

## 主野数量和角度对肺癌静态IMRT计划设计的影响

崔建国<sup>1,2</sup>, 柏 晗<sup>1,2,3</sup>, 王 丽<sup>1,2</sup>, 夏耀雄<sup>1,2</sup>, 李政良<sup>1</sup>

1. 云南省肿瘤医院, 云南 昆明 650118; 2. 昆明医科大学第三附属医院, 云南 昆明 650118; 3. 云南省粒子天体物理重点实验室, 云南 昆明 650118

**【摘要】目的:**比较4种可能的静态调强放射治疗(IMRT)计划设计方案下的物理剂量分布,探索多数情况下合适的主野数量和角度选择方案。**方法和材料:**将1个呼吸周期等分成10个时相点采集,重建得到的CT数据,传至Pinnacle TPS工作站。选用最大密度投影处理靶区,并设计放疗物理计划。在计划靶体积(PTV)剂量均达到临床要求的前提下,统计同侧肺、对侧肺、心脏和脊髓在4种不同数量主野的IMRT计划中的剂量差异,并对比分析。**结果:**3-Field IMRT、5-Field IMRT、7-Field IMRT和9-Field IMRT计划中,同侧肺的 $V_5$ 、 $V_{10}$ ,对侧肺的 $V_5$ 和心脏的 $V_{25}$ 的平均值不断提高;同侧肺的 $V_{40}$ 的平均值不断下降。但同侧肺 $V_5$ 的方差不断下降,9-Field IMRT计划中的 $V_5$ 、 $V_{10}$ 方差最小,7-Field IMRT和9-Field IMRT的 $V_5$ 均超过了65%。4种主野分布方式下脊髓的剂量无显著差别。**结论:**静态设计肺癌IMRT计划,5个主野可能是多数情况下的合适选择。

**【关键词】**肺肿瘤;静态IMRT;主野数量;主野角度;吸收剂量

**【中图分类号】**R811;R734.2

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2015)06-0806-04

## Impacts of quantity and angle of main field on static intensity-modulated radiation therapy plan for lung cancer

CUI Jian-guo<sup>1,2</sup>, BAI Han<sup>1,2,3</sup>, WANG Li<sup>1,2</sup>, XIA Yao-xiong<sup>1,2</sup>, LI Zheng-liang<sup>1</sup>

1. Yunnan Tumor Hospital, Kunming 650118, China; 2. Third Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650118, China; 3. Yunnan Province Key Laboratory of Particle Astrophysics, Kunming 650118, China

**Abstract: Objective** To explore on the appropriate quantity and angle of main field in most cases by comparing the dose distribution of four kinds of static intensity-modulated radiation therapy (IMRT) plans. **Methods** A entire respiratory cycle was divided into 10 time points, namely 10 respiratory phases. CT data acquired from the reconstruction were sent to the Pinnacle TPS work station. The maximum intensity projection was selected to deal with target volumes, and IMRT plans were designed. Based on the dose of planning target volume met the clinical requirements, dose differences of ipsilateral lung, contralateral lung, heart and spinal cord among four kinds of IMRT plans were compared and analyzed. **Results** In 3-Field IMRT, 5-Field IMRT, 7-Field IMRT and 9-Field IMRT plans, the average values of  $V_5$ ,  $V_{10}$  of ipsilateral lung,  $V_5$  of contralateral lung and  $V_{25}$  of heart were constantly increasing, while the average value of  $V_{40}$  of ipsilateral lung was continually reducing. The variance of  $V_5$  of ipsilateral lung was also continually reducing, and the variances of  $V_5$  and  $V_{10}$  reached the minimum values in 9-Field IMRT plan, while the  $V_5$  of 7-Field IMRT and 9-Field IMRT plans were more than 65%. No significant differences were found in the absorbed dose of spinal cord among four kinds of static IMRT plans. **Conclusion** Among static IMRT plans for lung cancer, 5-Field IMRT plan may be the best appropriate choice in most cases.

**Key words:** lung cancer; static intensity-modulated radiation therapy; main field quantity; main field angel; absorbed dose

**【收稿日期】**2015-07-27

**【基金项目】**国家自然科学基金(11364045)

**【作者简介】**崔建国,男,主任医师,研究方向:肿瘤放射治疗。Tel: 0871-68185656-2571; E-mail: bh001925@163.com。

**【通信作者】**柏 晗,男,硕士,工程师,研究方向:放射肿瘤物理的临床应用。Tel: 0871-68185656-2227; E-mail: cellbaihan@163.com。

## 前言

在中国因有临床症状就诊的肺癌患者中,多数已经失去手术根治的可能。大约有2/3的患者需要接受放射治疗,这其中的情况有:(1)不能手术切除非小细胞肺癌的放射治疗<sup>[1-2]</sup>;(2)与手术联合治疗肺癌的放射治疗<sup>[3-5]</sup>;(3)与化疗联合治疗肺癌的放射治

疗<sup>[6-9]</sup>等。可见放射治疗在肺癌的治疗中具有非常重要的地位。本文拟研究在肺癌患者接受放射治疗时,主野数量和角度对肺癌静态 IMRT 计划设计的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 病人资料

共入组病人 10 例,其中男性 9 例,女性 1 例;年龄  $\geq 60$  岁者 4 例,  $< 60$  岁者 6 例;有吸烟史 8 例,无吸烟史 2 例;体能评分 10 例均  $\leq 2$  分;轻度限制性肺通气功能障碍 8 例,中度限制性肺通气功能障碍 1 例,肺通气功能正常 1 例;肿瘤位于右肺上叶 1 例,右肺下叶 1 例,左肺上叶 5 例,左肺下叶 2 例,左肺门 1 例;IIIa 期 2 例,IIIb 期 5 例,IV 期 3 例。

### 1.2 CT 扫描

病人仰卧,双手环抱于头顶,热塑网膜固定;采用 Siemens Sensation Open 24 作为数据采集设备,采用腹压力传感设备获得“呼吸腹压力差”的变化,进而获得患者的呼吸信号。在一个床位上对患者的整个呼吸周期进行快速扫描,然后移动到下一个床位进行扫描。在所有扫描完成后,计算机对所有图像进行重新分类,将整个呼吸周期分成 10 个时间点,10 个呼吸时相<sup>[10]</sup>,即呼气过程的“0% EX”“20% EX”“40% EX”“60% EX”“80% EX”“100% EX”,吸气过程中的“20% IN”“40% IN”“60% IN”“80% IN”,进行重

建(重建的层间距为 5 mm),获得肿瘤和解剖结构的“动态”图像。将肿瘤和解剖结构的“动态”图像序列传至 Pinnacle 放疗物理计划系统。

### 1.3 肿瘤和解剖结构的定义

由患者的医师组(3 名医师)在主图像序列上共同定义好大体肿瘤靶区(GTV)、临床靶体积(CTV)和心脏、肺脏和食道,GTV 包括肺窗中所见肺内肿瘤范围及纵隔窗中所见纵隔受累范围,病变的毛刺边缘也包括在 GTV 中;CTV 由 GTV 外放得到,包括受累淋巴结引流区。然后采用计划系统提供的“繁殖”(propagate)功能将 GTV、CTV 和心脏、肺脏和食道“繁殖”至其余的 9 套 CT 时相图像序列上,自动“匹配”(Mesh)后,进行人工修正;最后将 10 套 CT 时相图像序列上的 GTV、CTV 投影到平均 CT 图像序列上。这样就得到了 GTV、CTV 在整个呼吸周期中在平均 CT 图像上运动的范围,我们将这一范围定义为 IGTV 和 ICTV。在 ICTV 的基础上外扩 0.6 cm 形成 PTV 后设计 IMRT 计划。处方剂量设定,IGTV: 6600 cGy/30 F, ICTV: 6000 cGy/30 F。

### 1.4 静态调强放疗计划的设计

为每例患者设计 4 个独立的放疗计划,分别命名为 3-Field IMRT、5-Field IMRT、7-Field IMRT 和 9-Field IMRT。各个计划的主野角度分布情况如表 1 所示。

表 1 4 个 IMRT 计划的主野角度分布情况

Tab.1 Distribution of main field angle in four kinds of static IMRT plans

Plan	Distribution of main field angle (unit: °)								
3-Field IMRT	0	120	240						
5-Field IMRT	0	72	144	216	288				
7-Field IMRT	0	52	104	156	208	260	312		
9-Field IMRT	0	40	80	120	160	200	240	280	320

Note: IMRT: Intensity-modulated radiation therapy

### 1.5 统计学处理

采用 SPSS19.0 统计学软件,率的比较采用卡方检验,计量资料比较采用配对  $t$  检验。

## 2 结果

为了对比 4 种不同主野角度分布计划的优劣,在 PTV 剂量达到临床要求的前提下,参数选择同侧肺的  $V_5$ 、 $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和  $V_{40}$ <sup>[11-13]</sup>,对侧肺的  $V_5$ 、 $V_{10}$  和  $V_{20}$ (因为  $V_{30}$  和  $V_{40}$  多数情况很低,甚至为 0),心脏的  $V_{25}$ 、 $V_{30}$  和心脏平均受量(MHD)<sup>[14]</sup>及脊髓的最大剂量  $D_{\max}$ 。

以上各参数的详细统计见表 2~表 5。

## 3 讨论

IMRT 是现代放射治疗技术主要的进步之一,也是现在放射治疗技术的主流技术。理论上 IMRT 较 3DCRT 有明显的剂量优势,实践证明 IMRT 治疗肺癌有很好的临床效果,SBRT 已经成为了 I 期 NSCLC 治疗的标准模式。静态 IMRT 计划设计时,主野的角度和数量是影响物理剂量的主要因素。虽然主野的角度和数量与物理师的经验有很大关系,但在有限的空间

表 2 4 种不同主野角度分布计划下同侧肺的  $V_5$ 、 $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和  $V_{40}$  的差异 (%)  
Tab.2 Differences of  $V_5$ ,  $V_{10}$ ,  $V_{20}$ ,  $V_{30}$  and  $V_{40}$  of ipsilateral lung in four kinds of static IMRT plans (%)

Plan	$V_5$	$V_{10}$	$V_{20}$	$V_{30}$	$V_{40}$
3-Field IMRT	48±25	38±20	32±6	25±7	18±6
5-Field IMRT	63±20	45±18	30±7	22±6	15±7
7-Field IMRT	75±18	45±15	29±8	26±8	13±6
9-Field IMRT	83±17	50±13	30±5	24±5	11±5

表 3 4 种不同主野角度分布计划下对侧肺  $V_5$ 、 $V_{10}$  和  $V_{20}$  (%)  
Tab.3 Differences of  $V_5$ ,  $V_{10}$  and  $V_{20}$  of contralateral lung in four kinds of static IMRT plans (%)

Plan	$V_5$	$V_{10}$	$V_{20}$
3-Field IMRT	35±12	25±8	12±9
5-Field IMRT	55±11	30±7	15±8
7-Field IMRT	62±13	35±11	18±7
9-Field IMRT	70±18	37±11	20±13

表 4 4 种不同主野角度分布计划下心脏  $V_{25}$ 、 $V_{30}$  和 MHD  
Tab.4 Differences of  $V_{25}$ ,  $V_{30}$  of heart and MHD in four kinds of static IMRT plans

Plan	Heart		
	$V_{25}$ (%)	$V_{30}$ (%)	MHD (cGy)
3-Field IMRT	75±20	55±11	3125
5-Field IMRT	45±21	35±10	2143
7-Field IMRT	35±18	30±9	1940
9-Field IMRT	35±15	31±8	1536

Note: MHD: Mean heart dose

表 5 4 种不同主野角度分布计划下 10 例病人脊髓  $D_{max}$  (cGy)  
Tab.5 Differences of  $D_{max}$  of spinal cord among 10 patients in four kinds of static IMRT plans (cGy)

Plan	Pat.1	Pat.2	Pat.3	Pat.4	Pat.5	Pat.6	Pat.7	Pat.8	Pat.9	Pat.10
3-Field IMRT	4237	4178	4021	4528	3678	4569	2581	3674	3894	3660
5-Field IMRT	4156	3960	4148	4256	3972	4532	2578	3572	3789	3574
7-Field IMRT	4271	4075	4036	4302	3756	4412	3089	3648	3900	3854
9-Field IMRT	4361	4213	3988	4400	3841	4319	2871	3275	3901	3735

内,可能的主野组合只有有限的几种,本文选择了 4 种可能的主野角度和数量,并对剂量学进行了比较。

从表 2~表 4 可看出 IMRT 计划的一个基本特征是,随着主野数量的增加,高剂量集中低剂量外扩。3-Field IMRT、5-Field IMRT、7-Field IMRT 和 9-Field IMRT 计划中,同侧肺的  $V_5$ 、 $V_{10}$ ,对侧肺的  $V_5$  和心脏的  $V_{25}$  的平均值不断提高,同侧肺的  $V_{40}$  的平均值不断下降。但同侧肺  $V_5$  的方差不断下降,9-Field IMRT 计划中同侧肺的  $V_5$ 、 $V_{10}$  方差最小。

“随着主野数量的增加,高剂量集中低剂量外扩”

这一特征在同侧肺中表现得尤为突出,而在对侧肺却不明显。原因是“高剂量集中”和“低剂量外扩”均是相对聚焦点,即靶区,而言的“集中”是向靶区集中。

表 5 数据表明 4 种主野分布方式下脊髓的剂量并没有显著差别。

$V_5$  对放射肺炎的并发概率有重要的参考价值,约束在 65% 以下<sup>[15]</sup>。从表 1 和表 2 可以看出,7-Field IMRT 和 9-Field IMRT 的平均  $V_5$  均超过了此值。故静态设计肺癌 IMRT 计划时,5 个主野可能是多数情况下的合适选择。

## 【参考文献】

- [1] 陈 静. 同期放化疗治疗不能手术的 III 期非小细胞肺癌的生存分析[J]. 广州医科大学学报, 2014, 42(4): 38-40.  
Chen J. Survival analysis of concurrent radiochemotherapy on the treatment of stage III inoperable non-small-cell lung cancer[J]. Academic Journal of Guangzhou Medical College, 2014, 42(4): 38-40.
- [2] 任素蓉, 张 羽, 冯 岗, 等. 老年晚期非小细胞肺癌常规放疗联合适形放疗的临床研究[J]. 川北医学院学报, 2005, 20(4): 373-374.  
Ren SR, Zhang Y, Feng G, et al. Clinic investigation of routine-radiotherapy and 3-DCRT in old patients of advanced NSCLC[J]. Journal of North Sichuan Medical College, 2005, 20(4): 373-374.
- [3] Allibhai Z, Cho BC, Taremi M, et al. Surgical salvage following stereotactic body radiotherapy for early-stage NSCLC[J]. Eur Respir J, 2012, 39(4): 1039-1042.
- [4] Sundaresan S, McLeod R, Irish J, et al. Early results after regionalization of thoracic surgical practice in a single-payer system [J]. Ann Thorac Surg, 2013, 95(2): 472-478.
- [5] Leung J, Ball D, Worotniuk T, et al. Survival following radiotherapy for post-surgical locoregional recurrence of non-small cell lung cancer[J]. Lung Cancer, 1995, 13(2): 121-127.
- [6] 吴 頔, 方 健, 聂 璠, 等. 局部放疗联合化疗在广泛期小细胞癌患者中的作用[J]. 中国肺癌杂志, 2015, 21(5): 272-279.  
Wu J, Fang J, Nie J, et al. Effects of local radiation combined with chemotherapy in the treatment of patients with extensive-stage small cell lung cancer[J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2015, 21(5): 272-279.
- [7] Lin Q, Liu YE, Ren XC, et al. Dose escalation of accelerated hypofractionated three-dimensional conformal radiotherapy (at 3Gy/F) with concurrent vinorelbine and carboplatin chemotherapy in unresectable stage III non-small-cell lung cancer: A phase I trial[J]. Radiat Oncol, 2013, 8(1): 201.
- [8] Su SF, Hu YX, Ouyang WW, et al. Overall survival and toxicities regarding thoracic three-dimensional radiotherapy with concurrent chemotherapy for stage IV non-small cell lung cancer: Results of a prospective single-center study[J]. BMC Cancer, 2013, 13(1): 474.
- [9] 杨 蕴. TP 方案联合同步放疗治疗不能手术的 III 期非小细胞肺癌的临床研究[J]. 实用医学杂志, 2013, 29(6): 904-906.  
Yang Y. TP program combined with concurrent radiotherapy for unresectable stage III non-small lung cancer[J]. The Journal of Practical Medicine, 2013, 29(6): 904-906.
- [10] Descovich M, McGuinness C, Kannarunimit D, et al. Comparison between target margins derived from 4DCT scans and real-time tumor motion tracking: Insight from lung tumor patients treated with robotic radiosurgery[J]. Med Phys, 2015, 42(3): 1280-1287.
- [11] Kawase T, Kunieda E, Deloar HM, et al. Converging stereotactic radiotherapy using kilovoltage x-rays: experimental irradiation of normal rabbit lung and dose-volume analysis with Monte Carlo simulation[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 75(2): 468-474.
- [12] Rosenberg MW, Kato CM, Carson KM, et al. Circumferential or sector beam arrangements for stereotactic body radiation therapy (SBRT) of primary lung tumors: Effect on target and normal-structure dose-volume metrics[J]. Med Dosim, 2013, 38(4): 407-412.
- [13] Shim JG, Kim JK, Park W, et al. Dose-volume analysis of lung and heart according to respiration in breast cancer patients treated with breast conserving surgery[J]. J Breast Cancer, 2012, 15(1): 105-110.
- [14] 何宏涛, 王 军, 刘 青, 等. 急性放射性心脏损伤剂量体积因素分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2014, 21(10): 767-770.  
He HT, Wang J, Liu Q, et al. Analysis of dose-volume for acute radioactive heart damage[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2014, 21(10): 767-770.
- [15] 刘 明, 翟福山, 译. 肺癌图像引导放射治疗[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2009: 42.  
Liu M, Zhai FS. Image-guided radiotherapy of lung cancer[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 2009: 42.