÉTODOS

Materiais dosimétricos: 45 dosímetros de LiF:Mg,Ti, (TLD-100) de 3,15 mm de lado, 0,9 mm de espessura (TLD-100); 45 microdosímetros de LiF:Mg,Ti, de 1,0 mm de lado, 1,0 mm de espessura fabricados pela Thermo Scientific.

Sistemas de Irradiação: Fonte panorâmica de radiação gama de ^{60}Co do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR/IPEN) com atividade de 12,21 TBq em abril de 2012; Acelerador linear de partículas Trubeam STx marca varian acoplado com colimador multileaf de 120 lâminas de 2,25 mm de largura com energia de 6 MV do Hospital Israelita Albert Einstein (HIAE).

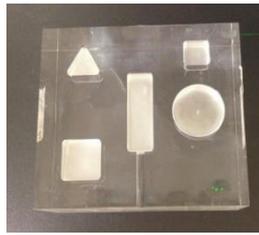
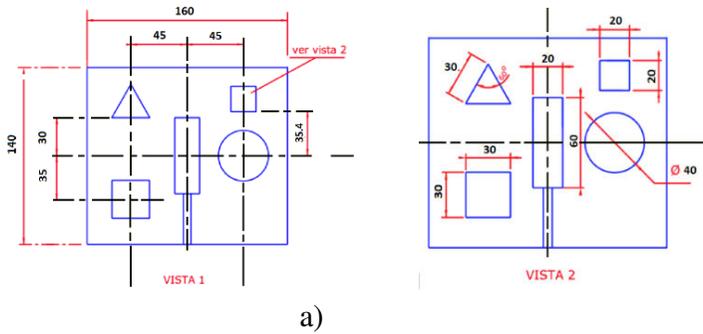
Objetos Simuladores: Placas de PMMA de dimensão 30x30 cm² e de 3 mm de espessura e comprimentos e larguras variados; Objeto simulador de PMMA com 5 geometrias distintas inseridas.

Sistema de leitura: Leitora TL/OSL Risø, modelo TL/OSL-DA-20 com uso de LED azul, modo de intensidade de iluminação constante (“Continuous wave – CW”) com pico de emissão de 470 nm e filtro Hoya U-340.

Sistema de planejamento de tratamento: Eclipse 11.0 do HIAE.

Metodologia: Para o selecionamento dos dosímetros em lotes, estes foram posicionados entre placas de PMMA de 3 mm de espessura e irradiados com uma dose padrão de 2 mGy na fonte de ^{60}Co no ar e em condições de equilíbrio eletrônico. Os dosímetros foram divididos em lotes de acordo com seus valores de sensibilidade e com repetibilidade de $\pm 5\%$ em relação à média. Os dosímetros foram divididos em 5 grupos de 8 dosímetros cada e 1 grupo de 5 dosímetros foi mantido para avaliação da radiação de fundo. A curva

de dose-resposta foi obtida utilizando a fonte de ^{60}Co no intervalo de dose de 0,10 a 14 Gy e o feixe de fótons de 6MV. As irradiações foram feitas utilizando placas de PMMA com a dose absorvida corrigida para profundidade de máxima dose através do sistema de planejamento do equipamento. Para determinar as curvas de isodose de uma simulação de um planejamento de um tratamento de câncer pela técnica de VMAT, foi desenvolvido um objeto simulador com cavidades distintas. O objeto simulador foi produzido em PMMA com dimensões: $16 \times 14 \times 14 \text{ cm}^3$, Figuras 1 a e b.



b)

Figura 1. a) Projeto do objeto simulador demonstrando as dimensões das cavidades e das peças que são inseridas nelas; b) objeto simulador de PMMA com cinco cavidades inseridas.

A simulação de um planejamento de tratamento de vértebra com proteção da medula espinhal foi realizada com dose de 3 Gy

no acelerador linear Trubeam STx (6MV) com uma taxa de dose de 1400 MU/min utilizando o sistema de planejamento Eclipse 11.0. O planejamento foi transferido ao objeto simulador e com isso foi possível associar as cavidades com o tumor a ser tratado e os possíveis órgãos de risco da simulação do planejamento do tratamento em questão. As curvas de isodose foram avaliadas utilizando dosímetros OSL e os resultados comparados com as curvas fornecidas pelo sistema de planejamento. Para assegurar a confiabilidade do planejamento e garantir que não houvesse movimentação dos dosímetros durante e entre as irradiações foram feitos um molde de material termoplástico com densidade igual a $1,15 \text{ g/cm}^3$ e posicionados nas cavidades (Figura 2). Os dosímetros foram irradiados um a um devido ao posicionamento dos mesmos no molde. As posições de cada dosímetro foram anotadas e armazenadas sempre na mesma sequência nas placas com cavidades enumeradas. Esse processo foi repetido 16 vezes para melhorar a estatística da pesquisa. Para o planejamento, o isocentro foi localizado a uma profundidade de 9 cm do objeto simulador de PMMA. Todas as leituras OSL foram realizadas utilizando a leitora TL/OSL RISO com uso de LED azul, o modo de intensidade de iluminação constante (“Continuous wave – CW”) com pico de emissão de 470 nm e o filtro Hoya U-340.

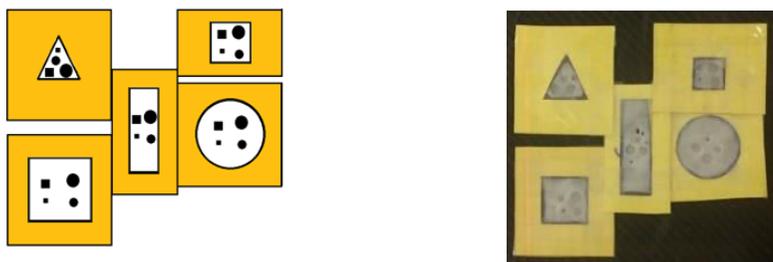


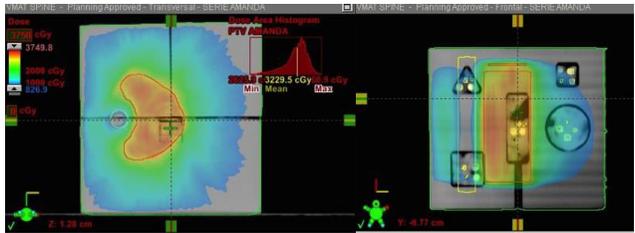
Figura 2. Confeção do molde – peça de material termoplástico + papel cartão – para posicionamento dos dosímetros durante as irradiações.

3. RESULTADOS

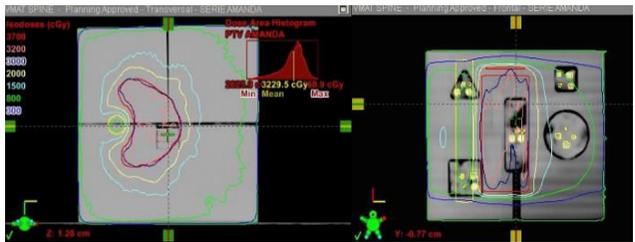
Todos os dosímetros foram selecionados de acordo com a sua repetibilidade e sensibilidade ao ^{60}Co . As sensibilidades individuais ao ^{60}Co dos dosímetros selecionados variaram no máximo em $\pm 5\%$ em relação à sensibilidade média do lote. As curvas de resposta em função da dose apresentaram comportamento linear no intervalo de dose de 0,10 a 10 Gy. Após 10 Gy é possível notar uma tendência de saturação da resposta OSL.

Os valores de sensibilidade obtidos para cada tipo de dosímetro foram: $2,7 \times 10^3$ u.a./Gy e $2,6 \times 10^3$ u.a./Gy para o LiF:Mg,Ti e as fontes de ^{60}Co e feixe de fótons de 6MV respectivamente; $9,8 \times 10^1$ u.a./Gy e $9,9 \times 10^1$ u.a./Gy para o microLiF:Mg,Ti e as fontes de ^{60}Co e feixe de fótons de 6MV respectivamente.

No planejamento, a cavidade 1 (retângulo) simulou o tumor, a cavidade 2 (círculo) o rim, a cavidade 3 (quadrado menor) o esôfago, a cavidade 4 (triângulo) e a cavidade 5 (quadrado maior) a medula. As curvas de isodose do planejamento e o posicionamento dos dosímetros no objeto simulador podem ser observados na Figura 3. Nas Figuras 4 a e b são apresentados os histogramas da variação da dose absorvida obtida utilizando os dosímetros LiF:Mg,Ti e microLiF:Mg,Ti e a técnica OSL na simulação do planejamento de tratamento de vértebra com proteção da medula espinhal.

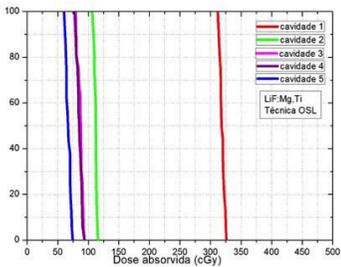


a)

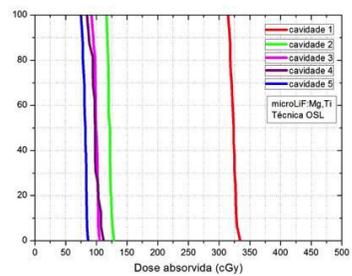


b)

Figura 3. a) Imagens do planejamento de tratamento de vértebra com proteção de medula espinhal simulado no objeto simulador de PMMA com 5 cavidades;
 b) Curvas de isodose calculadas pelo sistema de planejamento Eclipse 11.0 para o planejamento de vértebra com proteção da medula espinhal.



a)



b)

Figura 4. Histograma das variações das doses absorvidas nas 5 cavidades para os dosímetros de a) LiF:Mg,Ti e b) microLiF:Mg,Ti para a técnica OSL.

Na Tabela 1 podem ser observados os valores da dose absorvida mínima, máxima e média obtidas utilizando os dosímetros LiF:Mg,Ti e microLiF:Mg,Ti e a técnica OSL.

Tabela 1. Distribuição de dose obtida através do dosímetro e microdosímetro de LiF:Mg,Ti e fornecida pelo sistema de planejamento Eclipse 11.0.

Cavidade	Dose (Gy)	Órgão	LiF:Mg,Ti	Eclipse 11.0	microLiF:Mg,Ti	Eclipse 11.0
Retângulo (1)	Dose min.	Tumor	3,12	3,12	3,14	3,18
	Dose max.		3,26	3,26	3,34	3,30
	Dose média		3,19±0,04	3,18±0,02	3,22±0,05	3,24±0,03
Círculo (2)	Dose min.	Rim	1,06	1,08	1,16	1,19
	Dose max.		1,16	1,15	1,28	1,25
	Dose média		1,12±0,02	1,13±0,02	1,21±0,03	1,22±0,01
Quadrado menor(3)	Dose min.	Esôfago	0,79	0,81	0,92	0,95
	Dose max.		0,94	0,93	1,06	1,03
	Dose média		0,87±0,04	0,87±0,03	1,00±0,03	0,99±0,02
Triângulo (4)	Dose min.	Medula	0,78	0,79	0,85	0,88
	Dose max.		0,94	0,93	1,12	1,08
	Dose média		0,86±0,04	0,86±0,03	0,94±0,07	0,95±0,04
Quadrado maior (5)	Dose min.	Medula	0,60	0,61	0,75	0,78
	Dose max.		0,74	0,76	0,87	0,84
	Dose média		0,68±0,04	0,66±0,02	0,83±0,03	0,81±0,01

Em relação à dose absorvida média, obtida através dos dosímetros OSL, a maioria dos valores calculados está no intervalo de variação de dose absorvida fornecida pelo sistema de planejamento Eclipse 11.0 e apresentaram uma variação máxima de 3,85%.

4. CONCLUSÕES

Considerando os resultados apresentados e que a avaliação da distribuição de dose é de extrema importância para o controle de qualidade dos equipamentos de VMAT e também dos planejamentos de tratamentos de pacientes, a técnica OSL se mostrou confiável para aplicação na dosimetria em VMAT. Os microdosímetros de LiF:Mg,Ti apresentaram os melhores resultados em relação ao LiF:Mg,Ti, que apesar de menor sensibilidade, esses dosímetros apresentam uma menor probabilidade de estarem posicionados em mais de uma curva de isodose ao mesmo tempo no planejamento devido à sua pequena dimensão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CNEN, CNPq e FAPESP Projeto no. 2010/16437-0 pelo apoio financeiro e à equipe do Departamento de Radioterapia do Hospital Israelita Albert Einstein e Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do IPEN pelas irradiações.

Referências

- Chin, L., Regine, W. (2008) - Principles and Practice of Stereotactic Radiosurgery, Springer, New York.
- Marques, S.S. (2010) - Estudo dosimétrico prévio de irradiação da próstata com arco conformacional dinâmico. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.