

Aplicação da Técnica arco volumétrica modulada VMAT na Irradiação Total da Medula óssea TMI

Autores: Rita Alessio¹, Leonardo Peres², Cláudio Viegas², Saulo Fortes², Diogo Valente³

1-Residente Física Médica/ Radioterapia do Programa

2-Staff INCA

3-Residente Médico

Email: ritavita12@gmail.com

INTRODUÇÃO

A irradiação do corpo todo (TBI) é um regime de condicionamento realizado antes do transplante da medula óssea, o qual é utilizado no tratamento de várias doenças como leucemia, anemia aplástica, linfoma, múltiplos mielomas, doenças autoimunes e erros de metabolismo congênito. O TBI é utilizado para suprimir o sistema imunológico do paciente e evitar a rejeição da medula óssea do doador. E também para erradicar células tumorais da medula óssea que escapam de outras terapias, como cirurgia, quimioterapia ou irradiação local e permanecem escondidas no corpo para voltar a crescer mais tarde [1]. As doses de TBI entregues aos olhos, fígado, coração, rins e pulmões podem causar toxicidades crônicas e agudas significativas que têm um impacto adverso na qualidade de vida dos pacientes. Um dos efeitos em longo prazo (crônicos) são: catarata, pneumonite, esterilidade e malignidades secundárias.

Os métodos TBI convencionais não podem fornecer maiores doses de radiação de forma segura sem aumentar a toxicidade para os tecidos / órgãos normais circundantes. Assim, técnicas que poderiam proporcionar a entrega de dose mais segura para esses pacientes foram altamente procuradas. Inicialmente, estudos que utilizaram IMRT no tratamento de TBI como o sistema Tomoterapia Hi-Art mostraram que as doses nos órgãos de risco podem ser reduzidas utilizando esta técnica [2]. Wilkie et al. 2008 [3] relacionaram um estudo de viabilidade para TMI com linacs convencionais e aplicação de IMRT em uma configuração de isocentro múltiplo. O estudo foi realizado em um fantoma antropomórfico, e mostrou que o IMRT pode reduzir a dose nos órgãos em risco (OAR) em 29% -65% em comparação ao TBI. Uma das vantagens da técnica VMAT com relação às outras é o tempo reduzido de tratamento assim como o número de Mus. Outro benefício do VMAT em comparação com a tomoterapia é a possibilidade de realizar o tratamento em aceleradores lineares convencionais, que estão configurados para ter essa capacidade [4].

OBJETIVO

O objetivo do presente estudo foi investigar a técnica arco volumétrica modulada VMAT na Irradiação Total da Medula óssea TMI, e reduzir as doses entregue aos cristalinos, coração, pulmões, estômago, fígado, rins, bexiga, reto e intestino, utilizando a margem de PTV de 5 mm adicionada à CTV. E comparar as doses calculadas no sistema de planejamento com as doses administradas no objeto simulador, através de detectores termoluminescentes (TLDs) posicionados no pulmão, coração e em duas posições no PTV.

MÉTODO

Os planos de tratamento VMAT-TMI foram realizados através do sistema de planejamento de tratamento Eclipse (TPS) (VarianTM Medical Systems, Palo Alto, CA). O cálculo da dose final foi realizado com o algoritmo analítico anisotrópico (AAA), versão 13.6.26. O PTV foi dividido em quatro regiões. No PTV1 foi incluído o crânio, coluna cervical de C1 a C7 e os ossos do rosto. O PTV2 incluiu T1 a T11, caixa torácica e esterno. Em PTV3 foi incluído T12 a I4. Por fim, no PTV 4 foi incluído o limite I4-I5 até o final do sacro. Os OARs incluídos foram os cristalinos, os pulmões, o coração, o estômago, o fígado, os rins, a bexiga, o reto e o intestino. Todas as estratégias de planejamento visaram reduzir as doses nos órgãos de risco, de acordo com o princípio ALARA.

Quatro sub-planos foram gerados. O primeiro plano contém dois arcos adjacentes correspondendo ao volume alvo na região da cabeça e pescoço (PTV1), quatro arcos adjacentes para região torácica (PTV2), dois para a região abdominal (PTV3) e, finalmente, quatro para a região pélvica (PTV4).

As otimizações do plano de tratamento foram realizadas sequencialmente da região mais superior para a região mais inferior. Inicialmente, foi otimizado o sub-plano para a região da cabeça e pescoço. Em seguida, o sub-plano para a região torácica foi otimizado utilizando o plano da região da cabeça e pescoço como plano base. Os sub-planos para as outras duas regiões foram otimizados de forma semelhante. O plano final VMAT-TMI foi então criado como uma soma dos quatro planos individuais.

Para avaliar a qualidade da entrega da dose e com a dose calculada no sistema de planejamento, foram realizadas medidas dosimétricas padronizadas de garantia de qualidade de pré-tratamento com TLD. Um total de 8 TLDs de fluoreto de lítio foram utilizados para esta análise. Foram colocados 4 TLDs nos pulmões, 2 TLDs no coração e 2 na região do PTV. O fator de calibração para os TLDs foram determinados através de 2 exposições repetidas ao feixe de 6 MV seguidos de métodos de leitura e análise padrão.

RESULTADOS

As toxicidades induzidas após o tratamento TBI convencional, como pneumonite, podem ser fatais para o paciente. Hui et al. indicou que a não homogeneidade da distribuição da dose de TBI cria pontos frios e quentes no alvo e nos órgãos de risco. Eles detectaram que no TBI parte da medula óssea recebia uma dose de menos de 80% da prescrição de dose. Além disso, a dose pulmonar máxima era de aproximadamente 133% maior que a da dose de prescrição. Os resultados também sugeriram que os pontos quentes encontrados no TBI eram de pelo menos 144% maior que a dose prescrita [2].

As distribuições de isodose para o plano soma de tratamento VMAT-TMI são mostradas na Fig. 1. O plano soma foi alcançado de modo que 85% do PTV recebesse 12 Gy. O método de normalização escolhido (V100% = 85%), não é totalmente compatível com ICRU, mas compatível com publicações anteriores [5,6,7]. As distribuições de isodose demonstraram que a maior parte do volume pulmonar recebeu uma dose inferior a 8,7 Gy.

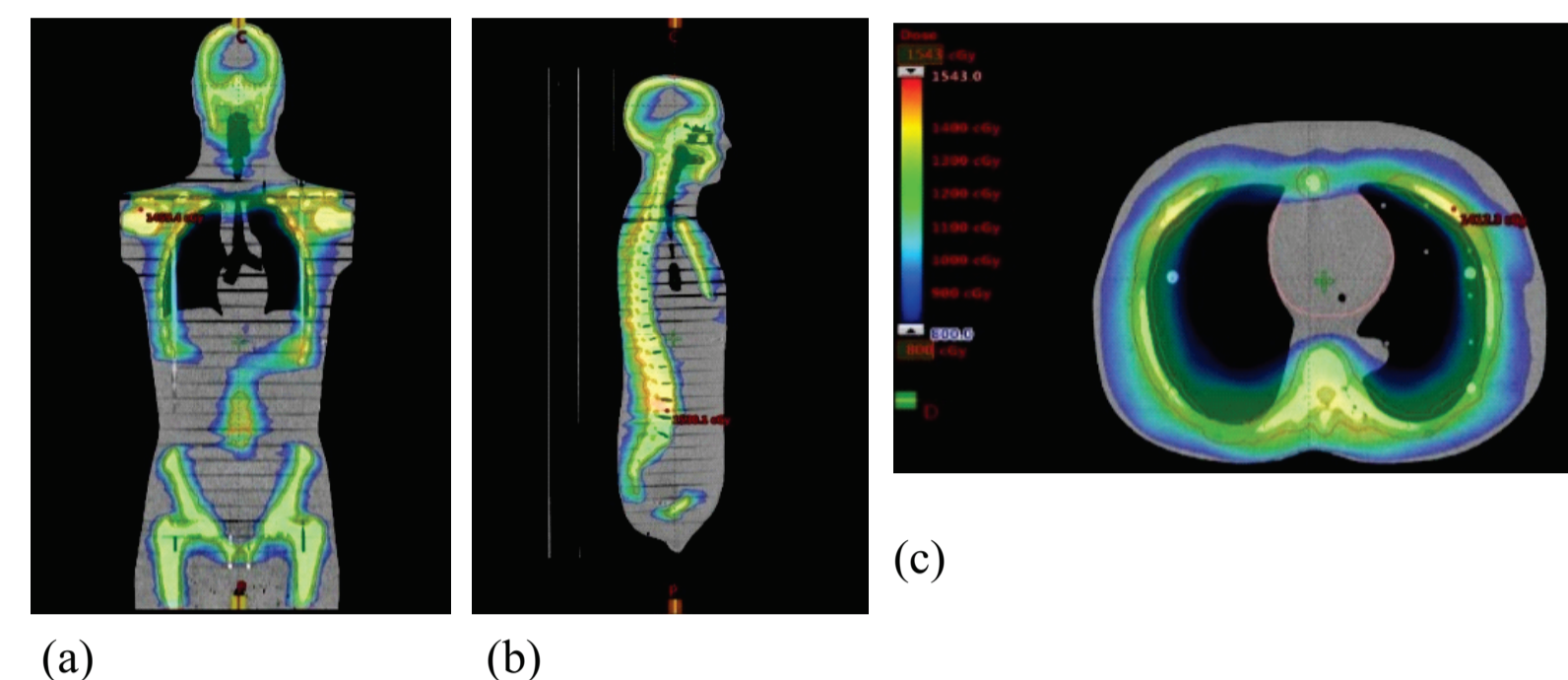


Figura 1: Distribuições de isodose do plano VMAT-TMI, no objeto simulador no corte (a) frontal, (b) lateral, (c) axial. As doses apresentadas variam de 8 Gy a 15,5 Gy.

A dose média no PTV total é 1249 cGy. As doses médias para os OARs estão listadas na Tabela I, com os valores correspondentes referentes as reduções de dose para o plano VMAT-TMI em relação à prescrição de dose de TBI convencional. Estes valores sugerem reduções potenciais de dose para essas estruturas críticas de 27% - 73% ao usar VMAT-TMI com uma margem de PTV de 5 mm. Além disso, a dose média de pulmão é de aproximadamente 8,7 Gy, que está abaixo do ponto de corte de 9,4 Gy, na qual a probabilidade de complicações pulmonares letais aumenta muito.

As doses médias dos órgãos de risco foram, em geral, <6 Gy (50% da dose prescrita de 12 Gy), com exceção da dose entregue aos pulmões, para as quais a dose média foi de 8,7 Gy. O coração com dose média de 3,8 Gy recebeu a menor dose. A Fig. 2 exibe o histograma de dose-volume para a soma dos planos. A separação entre o PTV e OARs no histograma de volume de dose indica que os órgãos de risco foram preservados com sucesso.

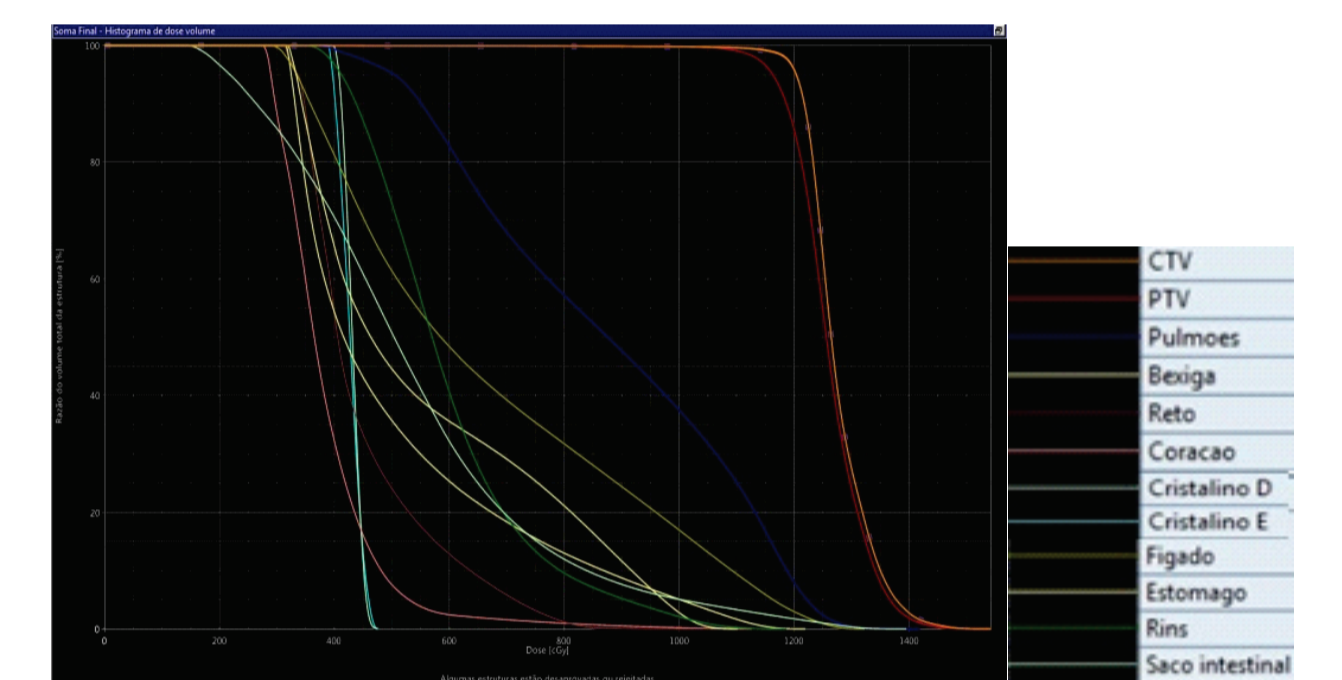


Figura 2: DVH do plano soma para VMAT-TMI.

Tabela I: Comparação da dose média (cGy) para os órgãos de risco para o plano VMAT e % Redução da dose de prescrição.

Estrutura	TMI-VMAT (dose média cGy)	% Redução de dose de 1200 cGy do TBI
Cristalino D	431	64
Cristalino E	427	64
Coração	384	68
Pulmões	871	27
Estômago	560	53
Fígado	664	45
Rins	596	50
Bexiga	510	57
Reto	449	62
Intestino	535	55

Análise do TLD

As leituras dos TLDs confirmaram a precisão do fornecimento de dose para a técnica VMAT-TMI para o plano soma. Todas as 8 posições de medição da dose estavam dentro de 7% da dose calculada do TPS. A distribuição das diferenças percentuais variou de -5% a +7% da dose calculada. A diferença percentual da dose medida para a dose calculada deve estar dentro de $\pm 7\%$ [8].

Tabela II. Comparação das doses medidas com TLD e calculada no TPS. As doses são relatadas para uma única fração em cGy.

Posição	Esperada(TPS) \pm Desvio Padrão	Medida \pm Desvio Padrão	Diferenças Percentuais
1 Pulmão	63,0 \pm 3,0	58,4 \pm 3,2	7%
2 Pulmão	91,0 \pm 3,3	84,7 \pm 5,1	7%
3 Pulmão	64,0 \pm 2,2	60,0 \pm 2,7	6%
4 Pulmão	90,2 \pm 4,1	89,0 \pm 3,7	1%
1 Coração	42,6 \pm 3,5	44,4 \pm 2,2	-4%
2 Coração	35,6 \pm 0,9	37,3 \pm 1,2	-4%
PTV 1	152,2 \pm 2,4	160,0 \pm 7,5	-5%
PTV 2	153,9 \pm 3,0	151,0 \pm 7,1	1%

CONCLUSÃO

Tratamentos de TMI clinicamente favoráveis podem ser planejados e entregues de forma precisa e eficiente com a técnica RapidArc VMAT. Os resultados dosimétricos são encorajadores e sugerem que não só os planos VMAT-TMI são dosimetricamente favoráveis, mas que também podem ser alcançados e entregues com precisão.

REFERÊNCIAS

- [1] D. Gilson, R. Taylor. Br. J. Radiol. 70, 1201-1203(1997).
- [2] S. K. Hui, J. Kapatoes, J. Fowler, D. Henderson, G. Olivera, R. R. Manon, B. Gerbi, T. R. Mackie, and J. S. Welsh, "Feasibility study of helical tomotherapy for total body or total marrow irradiation," Med. Phys. 32(10), 3214-3224 (2005).
- [3] J. R. Wilkie, H. Tiriyaki, B. D. Smith, J. C. Roeske, J. A. Radosevich, and B. Aydogan, "Feasibility study for linac-based intensity modulated total marrow irradiation," Med. Phys. 35(12), 5609-5618 (2008).
- [4] M. Surucu, M. Yeginer, G. Kavak, J. Fan, J. Radosevich, and B. Aydogan, Verification of dose distribution for volumetric modulated arc therapy total marrow irradiation in a humanlike phantom, Medical Physics, Vol. 39, No. 1 (2012).
- [5] A. Fogliata, L. Cozzi, A. Clivio, A. Ibatucci, P. Mancosu, P. Navarra, G. Nicolini, A. Santoro, E. Vanetti, and M. Scorsetti, "Preclinical assessment of volumetric modulated arc therapy for total marrow irradiation," Int. J. Radiat. Oncol., Biol., Phys. 80(2), 628-636 (2011).
- [6] C. Han, T. E. Schultheiss, J. X. Wong, Dosimetric study of volumetric modulated arc therapy fields for total marrow irradiation, Radiotherapy and Oncology 102, 315-320 (2012).
- [7] P. Mancosu, P. Navarra, L. Castagna, A. Roggio, C. Pellegrini, G. Reggiori, A. Fogliata, F. Lobefalo, S. Castiglioni, F. Alongi, L. Cozzi, A. Santoro, M. Scorsetti, Anatomy driven optimization strategy for total marrow irradiation with a volumetric modulated arc therapy technique, Journal of Applied Clinical Medical Physics, 13, 1, (2012)
- [8] K. K. Kishling, D. Yaldo, D. Followill, S. Kry, S. Scarboro, S. Frank, R. Howell, Evaluation of RapidArc Dose Delivery Using Radiological Physics Center Phantoms (Med Phys 37(6):3238 (2010).