

Utilização do Software 3DVH como método complementar de avaliação de pré-tratamento de IMRT

Use of the 3DVH Software as a complementary method of IMRT pretreatment evaluation

Jessé G. P. Lyra, Fábio F. Bruning, Melissa Funchal, Hugo V. Toledo, Pricila Bornatto e Tatiane C. O. Fernandes

Hospital Erasto Gaertner / Liga Paranaense de Combate ao Câncer (LPCC), Departamento de Radioterapia – Curitiba (PR), Brasil.

Resumo

O objetivo deste estudo é comparar o método de avaliação de um plano de tratamento de IMRT através do índice gama com o método de avaliação do Software 3DVH. Foi utilizado o software 3DVH juntamente com a matriz de detectores MapCheck2 sob feixes de raios-x de 6MV de um acelerador linear equipado com um MLC de 120 lâminas. Foram feitos planejamentos no sistema Eclipse, utilizando algoritmo de cálculo AAA na técnica de IMRT em *sliding window*, para nove pacientes de próstata escolhidos de forma aleatória e completamente anonimizados. Estes planejamentos foram aprovados conforme critério de avaliação do índice gama estabelecido pela instituição. As comparações foram feitas em dose absoluta e normalizada no máximo de dose para cada campo e então, com o software 3DVH, foram avaliados os parâmetros de D_{máx}, D_{méd}, D15%, D25%, D35% e D50% para a bexiga e reto, D_{méd} para o bulbo, D_{máx} para o fêmur e D95% para o PTV. Na análise planar por campo, os planos avaliados tiveram um mínimo de aprovação de 97,5%. As diferenças relacionadas ao PTV tiveram variação relativa de 1,3 a 2,2% positiva, ou seja, uma cobertura maior do que o esperado para esta estrutura. Quanto aos órgãos de risco, a variação relativa foi de -5,3 à 25,8%, que se próximo as tolerâncias clínicas, podem resultar em não aprovação do plano de tratamento. Os resultados encontrados mostram que, mesmo um plano tendo compatibilidade maior ou igual à 95% dos pontos, a análise gama não dá informações clínicas suficientes se este plano pode ou não ser aprovado para tratamento e que há a necessidade de uma verificação mais detalhada do plano, que considere não somente a avaliação planar, mas também a avaliação do DVH medido, e o software 3DVH se mostrou adequado para esta análise.

Palavras-chave: validação de programas de computador, planejamento de radioterapia assistida por computador, radioterapia de intensidade modulada, controle de qualidade.

Abstract

The aim of this study is to compare the method of treatment planning evaluation for IMRT using the gamma index to the method of the 3DVH Software. The 3DVH Software was used with the MapCheck2 detector 2D array under a 6MV x-ray beam of linear accelerator equipped with 120 leaves MLC. Nine treatment plans of prostate patients chose randomly and fully anonymize were performed in the Eclipse planning system, using the AAA calculation algorithm in IMRT *sliding window* technique. These plans were approved and treated according to the gamma analysis criteria of the institution. The comparisons were made in absolute dose and normalized at maximum dose for each field and then with the 3DVH Software the D_{max}, D_{mean}, D15%, D25%, D35% and D50% parameters for the bladder and rectum, D_{mean} for the bulb, D_{max} for the femur and D95% for the PTV were evaluated. In the planar analysis by field, the plans studied had a minimum of 97.5% approval. The PTV-related differences have relative variation from 1.3 to 2.2%, that is, greater coverage than expected for this structure. For the organs at risk, the relative differences observed were between -5.3 to 25.8%, which could result in a non-approved plan if these variations are close to the clinical tolerances of the OAR. The results show that even a plan compatible with greater than or equal to 95% of the points, the gamma analysis does not give enough information if this plan can or cannot be approved for treatment and that there is a need for more detailed verification of the plan which considers not only the planar evaluation, but also the evaluation of the DVH measured, and the 3DVH Software proved be adequate for this analysis.

Keywords: software validation, computer-assisted radiotherapy planning, radiotherapy, intensity-modulated, quality control.

Introdução

Com a evolução crescente dos sistemas de planejamento e tecnologia empregada na execução da radioterapia, surgiu a necessidade de maior precisão nos métodos de planejamentos, controles de qualidades e execução dos tratamentos.

A IMRT, ou Radioterapia de Intensidade Modulada, é uma técnica que surgiu no final dos anos 90 permitindo um alto grau de conformação nos planos de tratamento, utilizando feixes múltiplos de intensidades variadas, poupando áreas sadias e possibilitando o tratamento de tumores irregulares sem causar exposição excessiva dos tecidos normais adjacentes, reduzindo a toxicidade do tratamento. Devido a estas características, a IMRT tornou-se uma técnica rotineiramente empregada no tratamento de Radioterapia nos centros de referência em oncologia¹.

Um controle de qualidade (CQ) para um tratamento de IMRT envolve várias etapas, desde o cálculo até a entrega de dose. Tipicamente, é feito transferindo o planejamento do paciente para o objeto simulador e irradiando este objeto simulador com o planejamento do paciente, obtendo ambas as distribuições de dose, calculada e medida, neste objeto simulador².

A comparação destas distribuições de dose é feita pelo índice gama. Este é um índice numérico usado como critério de aceitação que considera simultaneamente a diferença de dose e a distância de concordância^{3,4}.

A análise do índice gama depende fortemente dos seus detalhes de avaliação. Um critério de avaliação usado pela maioria das instituições é que pelo menos 95% dos pontos avaliados acima do limiar de dose deve ter o índice gama ≤ 1 para os critérios de avaliação de 3%/3mm. Porém, artigos recentes declaram que o índice gama, independentemente de seu critério de avaliação, não prevê erros relevantes de dose, ou seja, não se tem correlação entre o resultado do índice gama por campo e seu impacto clínico permanece sem clareza³⁻⁶.

Kruse⁷ mostrou recentemente que não se deve confiar apenas nos critérios de aceitação de análise do índice gama pois estes critérios podem mudar de paciente para paciente. Desta forma, a verificação de pré-tratamento também deve ser feita considerando tolerâncias clínicas dos órgãos de risco e volume de tratamento.

A SunNuclear Corporation criou um software de controle de qualidade, o 3DVH, que traz ferramentas para avaliação da dose entregue pelo sistema, comparando-a com a dose planejada. O 3DVH usa os dados do CQ de IMRT convencional, baseado na dose medida no objeto simulador, para prever o impacto da dose no paciente. Ele processa os dados com geometria baseado no objeto simulador (homogêneo) para uma geometria baseada no paciente (heterogêneo) usando o algoritmo Planned Dose Perturbation (PDP)⁸.

Esse algoritmo PDP utiliza os resultados do CQ de IMRT convencional para perturbar o impacto de dose original planejada para o paciente, estimando o *dose-volume*

histogram (DVH) já corrigido e estimando os erros de dose dentro do volume 3D do paciente. Então, a análise do 3DVH permite prever os erros de dose atuais no paciente através do DVH, regiões de interesse, comparações de dose e entre outras, para determinar se os valores correspondentes da análise do índice gama são aceitáveis⁸.

Carrasco et al.⁹ criaram alguns testes em que inseriram erros conhecidos de tal forma que pudessem avaliar a alteração no DVH para tais erros. Os dados obtidos apresentaram resultados satisfatórios, diferenças nos DVHs menores que 2% para a dose ou 2% para o volume, obtendo uma validação do software para os teste em questão.

Olch¹⁰ analisou o software 3DVH comparando medidas feitas com câmara de ionização e filmes para diversos planejamentos de IMRT. As análises demonstraram que não existe diferença estatística significativa entre os resultados encontrados, o que indica que o controle de qualidade feito através do software 3DVH pode ser precisamente usado em substituição a câmara de ionização e filme.

Este trabalho consiste em comparar a avaliação planar de um plano de tratamento de IMRT realizado pelo índice gama com o método do software 3DVH para determinar se os valores correspondentes à análise pelo índice gama são aceitáveis sem ser críticos ao paciente.

Material e Métodos

Foi utilizado para a realização do trabalho o software 3DVH na versão 2.2.1 juntamente com uma matriz de detectores MapCheck2, ambos do fabricante SunNuclear Corporation, sob feixes de raios-x de 6MV de um acelerador linear Varian Clinac 600CD equipado com um MLC Millenium de 120 lâminas. Foram feitos planejamentos, no sistema Eclipse (Versão 8.6), do fabricante Varian Medical Systems, utilizando algoritmo de cálculo AAA 8.9.17, na técnica de IMRT em *sliding window* para nove planos de tratamentos de pacientes de próstata escolhidos de forma aleatória e completamente anonimizados.

O MapCheck2 tem 1527 diodos, arranjados em linhas e colunas, para um tamanho de campo de 32x26 cm², espaçados em 7,07 mm uniformemente por toda a matriz com área ativa de 0,64 mm² e volume ativo de 0,000019 cm³ e possui intrinsecamente 1,2 cm de material que equivalem à 2 cm de água. Por não ter densidade total entre os diodos e isto ser necessário para o algoritmo PDP, o software 3DVH usa uma interpolação para criar dados de densidade total da matriz de detectores, aumentando a densidade da matriz de dose.

Para fazer a análise, o 3DVH utiliza o arquivo de PDP (.sncpdp), gerado e exportado pelo SNCsoftware, e outros quatro arquivos do tipo DICOM que são importados do Sistema de Planejamento do Tratamento (TPS), as imagens do plano de tratamento (RT Plan), estruturas delineadas (RT Structure Set), matriz de dose calculada (RT Dose) e as imagens de CT (RT CT Images).

O 3DVH compara a matriz de dose calculada no TPS com a perturbada, calcula os índices gama global e local, o DVH para ambas as matrizes e para todas as estruturas segmentadas.

Foram avaliados nove planos de tratamento, que foram aprovados conforme o critério de avaliação do índice gama estabelecido pela instituição.

Os CQ dos planos de tratamentos foram realizados em um objeto simulador composto por placas de 30x30 cm² com densidade eletrônica semelhante à da água. As medidas foram feitas com *setup* isocêntrico, profundidade equivalente a 7 cm de água e ângulo de incidência perpendicular a matriz. Para obter as fluências nas mesmas condições das de medidas, os planos foram copiados para o objeto simulador e adequado ao mesmo *setup*.

Primeiramente, foi realizada a avaliação por campo através do índice gama para as medidas no MapCheck2 e avaliadas pelo software SNC. As comparações foram feitas em dose absoluta e normalizada no máximo de dose para cada campo. Então, com o software 3DVH, foram avaliados os parâmetros de D_{máx}, D_{méd}, D15%, D25%, D35% e D50% para a bexiga e reto, D_{méd} para o bulbo, D_{máx} para o fêmur e D95% para o *planning target volume* (PTV), pelo histograma dose volume, representado na Figura 1.

Resultados

A análise gama dos tratamentos dos pacientes foram feitas pelo critério de 3%/3mm e threshold de 10% para um limiar de aprovação de 95% dos pontos satisfazendo este critério. Na análise planar por campo, os planos avaliados tiveram um mínimo de aprovação de 97,5% dos pontos, apresentados na Tabela 1.

As diferenças relativas entre os índices de dose volume entre o plano calculado e o medido avaliado pelo 3DVH são detalhados na Tabela 2.

As diferenças relacionadas ao PTV tiveram variação relativa de 1,3 a 2,2% positiva; ou seja, uma cobertura maior do que o esperado para esta estrutura. Quanto aos órgãos de risco, a variação relativa foi de -5,3 a 25,8%, o que significa que, se próximo as tolerâncias clínicas, podem resultar em não aprovação do plano de tratamento.

Discussão e Conclusões

A avaliação gama, por si só, não dá informações claras se um plano de tratamento pode ou não ser aceito, pois não se sabe exatamente o local dos pontos que passam e os

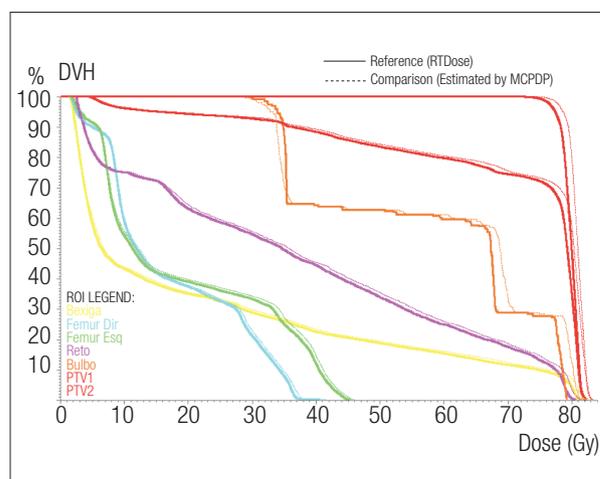


Figura 1. Representação da avaliação dos parâmetros de D_{máx}, D_{méd}, D15%, D25%, D35% e D50% para a bexiga e reto, D_{méd} para o bulbo, D_{máx} para o fêmur e D95% para o PTV.

Tabela 1. O percentual dos pontos aprovados na análise gama campo a campo dos planos de tratamento.

Campo	Avaliação do Índice Gama (%)								
	Plano								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	99,2	99,3	100	100	100	100	100	100	99,4
2	100	98,5	99	98,8	98,5	100	100	100	99
3	100	98,6	100	100	100	100	100	100	98,6
4	100	99,3	100	97,8	98,6	100	99,5	100	100
5	100	99,3	100	98,9	97,5	100	100	100	99,4
6			100						
7			100						
Média	99,8	99,0	99,9	99,1	98,9	100,0	99,9	100,0	99,3

Tabela 2. Diferença relativa de dose entre o plano calculado e o medido.

Estrutura	Parâmetro	Avaliação de dose (%)									
		Plano									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
Bexiga	D15%	3,6	2,7	2,9	4,5	1,9	1,3	1,4	1,6	1,3	2,4
	D25%	3,1	3,1	5,0	6,2	1,6	-1,3	1,3	1,7	1,4	2,5
	D35%	6,0	3,5	6,6	7,6	0,7	0,4	1,3	1,6	1,1	3,2
	D50%	5,5	3,1	0,2	7,0	-1,1	1,3	-0,4	1,5	-0,2	1,9
Reto	D15%	1,6	1,8	2,4	3,0	1,6	1,7	1,9	2,0	1,8	2,0
	D25%	2,9	2,0	2,3	4,2	2,2	2,4	1,7	2,1	2,0	2,4
	D35%	2,9	2,1	2,8	3,6	2,0	3,2	1,9	2,0	2,6	2,6
	D50%	3,0	1,8	2,4	5,0	2,0	3,3	2,4	2,3	3,1	2,8
Femur Dir	Dmáx	2,6	1,3	1,9	2,1	1,2	1,5	3,7	1,5	5,9	2,4
Femur Esq	Dmáx	1,6	1,5	2,0	2,5	0,7	0,7	3,2	1,2	2,0	1,7
Bulbo	Dméd	1,4	8,7	25,8	2,7	2,1	3,7	-5,3	3,6	4,0	5,2
PTV	D95%	1,6	1,7	2,1	2,2	1,3	1,4	1,5	1,8	1,4	1,7

que não passam no paciente. O software 3DVH não avalia o DVH com base no posicionamento e deslocamento dos órgãos de risco do paciente, mas nos mostra se um ponto que foi avaliado na análise gama esta em uma região crítica ou não, podendo este plano estar aprovado ou reprovado na avaliação gama. Então, para avaliar o quanto esses pontos são críticos ao paciente, o software 3DVH transfere seu impacto para o DVH, permitindo comparar a variação com as tolerâncias clínicas dos órgãos de risco e, até mesmo, o PTV.

Os resultados encontrados mostram que mesmo um plano tendo aprovação maior ou igual à 95% dos pontos, a análise gama não dá informações suficientes que contribuam para uma avaliação clínica do planejamento.

Este estudo mostra que há a necessidade de uma verificação mais detalhada do plano, que considere não somente a avaliação planar, mas também a avaliação do DVH medido, e o software 3DVH se mostrou adequado para esta análise.

Agradecimentos

Agradeço a Sun Nuclear Corporation pela concessão do software para este estudo.

Sinceros agradecimentos ao Gabriel Costa por toda sua dedicação e atenção prestada.

Agradeço aos amigos do Hospital Erasto Gaertner e ao Leandro Ricardo Gonçalves pela ajuda e parceria na realização do trabalho.

Agradeço ao Hospital Erasto Gaertner pela liberação do uso de seus equipamentos.

Referências

1. Lavor M. Avaliação das Ferramentas de Controle de Qualidade para Pacientes submetidos ao IMRT [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2011.
2. Zhen H, Nelms BE, Tomé WA. Moving from gamma passing rates to patient DVH-based QA metrics in pretreatment dose QA. *Med Phys.* 2011;38(10):5477-89.
3. Low DA, Harms WB, Mutic S, Purdy JA. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions. *Med Phys.* 1998;25(5):656-61.
4. Harms WB, Low DA, Wong JW, Purdy JA. A software tool for the quantitative evaluation of 3D dose calculation algorithms. *Med Phys.* 1998;25(10):1830-6.
5. Astrand F. IMRT dosimetry QA [Master's Thesis]. Gothenburg: University of Gothenburg, 2009. 55 p.
6. Nelms BE, Zhen H, Tomé WA. Per-beam, planar IMRT QA passing rates do not predict clinically relevant patient dose errors. *Med Phys.* 2011;38(2):1037-44.
7. Kruse JJ. On the insensitivity of single field planar dosimetry to IMRT inaccuracies. *Med Phys.* 2010;37(6):2516-24.
8. Sun Nuclear Corporation. 3DVH User's Guide. Sun Nuclear White Paper, June 2010.
9. Carrasco P, Jornet N, Latorre A, Eudaldo T, Ruiz A, Ribas M. 3D DVH-based metric analysis versus per-beam planar analysis in IMRT pretreatment verification. *Med Phys.* 2012;39(8):5040-9.
10. Olch AJ. Evaluation of the accuracy of 3DVH software estimates of dose to virtual ion chamber and film in composite IMRT QA. *Med Phys.* 2012;39(1):81-9.