

Planejamento de SBRT de pulmão com respiração livre ou em fase expiratória: análise dosimétrica para a técnica de VMAT

Lung SBRT planning using either free breathing or expiratory phase: dosimetric analysis for VMAT technique

Bianca Q. Cerbaro¹, Ricardo G. Reis¹, Igor Martinez², Lilian D. Faroni²,
Thiago B. Silveira¹

¹Setor de Física Médica, Radioterapia, Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, Brasil

²Setor de Radioterapia, Instituto Nacional de Câncer, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

O estado-da-arte de tratamento de câncer de pulmão é realizado com a modalidade de radioterapia estereotática ablativa (SBRT). O planejamento do tratamento envolve imagens de tomografia em quatro dimensões (4DCT). Para utilização da técnica de gating, a irradiação é feita utilizando-se somente uma das fases do ciclo respiratório do paciente, por exemplo a fase expiratória. O objetivo deste estudo foi analisar parâmetros dosimétricos de planejamentos de SBRT realizados na fase de expiração, comparando-os ao cálculo de dose na CT de respiração livre (FBCT). Para tal, analisou-se retrospectivamente quatro pacientes com câncer de pulmão periférico tratados com SBRT. As fases correspondentes à expiração na 4DCT foram utilizadas para delineamento do ITVexp. As fases em conjunto foram utilizadas para reconstrução do ITV original (ITVMIP). Utilizou-se a técnica de arco modulado (VMAT) para entrega da dose. Para cada paciente, o plano obtido na reconstrução da fase expiratória foi comparado ao plano de tratamento original, realizado conforme as imagens de tomografia em respiração livre (FBCT). Comparou-se os volumes absolutos dos pulmões recebendo 10, 15, 20 e 30 Gy. Por fim, o volume de dose espalhado foi analisado pela isodose de 27 Gy (V27). As doses em V10, V15, V20 e V30 dos pulmões reduziram, em média, 41,2%, 42%, 45,7% e 37,2%, respectivamente. A variação máxima do ITV da expiração para o da FBCT foi de 1,1 cm na direção longitudinal. Houve redução significativa do volume do ITVexp para o ITVMIP, em média, 34,9%. O volume de PTVexp diminuiu, em média, 52,1%. O volume da isodose de 27 Gy reduziu, em média 25,9%. Portanto, o uso de um protocolo de delineamento e planejamento de SBRT que considera imagens de tomografia na fase de expiração possibilita reduzir consideravelmente o volume de pulmão irradiado e, potencialmente, tende a reduzir complicações relacionadas ao tratamento, como a pneumonite.

Palavras-chave: SBRT, câncer de pulmão, gating respiratório, tomografia 4D.

Abstract

The state of the art of lung cancer treatment is performed with stereotactic ablative radiotherapy (SBRT). Treatment planning involves four-dimensional tomography (4DCT). In gating technique, the irradiation is performed during only one of the phases of the respiratory cycle of the patient, for example the expiratory phase. The objective of this study was to analyze dosimetric parameters of SBRT planned in expiration phase, comparing them to the dose calculation in free breathing CT (FBCT). To do this, we analyzed retrospectively four patients with peripheral lung cancer treated with SBRT. The phases corresponding to expiration on 4DCT were used to delineate the ITVexp. The phases together were used for reconstruction of the original ITV (ITVMIP). We used the volumetric modulated arc therapy (VMAT) to dose delivery. For each patient, the plan obtained in the reconstruction of the expiratory phase was compared to the original treatment plan, performed as the free breathing in tomography (FBCT). We compared the absolute volume of the lung receiving 10, 15, 20 and 30 Gy. Finally, the intermediate dose spillage was analyzed by the parameter V27. The subvolumes V10, V15, V20 and V30 lung reduced, on average, 41.2%, 42%, 45.7% and 37.2%, respectively. The maximum variation of ITV expiration for the FBCT was 1.1 cm in the longitudinal direction. Significant reduction on the volume ITVexp to ITVMIP on average 34.9%. The volume of PTVexp decreased on average 52.1%. The volume of the isodose 27 Gy reduced on average by 25.9%. Therefore, the use of a volume delineation protocol and SBRT treatment planning that considers tomographic images on the expiration phase allows to reduce considerably the volume of the lung irradiated, and potentially tends to reduce treatment-related complications such as pneumonitis

Keywords: SBRT; lung cancer; respiratory gating; 4D computed tomography.

1. Introdução

O câncer de pulmão é uma neoplasia cuja incidência assegura sua posição de mais frequente na população mundial. No Brasil, dados do Instituto Nacional de Câncer estimam 27.330 novos casos de câncer de pulmão, representando um risco de 16,79 para cada 100 mil homens e 10,75 para cada 100 mil mulheres¹.

Para pacientes com câncer de pulmão não-pequenas células (NSCLC) não-operáveis, por exemplo, a sobrevida global em cinco anos para tratamento radioterápico convencional exclusivo² é da ordem de 15%. Utilizando a modalidade de radioterapia estereotática ablativa³ (SBRT), apresentou-se resultados promissores para esta população, com taxas de sobrevida global e sobrevida específica por câncer em 1, 2 e 3 anos 86%, 65%, 60% e 93%, 88% e 88%, respectivamente⁴.

Nesse contexto, atualmente o SBRT se insere como o estado-da-arte de tratamento de câncer de pulmão⁵. O planejamento do tratamento envolve imagens de tomografia em quatro dimensões⁶⁻⁷ (4DCT), onde o volume-alvo (ITV) é delineado na reconstrução de projeções com intensidade máximas dos píxeis da imagem (MIP). A irradiação, portanto, considera um volume alvo maior do que o tamanho real da lesão, compatível com a movimentação intrínseca do tumor. Para utilização da técnica de gating, o volume pode ser reduzido para as fases expiratórias do ciclo respiratório.

Este trabalho tem por objetivo analisar parâmetros dosimétricos de planejamentos de SBRT realizados na fase de expiração, comparando-os aos valores obtidos no cálculo de dose na CT de respiração livre (FBCT) e delineamento da lesão baseado nas imagens com reconstrução MIP.

2. Materiais e Métodos

Analisou-se retrospectivamente quatro pacientes com câncer de pulmão tratados com a modalidade de SBRT. Os planejamentos foram realizados para o acelerador linear Trilogy, utilizando o software Eclipse (Varian Medical Systems, Palo Alto, EUA), empregando o algoritmo AAA com correção de heterogeneidades. Todas as lesões possuíam localização periférica. O fracionamento foi de 54 Gy entregues em 3 aplicações. Obteve-se a tomografia 4D de todos os pacientes, dividindo-se o ciclo respiratório em oito fases iguais. As fases correspondentes à expiração (0% e 87,5% do ciclo) foram utilizadas para delineamento do ITVexp, indicando a localização da lesão quando em expiração. As fases em conjunto foram utilizadas para reconstrução do ITV original (ITVMIP). O PTV da expiração possui margem simétrica de 3 mm do ITVexp (figura 1).

Os pulmões foram desenhados na série de expiração. Utilizou-se a técnica de arco modulado (VMAT) para entrega da dose. Para cada paciente,

o plano obtido na reconstrução da fase expiratória foi comparado ao plano de tratamento original, realizado conforme as imagens de tomografia em respiração livre (FBCT). Nesse plano, o ITV foi gerado a partir da MIP (ITVMIP) e a margem do PTV foi de 5 mm (figura 2).

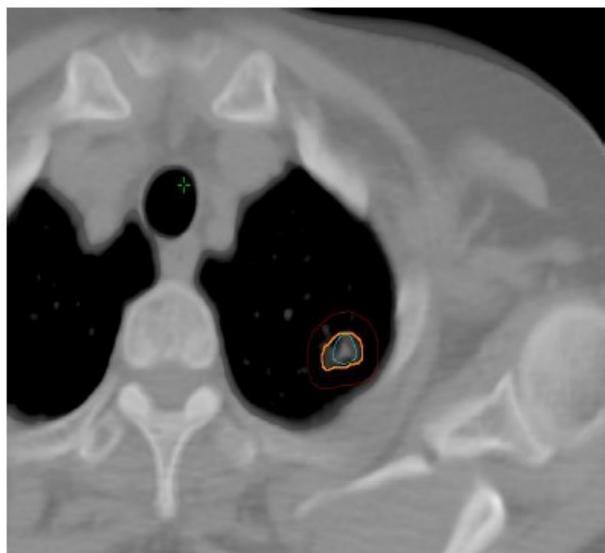


Figura 1. Representação da fusão entre a CT Livre e a Fase de Expiração. O contorno azul é o tumor visto pela expiração, o laranja é o desenho do ITV conforme representação MIP e o vermelho é o PTV com margem de 5mm a partir do ITV (paciente 3)

Comparou-se os volumes absolutos dos pulmões recebendo 10, 15, 20 e 30 Gy (V10, V15, V20 e V30). O volume de dose espalhada foi analisado pela isodose de 27Gy (V27). Também analisou-se os parâmetros seguintes provenientes do RTOG5: D_{2cm} e $R_{50\%}$. O primeiro é a dose máxima a 2cm do PTV; o segundo é a razão entre o volume da isodose de 50% e o volume do PTV (equação 1).

$$R_{50\%} = \frac{V_{27}}{V_{PTV}} \quad (1)$$

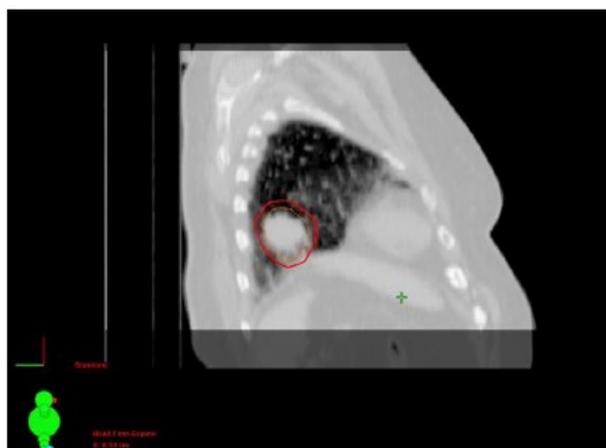


Figura 2. Representação da fusão entre a CT Livre e a Fase de Expiração. O contorno azul é o tumor visto pela expiração, o

laranja é o desenho do ITV conforme representação MIP e o vermelho é o PTV com margem de 5mm a partir do ITV (paciente 3)

3. Resultados

Nos planejamentos em fase expiratória as doses em V10, V15, V20 e V30 dos pulmões reduziram, em média, 41,2%, 42%, 45,7% e 37,2%, respectivamente. A variação máxima do ITV da expiração para o da FBCT foi de 1,1 cm na direção longitudinal. Nesta direção foi observada também a maior redução de volume pulmonar irradiado (figura 3).

Houve redução significativa do volume do ITVexp para o ITVMIP, em média, 34,9%. O volume de PTVexp foi, em média, 52,1% menor que o PTVMIP. O volume da isodose de 27Gy reduziu, em média 25,9%.

Tabela 1. Volumes (cm³) das estruturas delineadas de acordo com as imagens tomográficas utilizadas.

N	ITV _{exp}	ITV _{MIP}
1	4,87	8,1
2	15,31	20,84
3	0,42	0,69
4	0,80	1,21

A análise dos dados na tabelas 1 a 3 permite afirmar que a redução no volume de pulmão para baixas doses quando utiliza-se o planejamento em fase expiratória é maior em tumores de menor volume de ITV, pacientes 1 e 3. Além disso, a redução significativa do volume do ITVexp para o ITVMIP, em média 34,9%, resultou num aumento da razão R50% para os planejamento na expiração. Isto porque apesar de se observar uma redução do volume da isodose de 50% para os planejamentos em expiração, ela não é suficiente

para reduzir a razão R50% para os mesmos valores dos planejamentos com respiração livre.

Tabela 2. Subvolumes (cm³) de pulmão irradiados conforme cada protocolo utilizado

N	V10	V15	V20	V30
MIP / Respiração Livre				
1	401,6	259,6	182,2	97,6
2	265,3	198,1	156,2	98,7
3	80,1	52,3	35,2	18,8
4	122,5	72,1	47,0	25,9
Expiração				
1	250,2	164,7	111,6	54,1
2	211,2	155,7	108,9	62,9
3	51,8	32,6	21,3	11,1
4	93,3	19,8	34,3	18,9

Tabela 3. Doses (Gy) em órgãos de risco e em parâmetros de planejamento relevantes, conforme RTOGs.

N	Arcos Costais	D2cm	V27	R50%
MIP / Respiração Livre				
1	19,6	30,2	78,6	3,22
2	60,7	27,3	159,8	3,22
3	55,8	23,2	27,6	5,19
4	61,4	28,5	38,8	5,29
Expiração				
1	28,7	31,1	67,3	5,49
2	58,9	34,4	119,9	3,96
3	47,2	26,7	15,4	7,56
4	45,3	36,4	31,1	9,98

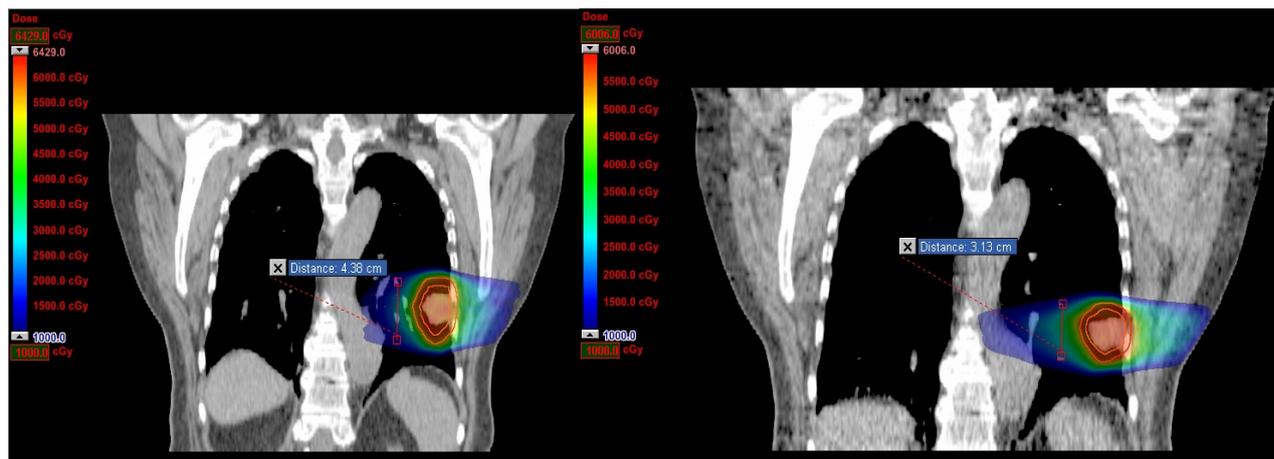


Figura 3. Distribuição da isodose de 10Gy para o mesmo paciente. A primeira imagem é da CT Livre e a segunda é correspondente à expiração (paciente 2).

4. Discussão e Conclusões

Utilizando-se um protocolo de delineamento e planejamento de SBRT considerando imagens de tomografia na fase de expiração, é possível reduzir consideravelmente o volume de pulmão irradiado. Potencialmente, isso poderá reduzir complicações relacionadas ao tratamento, como pneumonite, trazendo uma melhor resposta clínica para alguns pacientes. O tratamento em fase específica requer a utilização da técnica de gating respiratório. Esta técnica é conhecida por seu elevado tempo de aplicação, o que, muitas vezes, pode causar desconforto e prejudicar o posicionamento do paciente. Sendo assim, deve-se ponderar os benefícios do tratamento em fase respiratória única em relação ao detrimento provocado pela utilização de gating. Esta escolha dependerá basicamente da análise clínica e dos dados de movimentação, localização e dimensões do volume alvo.

Os resultados são parciais e análises com maior número de pacientes estão sendo conduzidas.

Referências

1. Instituto Nacional De Câncer (Brasil). Estimativa 2014: Incidência de Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2014.
2. Sibley GS. Radiotherapy for patients with medically inoperable Stage I nonsmall cell lung carcinoma: smaller volumes and higher doses – a review. *Cancer* 1998; 82:433-438.
3. Benedict SH, Yenice KM, Followill D, Galvin JM et al. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. *Med Phys* 2010, 37(8): 4048-4101.
4. Bausmann P, Nyman J,oyer M, et al. Outcome in a prospective phase II trail of medically inoperable stage I non-small cell lung cancer patients treated with stereotactic body radiotherapy. *J Clin Oncol* 2009;27:3290-3296.
5. Videtic GM, Hu C, Singh A, et al. RTOG 0915: A Randomized Phase 2 Study Comparing 2 Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT) Schedules for Medically Inoperable Patients With Stage I Peripheral Non-Small Cell Lung Cancer. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrobp.2013.06.016>
6. Rietzel E, Chen GT, Choi NC, et al. Four-dimensional image-based treatment planning: Target volume segmentation and dose calculation in the presence of respiratory motion. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;61:1535-1550.
7. Vedam SS, Keall PJ, Kini VR, et al. Acquiring a four-dimensional computed tomography dataset using an external respiratory signal. *Phys Med Biol* 2003;48:45-62.

Contato:

Bianca de Quadros Cerbaro
Praça da Cruz Vermelha, 23
CEP 20230-130
Setor de Física Médica
E-mail: biancacerbaro@gmail.com