

Comissionamento de IMRT – Aplicação do TG-119 da AAPM

IMRT Commissioning – Application of the AAPM's TG-119

Caroline Zeppellini e Laura Furnari

Instituto de Radiologia, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo (SP), Brasil.

Resumo

A fim de verificar o comissionamento do sistema de planejamento de radioterapia de intensidade modulada (IMRT), aplicou-se o TG-119 da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM). Através de alvos e estruturas normais pré-definidos, executaram-se planejamentos, mediu-se a dose absoluta com câmara de ionização e a relativa com filme, e compararam-se os resultados com os valores planejados. O desvio máximo das medidas com câmara de ionização foi de 3,6%, sendo que, em onze medidas, somente em duas os desvios encontrados foram maiores que o limite, de 3%, recomendado pelo TG-119. O número de pontos que passaram no critério gama de 3% e 3 mm variou entre 96,36% e 99,92%, todas as medidas estavam dentro do recomendado de 95%. Os limites de confiança encontrados, tanto para filme quanto para câmara, foram menores que os atingidos no TG-119. Pelo fato dos nossos resultados terem mostrado uma boa concordância com o TG-119, o sistema está adequado para aplicação clínica.

Palavras-chave: radioterapia de intensidade modulada, padrões de referência, protocolos.

Abstract

In order to verify the commissioning of the planning of intensity-modulated radiation therapy system (IMRT), the TG-119 of the American Association of Physicists in Medicine (AAPM) was applied. Using pre defined targets and normal structures, plans were realized, absolute and relative dose were measured with an ionizing chamber and films, and the results were compared with planned values. The maximum deviation of the measurements with the ionization chamber was 3,6%, but, in the total eleven measurements, only two were bigger than the tolerance limit of 3%, recommended by TG-119. The number of points which passed criteria gamma 3% to 3 mm ranged between 96.36% and 99.92%, all measurements were within the recommended 95%. The confidence limits found for both film and for chamber were lower than those achieved in the TG-119. Our results showed a good concordance with TG-119, what means that the system is adequate for clinical applications.

Keywords: intensity-modulated radiotherapy, reference standards, protocols.

Introdução

Desenvolvida no final dos anos 90, a radioterapia de intensidade modulada (IMRT) permite a conformação da radiação para o contorno da área alvo utilizando múltiplos feixes de radiação de intensidades não-uniformes, o que a diferencia da Radioterapia Conformacional Tridimensional¹. Busca-se, com o IMRT, utilizar alta dose de radiação no volume alvo, enquanto se espera diminuir a exposição à radiação dos tecidos normais circundantes, reduzindo assim a toxicidade do tratamento.

Atualmente, essa modalidade de radioterapia está crescendo em todo o Brasil, o que gera preocupações com o controle de qualidade do tratamento com IMRT, ou

seja, com a garantia de que os tratamentos estejam sendo aplicados de modo preciso.

O planejamento de IMRT exige controle da qualidade rigoroso como a verificação da dose absoluta e das distribuições de dose obtidas a partir de um sistema de planejamento. Há vários *reports* e *guidelines* disponíveis para o comissionamento de IMRT e controle da garantia. Todos estes relatórios enfatizam a importância dos testes de aceitação, do comissionamento e de um programa de garantia da qualidade para os equipamentos de IMRT. A necessidade dessas verificações foi demonstrada, durante uma avaliação da dose de forma independente, realizada pelo *Radiological Physics Center* (RPC) que relatou que de 250 irradiações de cabeça e pescoço, 71 (28%)

não tinham conseguido cumprir os critérios de precisão de 7% para dose, numa região de baixo gradiente, e/ou 4 mm de distância numa região de alto gradiente. Isso sugeriu que algumas clínicas não comissionaram adequadamente seus sistemas de planejamento e de administração da dose de IMRT².

Antes de implementar o IMRT para o uso clínico, deve-se verificar a eficácia do sistema de planejamento através da definição de alvos e estruturas normais nas imagens de CT em um objeto simulador. Deve-se executar o tratamento planejado e medir a dose comparando-a com a dose calculada.

Visando o estabelecimento de critérios para esse comissionamento de IMRT, o grupo tarefa TG-119 da *American Association of Physicists in Medicine* (AAPM) criou um documento guia com um conjunto de planejamentos testes e limites aceitáveis a partir da comparação dosimétrica dos resultados encontrados por várias instituições. Esse documento apresenta valores de referência para limites de confiança a serem esperados no comissionamento e dá os objetivos de dose do plano para o alvo e estruturas críticas para diferentes conjuntos de testes como ântero/posterior (AP/PA), bandas de AP/PA, multialvo, simulações de próstata, cabeça e pescoço e um alvo em forma de C com dois *constraints* diferentes.

Esses testes foram aplicados ao sistema de planejamento utilizado no Instituto de Radiologia (INRAD) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Apresentam-se, em seguida, as adaptações que tiveram que ser feitas e os resultados encontrados.

Material e Métodos

Seguindo orientação do TG-119, foi utilizado um objeto simulador, com espessura de 20 cm, formado por placas planas de água sólida de 30x30 cm². Com esse conjunto, foi possível fazer medidas com câmara de ionização e filmes.

Os sistemas dosimétricos empregados, separadamente, foram: uma câmara de ionização CC-13 Scanditronix com volume sensível de 1,3 cm³ para dosimetria absoluta e filmes Gafchromic[®] EBT3 para avaliação da dose planar.

O acelerador linear empregado foi um 6EX da Varian com um *Micro Multileaf Collimator* (MMLC) BrainLab M3 que possui lâminas com largura de 0,3 cm nos 4,2 cm centrais e lâminas com 0,45 cm e 0,55 cm na periferia do campo, possibilitando um campo máximo de 9,8x9,8 cm². Essa limitação no tamanho de campo do MMLC obrigou-nos a modificar as estruturas alvos no teste multialvo. Reduziram-se os volumes do alvo superior e inferior de 52,57 cm³ e 51,99 cm³ para 32,971 cm³ e 33,194 cm³, respectivamente. Fizeram-se também modificações no teste de banda, dividindo-a em 5 bandas de 2 cm.

Para a obtenção dos planos baixaram-se as imagens DICOM-RT e as estruturas fornecidas pelo TG-119 para o sistema de planejamento (IPLAN Versão 4.1). Os planos foram elaborados para fótons com uma energia de 6 MV, dose por fração de 200 cGy, aplicando o cálculo de heterogeneidade com uma grade de 2 mm. As doses usadas nos alvos foram aquelas indicadas no TG-119.

Para a comparação dos valores de dose absoluta utilizou-se a relação:

$$\frac{\text{(Medida-Planejada)}}{\text{(Prescrita)}}$$

Para a comparação da dose planar, empregou-se o critério gama 3% de dose e 3 mm de distância de concordância³. A região de interesse da análise gama foi limitada pela isodose de 10%. O *software* utilizado foi OmniPro.

Com o objetivo de reduzir o efeito da variação do *output* diário do acelerador, determinou-se um fator de correção obtido a partir de medidas com câmara de ionização, no isocentro (profundidade 10 cm), com campo 10x10 cm², realizadas antes de cada teste.

Realizou-se outro teste preliminar para verificar a precisão da resposta do filme, que consistiu em determinar a incerteza nas medidas com filme, fazendo três irradiações idênticas com dose variando de 0 a 4 Gy e comparando os resultados entre si. Também, fez parte do teste realizar uma irradiação usando uma série de campos AP/PA de forma a criar um conjunto de 5 bandas igualmente espaçadas e confirmar a dose medida no filme com aquela fornecida pela câmara de ionização.

Resultados

Objetivos do plano

As Tabelas de 1 a 5 apresentam, para cada planejamento, o objetivo de dose proposto pelo TG-119 (coluna 2) em diversas isodoses (coluna 1), os valores de dose atingidos pelos planejamentos executados neste trabalho (coluna 3) e a média dos valores apresentados pelas instituições que participaram do estudo (coluna 4).

Ao se analisar os dados encontrados, verifica-se que praticamente todos os objetivos dos planos foram atingidos, a não ser para os valores da dose D99 do plano multialvo e plano cabeça e pescoço e os de dose D10 do

Tabela 1. Estatística do plano multialvo.

Parâmetro de planejamento	Objetivo do plano (cGy)	Atingido (cGy)	Média
D99 no alvo central	≥5000	4950	4955
D10 no alvo central	≤5300	5273	5455
D99 no alvo superior	≥2500	2673	2516
D10 no alvo superior	≤3500	3055	3412
D99 no alvo inferior	≥1250	1422	1407
D10 no alvo inferior	≤2500	1820	2418

Cshape Difícil. A Tabela 6 apresenta os desvios encontrados e pode-se verificar que são bem pequenos — com exceção da dose para a curva D10 no alvo no plano Cshape Difícil. Mas se for feita a comparação com valores médios encontrados por outras instituições ver-se-á que os valores são semelhantes (os desvios muito pequenos), e para a dose na curva D10 na medula, apesar do desvio ser de 14,7%, é muito inferior que a média das instituições, que é de 63%.

Tabela 2. Estatística do plano próstata.

Parâmetro de planejamento	Objetivo do plano (cGy)	Atingido (cGy)	Média
D95 no alvo	≥7560	7631	7560
D5 no alvo	≤8300	7922	8143
D30 no reto	≤7000	6699	6536
D10 no reto	≤7500	7500	7303
D30 na bexiga	≤7000	4094	4394
D10 na bexiga	≤7500	6043	6269

Tabela 3. Estatística do plano CP.

Parâmetro de planejamento	Objetivo do plano (cGy)	Atingido (cGy)	Média
D90 no alvo	≥5000	5210	5028
D99 no alvo	≥4650	4550	4704
D20 no alvo	≤5500	5503	5299
Dmáx medula	≤4000	3721	3741
D50 na parótida direita	≤2000	1787	1798
D50 na parótida esquerda	≤2000	1831	1798

Tabela 4. Estatística do plano Cshape Fácil.

Parâmetro de planejamento	Objetivo do plano (cGy)	Atingido (cGy)	Média
D95 no alvo	≥5000	5015	5010
D10 no alvo	≤5500	5459	5440
D10 na medula	≤2500	1971	2200

Tabela 5. Estatística do plano Cshape Difícil.

Parâmetro de planejamento	Objetivo do plano (cGy)	Atingido (cGy)	Média
D95 no alvo	≥5000	5013	5011
D10 no alvo	≤5500	5750	5702
D10 na medula	≤1000	1147	1630

Tabela 6. Desvio nos objetivos dos planos.

Parâmetro de planejamento	Desvio no valor atingido	Desvio em relação à média
Plano multialvo D99 no alvo central	1%	0,01%
Plano Cshape D10 no alvo	4,5%	0,83%
Plano Cshape D10 na medula	14,7%	A média apresenta um desvio de 63%
Plano CP D99 no alvo central	2%	3,2%

Testes Preliminares

O teste de verificação da incerteza de medida do filme mostrou medidas idênticas entre os filmes. Com isso, assumiu-se que a incerteza relacionada à medida era suficientemente pequena o que significa que o filme é adequado para a realização dos testes.

O teste de banda resultou num percentual de 99% de pontos que passam na análise gama e num desvio máximo de dose absoluta em relação ao planejado de 0,6%, demonstrando uma boa precisão do filme.

Dosimetria absoluta

A Tabela 7 apresenta os desvios das doses absolutas avaliadas com câmara de ionização nas regiões de alta e baixa dose, respectivamente, para cada plano.

A Tabela 8 mostra a média, o desvio padrão e o limite de confiança obtido para as regiões de alta e baixa dose.

A expressão que fornece o limite de confiança é:

$$CL = |\text{mean}| + 1.96 \sigma$$

onde:

mean = média das diferenças entre os valores medidos e os esperados para certo número de medidas realizadas nas mesmas condições;

σ = desvio padrão das diferenças;

1,96 = fator relacionado às diferenças randômicas, conforme definido por Palta et al.⁴.

Nessa formulação, deve-se esperar que 95% dos pontos medidos caiam no limite de confiança.

Qualquer diferença entre a dose medida e a calculada corresponde à incerteza randômica e pode ter sido causada pela incerteza nas medições, pela imprecisão dos métodos de cálculo de dose ou pelas limitações na administração da dose. Os testes indicados neste estudo destinam-se a verificar a precisão global do sistema de IMRT,

Tabela 7. Desvio de Dose medida no PTV com câmara de ionização em regiões de alta e baixa dose.

Planejamento	Região de alta dose	Região de baixa dose
Multialvo superior	–	0,007
Multialvo inferior	–	0,009
Multialvo central	-0,028	–
Próstata	0,01	-0,036
CP	-0,022	0,007
Cshape Fácil	-0,011	-0,015
Cshape Difícil	-0,032	-0,006

Tabela 8. Média, desvio padrão e limite de confiança das medidas com câmara de ionização em regiões de alta e baixa dose.

Planejamento	Região de alta dose	Região de baixa dose
Média	-0,0164	-0,006
Desvio padrão	0,017	0,018
Limite de Confiança	0,0495	0,0405

mas não possibilitam a distinção individual entre os diversos erros.

A Tabela 9 apresenta o percentual de pontos que passaram no critério gama 3% e 3 mm para cada plano e a Tabela 10 mostra a média, o desvio padrão e o limite de confiança obtido para as médias planares feitas com filme.

Uma dificuldade encontrada nas avaliações com filmes foi o fato de, ao ser cortado, ele ficar com uma grande região de cisalhamento próxima ao corte. Essa região falhava na análise gama, o que gerou a necessidade de repetir alguns testes planares.

Ao fazer medidas com a câmara de ionização, o problema encontrado foi o valor da fuga, que, nos testes em que as lâminas ficavam fechadas por muito tempo, era grande em relação às medições cujo sinal era muito pequeno. A dificuldade foi resolvida com a troca do cabo de conexão entre o eletrômetro e a câmara.

Inicialmente, as medidas de dose absoluta apresentavam uma tendência de serem menores que as planejadas. Em função disso, fizeram-se novas medidas do fator de transmissão das lâminas e observou-se que era menor que o valor do fator inserido no sistema de planejamento. Feita a devida correção no sistema de planejamento, as diferenças de dose absoluta encontradas ficaram menores.

Tabela 9. Percentual de pontos dos filmes que passaram no critério gama 3% e 3 mm.

Planejamento	Ponto de medida	Porcentagem de pontos (%)
Multialvo	Isocentro	96,41
Próstata	Isocentro	98,34
	2,5 cm posterior	99,92
CP	Isocentro	99,70
	4,0 cm posterior	99,28
Cshape Fácil	Isocentro	97,02
	2,5 cm anterior	98,99
Cshape Difícil	Isocentro	96,36
	2,5 cm anterior	97,81

Tabela 10. Média, desvio padrão e limite de confiança das medidas feitas com filme.

Planejamento	
Média	97,84
Desvio padrão	1,34
Limite de confiança	4,79

Discussão e Conclusões

A proposta deste estudo, que foi verificar se o sistema de planejamento atende aos objetivos dos planos, sugeridos no protocolo TG-119, e avaliar a precisão do processo de administração da dose do acelerador linear, foi cumprida.

A medida com câmara de ionização mostrou que a diferença entre as doses medida e planejada em módulo variou entre 0,6 e 3,6%. Apenas duas medidas ficaram acima de 3%, valor sugerido pelo Guidelines for the Verification of IMRT da ESTRO⁵.

A medida de distribuição de dose teve percentual de pontos que passaram na análise gama variando de 96,36 a 99,92%; ou seja, nenhum caso abaixo do recomendado de 95%.

Todos os resultados encontrados estavam dentro dos limites de confiança apresentados no TG-119 para média das intuições: 4,5% para medidas com câmara de ionização em região de alta dose, 4,7% para medidas com câmara de ionização em região de baixa dose e 12% para medidas de dose planar.

Como o limite de confiança encontrado tanto com filme quanto com a câmara ficaram abaixo de 5%, pode-se considerar que a modelagem de IMRT no sistema estudado foi adequada.

O presente estudo é prova de que documentos como o TG-119 são extremamente importantes, pois só com sua aplicação foi possível perceber uma variação de transmissão de lâmina que não era observada no controle de qualidade rotineiro de dose absoluta e relativa de pacientes.

Referências

- Hong T, Ritte, M, Harari P. Intensity-modulated radiation therapy: Emerging cancer treatment technology. *Br J Cancer*. 2005;92:1819-24.
- Ezzell GA, Burmeister JW, Dogan N, LoSasso TJ, Mechalakos JG, Mihailidis D, et al. IMRT commissioning: multiple institution planning and dosimetry comparisons, a report from AAPM Task group 119. *Med Phys*. 2009;36(11):5359-73.
- Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys*. 1998;25:656-61.
- Palta J, Kim S, Li J, Liu C. Tolerance limits and action levels for planning and delivery of IMRT QA. In: Palta JR, Mackie TR, editors. *Intensity-Modulated Radiation Therapy: The State of Art*. Madison: Medical Physics; 2003: p. 593-612.
- Alber M, Broggi S, De Wagter C, Eichwurzel I, Engström P, Fiorino C, et al. Guidelines for the verification of IMRT. Brussels: (ESTRO); 2008.