

Determinação de parâmetros de *Tongue and Groove* de colimadores de multilâminas

Determination of Tongue and Groove parameters for multileaf collimators

Aluísio Castro¹, Bihn Nguyen² e Carlos E. de Almeida¹

¹Laboratório de Ciências Radiológicas da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

²Prowess Inc. – Concord (CA), Estados Unidos.

Resumo

O efeito *Tongue and Groove* (T&G) caracteriza-se por uma atenuação adicional entre lâminas opostas e adjacentes de colimadores *multileaf* ou multilâminas (MLCs) em campos adjacentes ou complementares. Essa é uma situação típica em tratamentos de radioterapia de intensidade modulada. O objetivo deste trabalho foi medir o largura e a transmissão do efeito (T&G) para dois MLCs comerciais: Varian Millennium 120 (com feixe de 6 MV e 16 MV) e *BrainLab* m3 (apenas para 6 MV). A metodologia utilizada baseou-se na criação de formatos de campos que evidenciassem o efeito T&G, a irradiação desses campos em filme radiocrômico e a avaliação sensitométrica dos filmes para determinação da largura e transmissão T&G. Os resultados para largura T&G para os MLCs estudados foram 2,5, 1,8 e 2 mm, respectivamente, com valores de transmissão T&G 87, 90 e 85%.

Palavras-chave: radioterapia conformal, aprovação de equipamentos, controle de qualidade.

Abstract

The Tongue and Groove effect (T&G) is characterized by an additional attenuation between adjacent and opposing leaves on multileaf collimators (MLCs) in adjacent or complementary fields. This is a typical situation in of intensity-modulated radiotherapy treatments. The aim of this study was to measure the width and transmission of T&G effect for two commercial MLCs: Varian Millennium 120 (6 MV and 16 MV beams) and BrainLab m3 (only for 6 MV). The methodology used was based on the creation of MLC shapes that emphasizes T&G effect, the irradiation of these fields on radiochromic film and the sensitometric evaluation of the films in order to determine the T&G width and transmission. The results for T&G width for studied MLCs were 2.5, 1.8 and 2 mm, respectively, whit transmission T&G values of 87, 90 and 85%.

Keywords: conformal radiotherapy, device approval, quality control.

Introdução

O colimador de multilâminas (MLC) é um dispositivo usualmente empregado em aceleradores lineares que permite colimar o feixe de radiação no formato do tumor, evitando a exposição desnecessária de tecidos sadios. É composto por dois bancos de lâminas metálicas que se movimentam perpendicularmente ao feixe de radiação, como ilustrado na Figura 1. Cada lâmina pode deslizar em relação às outras do mesmo banco, avançando em relação ao eixo central do feixe e o bloqueando ou retraindo e permitindo a exposição do feixe.

Para minimizar a transmissão entre as lâminas adjacentes, a maioria dos MLCs utiliza do artifício de *Tongue & Groove* (T&G), característico de cada projeto de MLC, no qual a face de uma lâmina tem uma porção sobressalente

chamada *tongue* enquanto a face da lâmina adjacente possui uma porção rebaixada denominada *groove* (Figura 2).

Embora T&G reduza a transmissão entre lâminas, cria outro efeito dosimétrico que, apesar de menor, também é importante¹. A transmissão do feixe pela lâmina se torna mais complexa e depende de onde o feixe atravessa o seu perfil: centro, face do *tongue* ou do *groove*. As diferenças de transmissão pelo T&G são ilustradas na Figura 3, que representa um filme radiográfico (B) duplamente exposto com duas configurações de MLC (A e C).

As duas formas MLC são complementares entre si, isto é, as áreas abertas em A são fechadas em C e vice-versa. Na Figura 3, as regiões de subdosagem (linhas mais claras em B) aparecem onde o *tongue* é exposto à radiação, demonstrando o efeito T&G. A magnitude da redução da dose nessas linhas é de 17 e 25% para os aceleradores

lineares Siemens (MXE) e Varian (CL2300 C/D) aceleradores lineares, respectivamente².

O efeito T&G é mais evidente nos tratamentos de radioterapia de intensidade modulada (IMRT), nos quais um campo de irradiação é composto por vários subcampos que podem possuir configurações complementares de MLC.

Segundo estudo de Deng et al.³, para um campo de tratamento de intensidade modulada, o maior efeito T&G poderia ser de até 10% da dose máxima nas distribuições de dose. Para um tratamento IMRT com vários ângulos de gantry (≥ 5), a diferença entre as distribuições de dose com e sem o efeito T&G foi pouco evidente, menos de 1,6% para os dois casos clínicos típicos estudados. Depois de analisar os erros de posicionamento diário do paciente, as distribuições de dose foram suavizadas e as diferenças entre os planos com

e sem o efeito T&G reduzidas e insignificantes. Portanto, para um plano de IMRT de vários campos (≥ 5), o efeito T&G sobre as distribuições de dose IMRT foi, em geral, clinicamente insignificante devido ao efeito de manchas de campos individuais. O efeito T&G em um plano de IMRT com pequeno número de campos (< 5) pode ser significativo ($> 5\%$ da dose

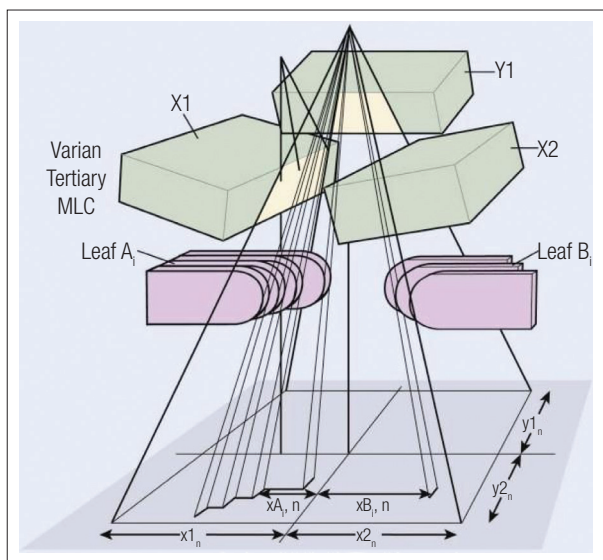


Figura 1. Esquema de colimadores de multilâminas típico.

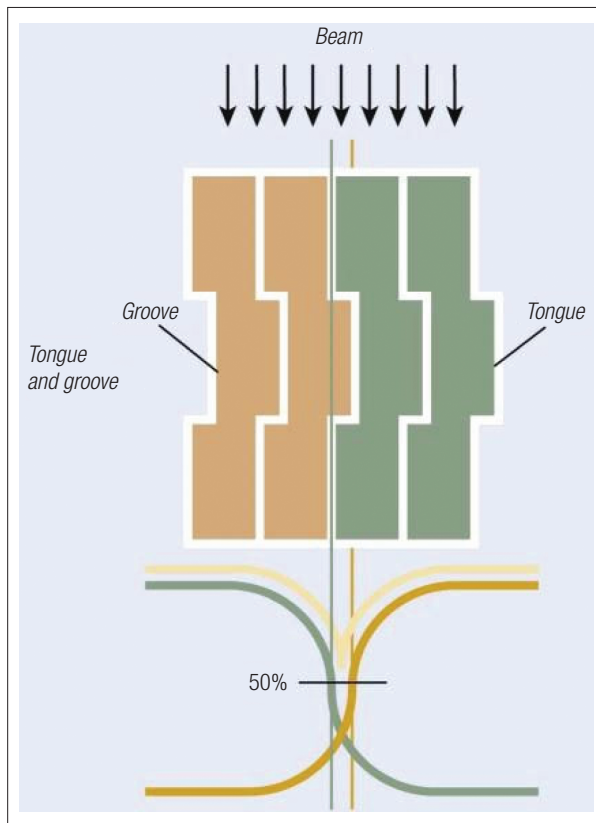


Figura 2. Vista do colimador de multilâminas mostrando o detalhe do Tongue & Groove.

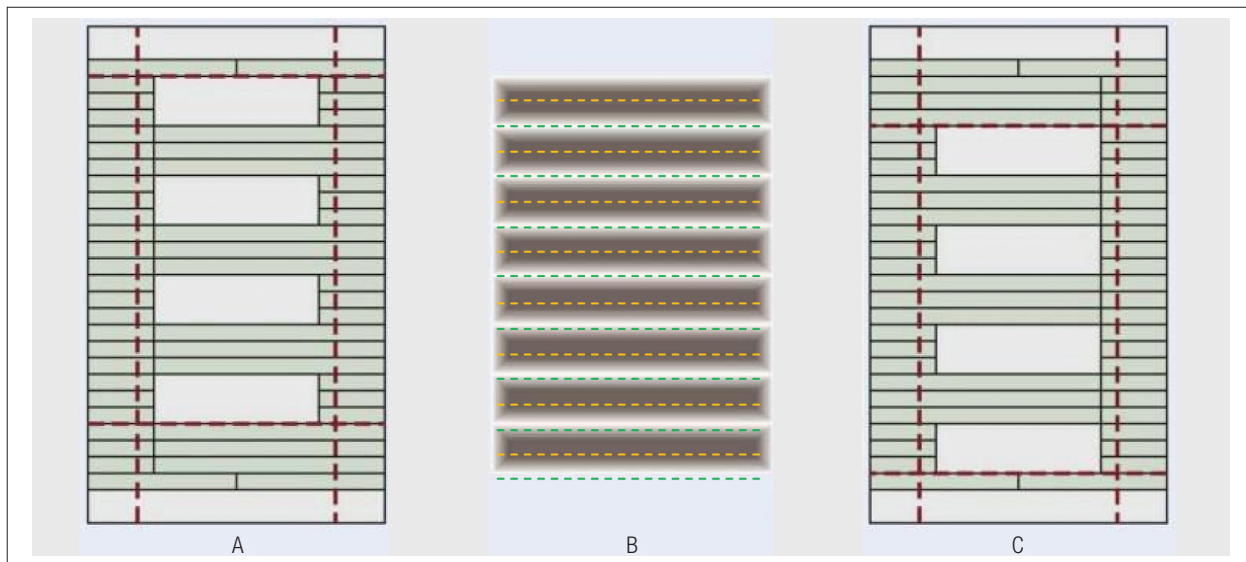


Figura 3. Duas configurações de colimador de multilâminas complementares (A e C) quando expostas a um filme radiográfico (B) geram um padrão não uniforme no qual as linhas de subdosagens (mais claras) evidenciam o efeito Tongue & Groove.

máxima) em alguns casos, especialmente quando a incerteza de posicionamento do paciente é pequena (≤ 2 mm).

O sistema de Planejamento Prowess Panther 5.10 usa dois parâmetros T&G no cálculo da dose:

1. Transmissão T&G ($T_{T\&G}$): empregado para modelar a transmissão por meio de *tongue* ou *groove* da lâmina. O parâmetro padrão é 1,0, o que significa que há transmissão total e sem atenuação T&G e retrata a transmissão percentual da junção *tongue* e *groove*. Por exemplo: 0,1=10% de transmissão por meio da “língua” ou *groove*. Esse parâmetro pode ser medido diretamente e foi avaliado neste estudo.
2. Largura T&G ($L_{T\&G}$): corresponde à largura pela qual a fluência precisa ser atenuada no plano do isocentro. Esta não é a largura física do *tongue and groove*. Quando é zero, significa que não há efeito de T&G. Este valor pode ser configurado para qualquer número menor que a largura da lâmina física. Este parâmetro deve ser obtido tomando-se a largura média a meia altura do perfil de dose ortogonal as linhas de T&G no filme.

O objetivo deste trabalho foi obter experimentalmente os parâmetros T&G para posterior modelamento no sistema de planejamento.

Material e Métodos

Estabeleceu-se uma configuração geométrica de MLC que evidencia o efeito T&G. Sykes e Williams² sugeriram uma configuração em sua investigação, como apresentado na Figura 4 e utilizado neste estudo.

Os MLCs estudados foram: Varian Millenium 120 (feixe de 6 e 16 MV) e Brainlab M3 (feixe de 6 MV). Para cada MLC, irradiou-se um filme radiocrômico Radiograph EBT2 com as configurações do MLC citados acima. A geometria de exposição foi: gantry a 0°, filme perpendicularmente ao eixo central, distância fonte filme 100 cm, 5 placas de água sólida sobre e sob o filme (cada placa medindo 1x30x30 cm³). Além disso,

determinou-se, pela análise dosimétrica do filme, a transmissão de T&G, sendo $T_{T\&G}$ definida como:

$$T_{T\&G} = D_{T\&G} / D_{centro}$$

em que $D_{T\&G}$ é a dose média das linhas de subdosagem do filme, representada na Figura 5 pela linha tracejada

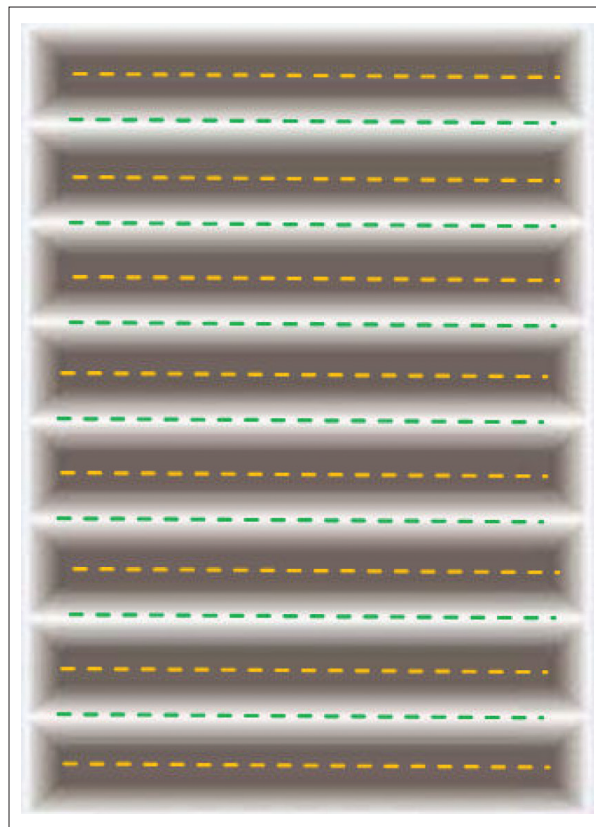


Figura 5. Localização no filme radiográfico das linhas de subdosagem (verdes) e do perfil sob o centro das lâminas (amarelas), de onde se obtêm, respectivamente, $D_{T\&G}$ e D_{centro} .

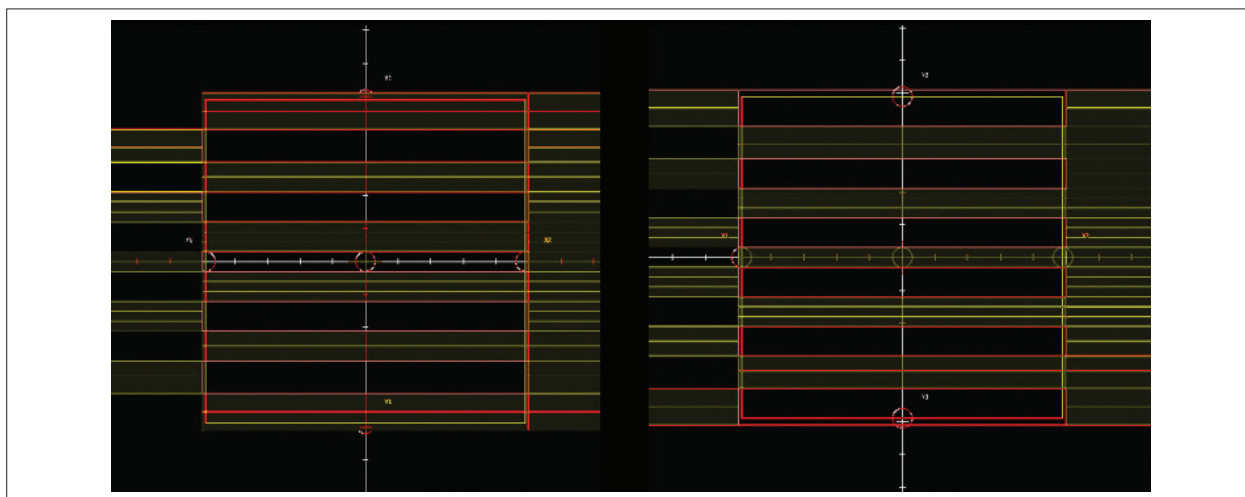


Figura 4. Exemplo de formatos complementares de colimadores de multilâminas que evidenciam o efeito *Tongue & Groove* utilizado neste estudo.

verde, e D_{centro} é a dose média sob o centro das lâminas (linhas tracejadas amarelas).

Resultados

Os valores $T_{\text{T\&G}}$ e $L_{\text{T\&G}}$ medidos para cada MLC estudado são apresentados na Tabela 1.

Discussão e Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho serão expandidos para outros MLCs comerciais e modelados no sistema

Tabela 1. Valores de transmissão *Tongue & Groove* ($T_{\text{T\&G}}$) e de largura *Tongue & Groove* ($L_{\text{T\&G}}$) medidos nos colimadores multi-lâminas estudados.

Colimador de multi-lâminas	TT&G (%)	LT&G (mm)
<i>Varian Millennium 120 6MV</i>	87	2,5
<i>Varian Millennium 120 16MV</i>	90	1,8
<i>BrainLab m3 6MV</i>	85	2,0

de planejamento Prowess Panther 5.10. O modelamento será posteriormente submetido à validação^{4,5}.

Agradecimentos

Ao Centro de Oncologia da Rede DOr no Rio de Janeiro por permitir as medidas em seus MLCs e à Prowess Inc. por orientar e apoiar este estudo.

Referências

- Galvin JM, Smith AR, Lally B. Characterization of a multi-leaf collimator system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1993;25(2):181-92.
- Sykes JR, Williams PC. An experimental investigation of the tongue and groove effect for the Philips multileaf collimator. *Phys Med Biol.* 1998;43(10):3157-65.
- Deng J, Pawlicki T, Chen Y, Li J, Jiang SB, Ma CM. The MLC tongue-and-groove effect on IMRT dose distributions. *Phys Med Biol.* 2001;46(4):1039-60.
- Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.
- Low DA, Moran JM, Dempsey JF, Dong L, Oldham M. Dosimetry tools and techniques for IMRT. *Med Phys.* 2011;38(3):1313-38.