

## 左乳腺 5 种不同主野分布 IMRT 计划的剂量比较分析

柏 晗<sup>1,2</sup>, 王 丽<sup>1,2</sup>, 刘旭红<sup>1,2</sup>, 夏 群<sup>1,2</sup>, 常 莉<sup>1</sup>, 潘 香<sup>2</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

**【摘要】目的:**测试静态 IMRT 治疗左乳腺癌 5 种不同主野分布的剂量情况, 以期找到较好的主野分布方式。**方法:**随机选取在云南省肿瘤医院接受术后放射治疗的 0-Ⅱ<sub>A</sub> 期左乳腺癌病人 15 例, 为每例患者设计 5 个 IMRT 计划, 每个计划的主野数分别为 2、3、4、5、8, 命名为 2-field IMRT、3-field IMRT、4-field IMRT、5-field IMRT、8-field IMRT。在相同的约束条件和寻解路径下, 比较 5 种主野分布下 PTV 的 CI 和 HI, 危及器官的  $D_{max}$  和  $V_x(V_5, V_{10}, V_{20}, V_{30}, \dots)$ 。**结果:**从 PTV 的 CI 和 HI 来考察, 8-field IMRT 计划的 CI 和 HI 最好, 2-field IMRT 和 3-field IMRT 较差, 且容易在乳腺内侧和腋下形成些高剂量点(热点); 但 8-field IMRT 心脏的  $V_{10}$  和同侧肺的  $V_5$  远远超过了规定值。4-field IMRT 和 5-field IMRT 计划能获得与 8-field IMRT 相近的 PTV 的 CI 和 HI 值, 也能很好地保护危及器官。**结论:**4-field IMRT 和 5-field IMRT 能满足临床的需要。

**【关键词】**乳腺癌; 主野分布; IMRT; 剂量

**【DOI 编码】**doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2015.02.013

**【中图分类号】**R730.55; R735.1

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2015)02-0210-04

## Dosimetric Comparison and Analysis on Five Kinds of Field-Distribution in IMRT for Left Breast Cancer

BAI Han<sup>1,2</sup>, WANG Li<sup>1,2</sup>, LIU Xu-hong<sup>1,2</sup>, XIA Qun<sup>1,2</sup>, CHANG Li<sup>1</sup>, PAN Xiang<sup>2</sup>

1. Yunnan Tumor Hospital, Kunming 650118, China; 2. The Third Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650118, China

**Abstract:** Objective To study the dose of five kinds of field-distribution static IMRT for left breast cancer, and to find a better field-distribution in IMRT. Methods Randomly select 15 0-Ⅱ<sub>A</sub> stage left-breast-cancer patients treated with radiotherapy in Yunnan tumor hospital. Five physical plans were designed for every patient, and the number of field in plans were as follows: 2, 3, 4, 5, 8. Plans were respectively named: 2-field IMRT, 3-field IMRT, 4-field IMRT, 5-field IMRT, 8-field IMRT. Under the same constraint condition, compare results of five kinds of field-distribution. Compared parameters include CI and HI of PTV,  $D_{max}$  and  $V_x(V_5, V_{10}, V_{20}, V_{30}, \dots)$  of organs at risk. Results When considering CI and HI of PTV, the best plan is 8-field IMRT, and 2-field IMRT and 3-field IMRT are worse, and there are "hot point" at mammary inner edge and armpit in 2-field IMRT and 3-field IMRT; But  $V_{10}$  of heart and  $V_5$  of ipsilateral lung in 8-field IMRT are over the rated value. CI and HI of PTV in 4-field IMRT and 5-field IMRT are similar to those in 8-field IMRT, which can effectively protect organs at risk. Conclusion 4-field IMRT and 5-field IMRT are able to reach clinical need.

**Key words:** breast cancer; field-distribution; intensity modulated radiotherapy; dose

### 前言

乳腺癌主要采用全乳切除的根治手术进行治疗,

这严重地影响了患者的身心健康和生活质量。临床实践证明, 早期乳腺癌采用保乳术后加放疗的治疗模式能获得与根治手术相同的治疗效果, 因此越来越多的患者选择这种治疗模式。目前, 术后放疗可供选择的方式有 2DRT、3DCRT 和 IMRT 三种方式, 前两种方式容易在乳腺的内侧和腋窝下形成“剂量热点”, 严重影响美容效果而逐渐被放弃<sup>[1-5]</sup>。IMRT 能保证剂量均匀性的同时有效降低心脏、肺等危及器官的毒副作用而逐渐成为了术后放疗的主流<sup>[6-9]</sup>。IMRT 是一项逆向求解的技术, 其解的优劣与 IMRT 设计时主野的分布

**【收稿日期】**2014-11-27

**【基金项目】**国家自然科学基金(81101693)

**【作者简介】**柏 晗(1980-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事放射物理学临床和研究。

**【通信作者】**夏 群(1972-), 女, 副主任医师, 主要从事胸部肿瘤的放射临床和研究, E-mail: bh001925@163.com。

有很大的关系。为此,本文以 15 例左乳腺癌术后放疗为研究对象,测试了 5 种不同主野分布的剂量情况,以期能找到较好的主野分布方式。

## 1 材料和方法

选择 15 例接受保乳术后病理分期为 0-II<sub>A</sub> 期的左乳腺癌病例,取仰卧及患侧上肢外展 90°上举的治疗体位在乳腺托架固定下行 CT 扫描,扫描范围自锁骨上沿往下包括全部肝脏。扫描层厚 5 mm,扫描参数为 120 kV, 200 mA。

### 1.1 靶体积与 OARs 的定义

全乳 CTV 定义为完整乳腺组织,胸肌间淋巴结和乳房下的胸壁淋巴引流区,前界取在皮肤表面下 0.5 cm。PTV 在 CTV 的基础上外扩形成,外扩的范围:内界,外后界和后界(后界的外扩不能进入正常的肺组织)为 0.8 cm;前界仍然取在皮肤表面下 0.5 cm;上下界为 1.5 cm。同时,定义右乳腺、左右肺、心脏和脊髓为危及器官。

### 1.2 计划设计和优化

选择 Varian iX 直线加速器的 6 MV-X 线,以及相应 60 对(中间的 40 对叶片宽度为 5 mm,两侧的 20 对叶片宽度为 10 mm)的 MLC 作为放射治疗设备,IMRT 以固定照射野(Step and Shoot)技术实施,所有的计划设计在 Pinnacle<sup>3</sup> 三维治疗计划系统上完成,处

方剂量给在 95% 的 PTV 上,常规分割 200 cGy/F,共 25 F。剂量计算采用 cc(卷积)算法。为每例患者设计 5 个计划,每个计划的主野数分别为 2、3、4、5、8。

(1)主野设计和初始约束条件的设定:为每例患者设计 5 个计划,每个计划的主野数分别为 2、3、4、5、8。角度的选取如表 1 所示。

为减少其它原因带来的偏差,无论主野的分布如何,均设定相同的约束条件,如表 2 所示。根据 I-CRU63 号报告的要求,约束条件限制 PTV 的剂量不均匀性在 10% 以内;PTV 的处方剂量为 5000 cGy,最大剂量不得大于处方剂量的 105% 即 5250 cGy,最小剂量不得小于处方剂量的 95% 即 4750 cGy,处罚权重均为 100。危及器官的约束条件根据器官功能特点而不同,串行器官约束为最大耐受量,处罚权重为 50;并行器官约束为剂量体积,处罚权重为 10。在逆向优化的过程中,要求生成的总子野数不大于 50 个,且剔除等效面积小于 4 的子野。

(2)寻解路径:IMRT 计划的逆向求解过程具随机性,即使完全相同的约束条件,两次优化得到的结果可能也会不一样。为了尽量减少这种随机性带来的影响,在每次再优化的过程中,本文选择了相同的“寻解路径”,即在初次优化的结果上,首先考虑优化(第 2 次优化)同侧肺的 V<sub>20</sub>,而后优化(第 3 次优化)PTV 以外的高剂量区,最后对 PTV 内不足处方剂量的区域进行优化(第 4 次优化),如表 2 所示。

### 1.3 计划评估比较指标

(1)PTV:选取了计划评估常用的两个指标 DVH 和等剂量分布曲线进行了比较;参照文献中的方法<sup>[10]</sup>,比较了 5 种布野方式下 PTV 的 CI 和 HI,  $CI = (V_{t,ref}/V_t) * (V_{t,ref}/V_{ref})$ ;  $HI = D_5/D_{95}$ 。(2)OARs:依据器官的功能特性,对于串行器官文中主要比较了 D<sub>max</sub>,对于并行器官比较了 V<sub>x</sub>(V<sub>5</sub>, V<sub>10</sub>, V<sub>20</sub>, V<sub>30</sub>……)。

表 1 5 种不同主野分布 IMRT 的角度选择

Tab.1 Field Distribution of Five Kinds of IMRT

Field No.	Angle							
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	300°	330°
2					✓		✓	
3			✓		✓		✓	
4					✓	✓	✓	✓
5			✓		✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

表 2 IMRT 计划优化时的约束条件

Tab.2 Cost Function for IMRT Optimization

Structure	MinD(cGy)	MaxD(cGy)	MaxDVH(cGy)	Volume(%)	Weight
PTV	500				100
PTV		5250			100
Heart			3000	40	10
Heart			4000	30	10
Cord		2000			50
R-Lung		2000		10	10
L-Lung		2000		30	10
M2000 (the second optimization)			2000	75	30
M5000 (the third optimization)		4800			30
H5000 (the forth optimization)	5000				100

## 2 结果

### 2.1 DVH 和等剂量分布曲线的比较

在计划设计的过程中,最后都对 PTV 内不足处方剂量的区域进行补偿优化(第 4 次优化),其目的是为了保证 PTV 的  $D_{min}$  能达到 4750 cGy,因此 5 种方式的差异主要表现在 PTV 内的高剂量区域,通过患者 DVH 图。可以直观的得出几个结果是:5 种 IMRT 均能得到较好的靶区剂量;PTV 在高剂量区(>5250 cGy)的差异比较明显;正常组织的吸收剂量差异大,尤其在低剂量区。等剂量分布曲线如图 1 所示,5 种方式中 5000 cGy 的剂量线与靶区的吻合度都很好,5250 cGy 的剂量线有明显差异,5 主野的 5250 cGy 的区域最小。

### 2.2 PTV 的 CI 和 HI 比较

比较了 5 种布野方式下 PTV 的 CI 和 HI,详见表 3 所示。CI 和 HI 均有随主野数增加而趋近 1 的趋势,这说明主野数的增加能提高适形度和靶区内剂量的均匀性。

### 2.3 同侧肺和心脏 $V_x$ 的比较

选用了文献中的指标,比较数据分别详见表 4 和表 5 所示。

## 3 分析和讨论

在乳腺癌的放射治疗中是否可以采用 IMRT 技术一直饱受争议,有很多的放疗学者认为 IMRT 的剂量梯度高,乳腺容易形变且随呼吸位置会有一些的变动,这些都会对 IMRT 的剂量产生很大影响,导致治疗的失败。切线技术的边界比较宽且剂量梯度小,形变和呼吸对它的影响较少,且过往的临床实践已证实切线技术是有效的。近些年,4D 和 PET 技术在乳腺癌放射治疗中的应用打消了学者对 IMRT 技术应用于乳腺癌放疗的顾虑<sup>[11-14]</sup>,目前 IMRT 已然成乳腺癌术后放疗的一种主流技术。

传统的切线野照射容易在乳房内形成高剂量区,尤其对于乳房体积较大或乳房下垂者。这些高剂量区是导致乳腺组织纤维化的主要原因,直接影响了保乳术后长期的美容效果。IMRT 在剂量学上有传统的切

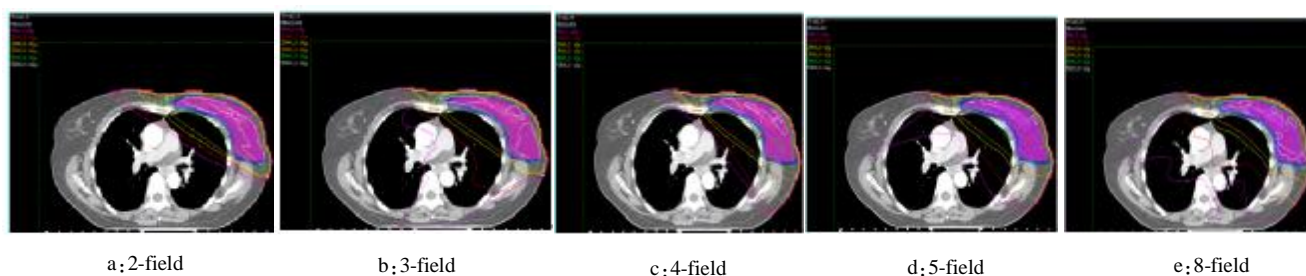


图 1 IMRT 的等剂量分布

Fig.1 Dose Distribution of IMRT

表 3 5 种布野方式下 PTV 的 CI 和 HI 值

Tab.3 CI and HI of PTV for Five Kinds of IMRT

	2-field IMRT	3-field IMRT	4-field IMRT	5-field IMRT	8-field IMRT
CI	0.78±0.08	0.81±0.06	0.85±0.05	0.86±0.05	0.86±0.05
HI	1.23±0.13	1.22±0.11	1.17±0.12	1.15±0.11	1.15±0.09

表 4 5 种布野方式下心脏的  $V_x$  比较

Tab.4  $V_x$ -comparison of Heart for Five Kinds of IMRT

		$V_{10}(\%)$	$V_{20}(\%)$	$V_{30}(\%)$	$V_{40}(\%)$	$V_{50}(\%)$
2-field	IMRT	34±8	24±7	17±3	13±2	2±1
3-field	IMRT	38±9	28±7	17±3	13±3	0±0
4-field	IMRT	35±8	30±7	18±2	13±4	0±0
5-field	IMRT	47±9	34±8	17±2	10±2	0±0
8-field	IMRT	87±11	32±7	17±2	10±1	0±0

表 5 5 种布野方式下同侧肺的  $V_x$  比较

Tab.5  $V_x$ -comparison of Ipsilateral Lung for Five Kinds of IMRT

		$V_5(\%)$	$V_{10}(\%)$	$V_{20}(\%)$	$V_{30}(\%)$	$V_{40}(\%)$
2-field	IMRT	30±12	20±7	16±2	12±3	10±1
3-field	IMRT	45±11	37±7	30±3	23±4	8±2
4-field	IMRT	50±13	36±8	28±2	15±4	6±2
5-field	IMRT	60±13	40±8	26±3	18±4	5±2
8-field	IMRT	98±2	65±9	31±4	20±5	6±3

线野无法企及的优势,它通过束流强度的调制很好地解决了“高剂量区”的问题。但静态 IMRT 技术不能在允许空间内逆向地寻找到最优的布野方式,只能通过物理师人为的设定主野。本文将在左乳腺癌可能出现的 5 种主野设定方式进行了对比考察。单从 PTV 考虑,8 野的解最好,能获得最好的 CI 和 HI 值。8 野是 5 种主野设定方式中主野数(角度)最多的一种,主野数(角度)多,意味着可调制参数多,在目标一定的情况下,它能达到(接近)目标的可能性也越大;2 野的解获得的 CI 和 HI 值最差,原因与此正好相反。从 2 野至 8 野总体来看,CI 和 HI 随野数(角度)的增加持续变好;但 4 野之后,CI 和 HI 随野数(角度)的增加持续变好趋势逐渐放缓,这说明达到(接近)目标的可能性与调制参数并不是呈持续的正相关关系。

除了考察 PTV,还要考察 5 种主野设定方式在靶区周边危及器官照射剂量上的优劣。主要考察了心脏和同侧肺的  $V_x$ , 心脏的  $V_{10}$  和  $V_{20}$  与主野数的多少正向关联, $V_{30}$  和  $V_{40}$  受优化约束条件的限制,随主野的多少变化很小;同侧肺的  $V_5$  和  $V_{10}$  与主野数的多少正向关联, $V_{20}$  受优化约束条件的限制,除 2 个主野的 IMRT 之外,其余的 4 种主野分布随主野的多少变化很小; $V_{30}$  和  $V_{40}$  随主野数目和方式的变化较大,这可能与优化时没有单独设定约束条件有关。

结合 PTV 的 CI 和 HI,及心脏、同侧肺剂量等情况综合来看,4-field IMRT 和 5-field IMRT 能较好地满足临床的需要,也是 5 种主野分布较好的两种。

## 【参考文献】

- [1] Selvaraj RN, Beriwal S, Pourarian RJ, et al. Clinical implementation of tangential field intensity modulated radiation therapy (IMRT) using sliding window technique and dosimetric comparison with 3D conformal therapy (3DCRT) in breast cancer[J]. Med Dosim, 2007, 32 (4): 299-304.
- [2] 金晓丽, 邢晓汾, 褚薛刚. 乳腺癌保乳术后切线野放射治疗不同楔形板的剂量学比较[J]. 山西医科大学学报, 2014, 45(11): 1081-1083.  
Jin XL, Xing XF, Chu XG. Dosimetry comparison of different wedge for tangent field radiotherapy after breast-conserving surgery[J]. Journal of Shanxi Medical University, 2014, 45(11): 1081-1083.
- [3] 李楠, 李光, 赵欣宇, 等. 乳腺癌保乳术后切线野照射与瘤床同步整合补量调强放射治疗的剂量学区别[J]. 中国医科大学学报, 2011, 40(7): 635-638.  
Li N, Li G, Zhao XY, et al. Dosimetric differences between conventional tangential irradiation and SIB-IMRT after breast-conserving surgery of breast cancer[J]. Journal of China Medical University, 2011, 40(7): 635-638.
- [4] 乌晓礼, 王利华. 乳腺癌保乳术后 3D-CRT 与 IMRT 放射治疗的剂量学比较[J]. 内蒙古医学院学报, 2010, 32(1): 46-48.  
Wu XL, Wang LH. Dosimetry comparison between 3D-CRT and IM-RT for after Breast-conserving Surgery[J]. Journal of Inner Mongolia Medical College, 2010, 32(1): 46-48.
- [5] 黄晓波, 蒋国梁, 陈佳艺, 等. 乳腺癌调强放射治疗和常规切线野治疗的三维剂量学研究[J]. 癌症, 2006, 25(7): 855-860.  
Huang XB, Jiang GL, Chen JY, et al. Dosimetric evaluation of intensity-modulated tangential beam versus conventional tangential irradiation for breast cancer[J]. Chinese Journal of Cancer, 2006, 25(7): 855-860.
- [6] Schwab FJ. A commentary on IMRT with photons and protons of breast cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 58(5): 1641-1642.
- [7] 欧阳淑玉, 贺礼理, 谢小雪, 等. 左侧乳腺癌两种调强放射治疗计划剂量学比较[J]. 中南大学学报(医学版), 2013, 5(10): 1003-1008.  
Ouyang SY, He LL, Xie XX, et al. Dosimetric comparison of left-side whole breast irradiation with IMRT and hybrid IMRT[J]. Journal of Central South University(Medical Science), 2013, 5(10): 1003-1008.
- [8] Jin GH, Chen LX, Deng XW, et al. A comparative dosimetric study for treating left-sided breast cancer for small breast size using five different radiotherapy techniques: conventional tangential field, filed-in-filed, tangential-IMRT, multi-beam IMRT and VMAT [J]. Radiat Oncol, 2013, 8 (1): 89-99.
- [9] Kachnic LA, Powell SN. Imrt for breast cancer-balancing outcomes, patient selection, and resource utilization[J]. J Natl Cancer Inst, 2011, 103(10): 777-779.
- [10] 张瑞, 习勉, 李巧巧, 等. 胸上段食管癌容积旋转调强和静态调强与三维适形放疗计划的剂量学比较[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2012, 33(2): 260-264.  
Zhang R, Xi M, Li QQ, et al. Volumetric modulated ARC therapy, conventional intensity-modulated radiotherapy and three-dimensional conformal techniques for upper thoracic esophageal cancer: A planning comparison study[J]. Journal of Sun Yat-sen University(Medical Sciences), 2012, 33(2): 260-264.
- [11] Tzung C, Chien Y, Hsiao W, et al. IMRT treatment plans and functional planning with functional lung imaging from 4D-CT for thoracic cancer patients[J]. Radiat Oncol, 2013, 8(1): 315-317.
- [12] Richter A, Sweeney R, Baier K, et al. Effect of breathing motion in radiotherapy of breast cancer: 4D dose calculation and motion tracking via EPID[J]. Strahlenther Onkol, 2009, 185(7): 425-430.
- [13] 李锐, 戴建荣. 肺癌调强放射治疗中呼吸运动对靶区剂量分布的影响[J]. 医疗装备, 2009, 22(9): 1-6.  
Li R, Dai JR. Impact of dose distribution in target because of breathing in IMRT for lung cancer[J]. Chinese Journal of Medical Device, 2009, 22(9): 1-6.
- [14] 鞠潇, 李明辉, 周宗玖, 等. 肺癌放疗中四维 CT 技术与传统方法勾画靶区计划比较[J]. 中华肿瘤杂志, 2014, 36(1): 34-38.  
Ju X, Li MH, Zhuo ZM, et al. 4D-CT-based plan target volume (PTV) definition compared with conventional PTV definition using general margin in radiotherapy for lung cancer[J]. Chinese Journal of Oncology, 2014, 36(1): 34-38.