

# 乳腺癌保乳切线野三维适形、切线野正向调强及逆向调强放疗的剂量学评估

段云龙<sup>1,2</sup>, 杨 涛<sup>1</sup>, 曲宝林<sup>1</sup>, 蔡博宁<sup>1</sup>, 戴相昆<sup>1</sup>, 葛瑞刚<sup>1</sup>, 徐 伟<sup>1</sup>, 徐寿平<sup>1</sup>

1. 解放军总医院放疗科, 北京 100853; 2. 甘肃省武威肿瘤医院放疗科, 甘肃 武威 733000

**【摘要】目的:**研究乳腺癌保乳术后切线野三维适形(Tangential Field Three-dimensional Conformal Radiotherapy, TF-3DCRT)、切线野中野正向静态调强(Field-in-field Intensity-modulated Radiotherapy, FIF-IMRT)与逆向优化调强(Fixed-field Inversely Optimized Intensity-modulated Radiotherapy, FFIO-IMRT)治疗的特点、剂量学优势及效率。**方法:**研究分析16例乳腺癌保乳术后需进行辅助放疗患者的治疗计划,其中原发肿瘤部位左、右侧各8例。处方剂量为50 Gy/25 f。采用Varian Eclipse Ver10.0计划系统设计TF-3DCRT计划,在此基础上导出靶区内低剂量区域并设计FIF-IMRT计划。而Pinnacle计划系统则用于设计FFIO-IMRT计划。比较3组计划中靶区及危及器官(Organs at Risk, OARs)的剂量分布,并评价其临床实施效率。**结果:**TF-3DCRT、FIF-IMRT与FFIO-IMRT治疗中加速器跳数(Monitor Unit, MU)分别为 $(244.9 \pm 8.3)$  MU、 $(285.9 \pm 20.3)$  MU、 $(534.0 \pm 56.2)$  MU ( $P < 0.001$ );肿瘤靶区的适形指数分别为 $0.40 \pm 0.12$ 、 $0.48 \pm 0.12$ 、 $0.57 \pm 0.12$  ( $P \leq 0.01$ );均匀性指数分别为 $0.20 \pm 0.02$ 、 $0.13 \pm 0.01$ 、 $0.17 \pm 0.02$  ( $P \leq 0.01$ )。靶区剂量 $D_2$ 、 $V_{107}$ 、 $V_{110}$ 的比较结果均为:FIF-IMRT < FFIO-IMRT < TF-3DCRT;患侧肺平均剂量(Mean Dose,  $D_{mean}$ )、 $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 及脊髓、心脏、食管、食管的 $D_{mean}$ 比较结果均为:FIF-IMRT < TF-3DCRT < FFIO-IMRT;健侧乳腺剂量 $D_1$ 、健侧肺受照剂量 $D_{mean}$ 的比较结果均为:TF-3DCRT < FIF-IMRT < FFIO-IMRT。**结论:**相同条件下的FIF-IMRT治疗在TF-3DCRT治疗的基础上有所改进,获得了较FFIO-IMRT治疗更好的靶区剂量均匀性及更低的OARs受量,但有增加腋窝等组织剂量的可能性。FIF-IMRT治疗在乳腺癌保乳术后全乳腺照射中具有一定优势,可为患者带来益处。

**【关键词】**乳腺癌;切线野;三维适形;调强放射治疗;剂量学

**【中图分类号】**R730.55;R144.1

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2015)06-0841-06

## Dosimetric evaluation of tangential field three-dimensional conformal radiotherapy, field-in-field intensity-modulated radiotherapy and fixed-field inversely optimized intensity-modulated radiotherapy for breast conserving treatment

DUAN Yun-long<sup>1,2</sup>, YANG Tao<sup>1</sup>, QU Bao-lin<sup>1</sup>, CAI Bo-ning<sup>1</sup>, DAI Xiang-kun<sup>1</sup>, GE Rui-gang<sup>1</sup>, XU Wei<sup>1</sup>, XU Shou-ping<sup>1</sup>

1. Department of Radiotherapy, General Hospital of People's Liberation Army, Beijing 100853, China; 2. Department of Radiotherapy, Wuwei Tumor Hospital, Wuwei 733000, China

**Abstract: Objective** To compare the characteristics and discuss on the dosimetric advantages and efficiencies of tangential field three-dimensional conformal radiotherapy (TF-3DCRT), field-in-field intensity-modulated radiotherapy (FIF-IMRT) and fixed-field inversely optimized intensity-modulated radiotherapy (FFIO-IMRT) after breast conserving surgery. **Methods** The treatment plans for 16 breast cancer patients in need of adjuvant radiotherapy after breast conserving surgery were analyzed, including 8 right breast cancer patients and 8 left breast cancer patients. The prescription dose was 50 Gy/25 f. Varian Eclipse Ver10.0 planning system was applied to design TF-3DCRT plan. Based on TF-3DCRT plan, the low dose region in target volume was contoured and FIF-IMRT plan was designed. Pinnacle planning system was used to design FFIO-IMRT plan. The dose distribution of organs at risk (OARs) and target volume were compared, and the clinical efficiencies were evaluated. **Results** Statistically significant differences were found among TF-3DCRT, FIF-IMRT and FFIO-IMRT. The monitor units

**【收稿日期】**2015-07-22

**【基金项目】**国家自然科学基金(11275105)

**【作者简介】**段云龙(1987-),助理工程师,研究方向:医学物理。Tel:15109350316;E-mail:yunlong5197@126.com。

**【通信作者】**徐寿平(1976-),高级工程师,硕士生导师。E-mail:shouping\_xu@yahoo.com。

(MUs) of TF-3DCRT, FIF-IMRT and FFIO-IMRT were respectively  $(244.9 \pm 8.3)$  MU,  $(285.9 \pm 20.3)$  MU,  $(534.0 \pm 56.2)$  MU ( $P < 0.001$ ). The conformity index (CI) of target volume of TF-3DCRT, FIF-IMRT and FFIO-IMRT were respectively  $0.40 \pm 0.12$ ,  $0.48 \pm 0.12$ ,  $0.57 \pm 0.12$  ( $P \leq 0.01$ ), and the homogeneity index (HI) were respectively  $0.20 \pm 0.02$ ,  $0.13 \pm 0.02$ ,  $0.17 \pm 0.02$  ( $P \leq 0.01$ ). All the compared results of  $D_2$ ,  $V_{107}$ ,  $V_{110}$  of target volume were FIF-IMRT < FFIO-IMRT < TF-3DCRT. All the compared results of the mean dose ( $D_{\text{mean}}$ ),  $V_{10}$ ,  $V_2$  of ipsilateral lung and  $D_{\text{mean}}$  of spinal cord, heart and esophagus were FIF-IMRT < TF-3DCRT < FFIO-IMRT. All the compared results of  $D_1$  of contralateral breast and  $D_{\text{mean}}$  of contralateral lung were TF-3DCRT < FIF-IMRT < FFIO-IMRT. **Conclusion** Under the same condition, FIF-IMRT is improved based on TF-3DCRT, achieving better HI and lower dose for OARs, with the probability of increasing the dose for armpit tissues and so on. FIF-IMRT is advantageous in the whole breast irradiation after breast conserving surgery, bringing benefits for patients.

**Key words:** breast cancer; tangential field; three-dimensional conformal radiotherapy; intensity-modulated radiotherapy; dosimetry

## 前言

乳腺癌所致的死亡人数居所有恶性肿瘤第5位,其发病率居女性常见恶性肿瘤第2位,仅次于肺癌,乳腺癌严重威胁着女性健康,破坏女性性征及仪表美观,给患者生理、心理及社会等方面造成巨大影响<sup>[1]</sup>。为提高女性患者术后的美容效果及生存质量,早期乳腺癌保留乳房的治疗方法已成为标准治疗模式,并广泛应用于临床<sup>[2]</sup>。保乳治疗避免了全乳切除对女性造成的心理打击,既体现了医学的人文关怀,又利于改善患者心理健康,提高其生存质量。肿物局部切除术对全乳切除术的替代取决于术后放疗对乳腺内局部复发风险的控制。在保乳的综合治疗中,放射治疗占据着不可替代的地位<sup>[3]</sup>。放射治疗不仅明显提高了肿瘤的局部控制率,而且提高了患者的远期生存率<sup>[4]</sup>。国外大量资料表明早期乳腺癌保乳术后予以放射治疗,其生存率、复发率均与改良根治术相近<sup>[5]</sup>。传统的乳腺部位放疗方法采用全乳两切线野照射,该技术会导致乳腺靶区内剂量分布不均,高剂量区普遍分布在乳腺外,如腋窝、臂丛组织等,可能导致皮肤溃疡、上肢水肿等副作用,使术后乳腺美容效果下降。通过比较切线野三维适形(Tangential Field Three-dimensional Conformal Radiotherapy, TF-3DCRT)、切线野中野正向静态调强(Field-in-field Intensity-modulated Radiotherapy, FIF-IMRT)与固定野逆向优化调强(Fixed-field Inversely Optimized Intensity-modulated Radiotherapy, FFIO-IMRT)治疗,评价这3种治疗技术在提高靶区剂量均匀性与适形度、保护正常组织及危及器官(Organs at Risk, OARs)等方面的剂量学优势。

## 1 材料与方法

### 1.1 病例选择及仪器设备

随机选取16例乳腺癌保乳术后实施放疗的女性

患者,中位年龄为48.5岁(34岁~61岁),原发肿瘤部位左、右侧各8例。

定位采用乳腺托架。治疗设备为Varian Clinac iX型医用电子直线加速器,配备有60对多叶准直器(Multi Leaf Collimator, MLC)系统,中间40对叶片在等中心处投影宽度为0.5 cm,其两侧各10对叶片,宽度为1.0 cm。治疗计划系统为Varian Eclipse Ver 10.0和Pinnacle Ver 9.6。

### 1.2 定位及器官勾画

患者手臂自由伸展,采用乳腺托架固定。在Philips 16排大孔径CT机(Brilliance™ Big Bore)下进行自由呼吸CT扫描,层厚为0.5 cm。扫描范围为下颌至全胸廓,包括正常组织器官:双肺、心脏、对侧乳腺、脊髓和食管。由同一临床放疗医师在Pinnacle3治疗计划系统的工作站上勾画出患者皮肤轮廓、临床靶区体积(Clinical Target Volume, CTV)、患侧肺、健侧肺、健侧乳腺、心脏、脊髓和食管等OARs;然后将CTV前侧界限内收至皮肤下0.3 cm,并以此为基础在上、下、左方向分别向外扩0.5 cm,前、后方向分别向外扩1.0 cm,后侧界限移至患侧肺外缘得到计划靶区体积(Planning Target Volume, PTV),PTV主要用于辅助布野和适形。评估时分析CTV的剂量体积直方图(Dose Volume Histogram, DVH)和各层分布,由此得到CTV中位体积为 $248.9 \text{ cm}^3$  ( $147.7 \text{ cm}^3 \sim 489.1 \text{ cm}^3$ )。

### 1.3 治疗计划设计

肿瘤靶区处方剂量为50 Gy/25 f,确保45 Gy的剂量分布可包绕患侧肺外缘,同时健侧乳腺最大剂量不超过500 cGy,并避免腋窝出现高剂量区域。由同一物理师分别利用Eclipse和Pinnacle治疗计划系统为各病例分别设计TF-3DCRT、FIF-IMRT、FFIO-IMRT计划。

**1.3.1 TF-3DCRT计划** 采用Eclipse治疗计划系统为

各病例制作 TF-3DCRT 计划。将肿瘤体积尽可能控制在 MLC 的适形范围内, 尽可能减少患侧肺的受照体积。同时考虑患者呼吸动度引起的轮廓起伏, 适当调整两个射野的角度和权重, 使处方剂量覆盖不低于靶区体积的 95%, DVH 中患侧肺  $V_{20}$  不超过 20% 或尽可能低。

**1.3.2 FIF-IMRT 计划** 在 TF-3DCRT 计划的基础上, Eclipse 计划系统将两个切线野当作主野, 降低造成腋窝区高剂量射野的权重, 使靶区最大剂量降低, 同时也降低了靶区覆盖剂量。为克服这一不足, FIF-IMRT 计划在此基础上将靶区内剂量低于 50 Gy 的区域导出并增加 1~2 个适当偏转角度的小子野进行适形, 拉动铅门包围该区域, 尽量避免大范围的穿肺野, 调整射野权重及加速器跳数 (Monitor Unit, MU)。如 DVH 及剂量分布不理想, 则再按上述方法添加 1~2 个子野实施欠量区域的适形, 反复多次调整子野的角度和射野权重, 适当拖动 MLC 叶片挡住剂量热点区, 一般加 1~4 个小子野即可达到目标。

**1.3.3 FFIO-IMRT 计划** 利用 Pinnacle 治疗计划系统为上述病例设计 FFIO-IMRT 计划。在靶区外围勾画出需要限制剂量的区域, 围绕靶区一侧布置 4 个射野, 适当调整射野角度, 尽量避免将大体积的健侧乳腺置于射野前端。以处方剂量覆盖 95% 的靶区作为优化目标, 以靶区平均剂量作为剂量归一点, 优化类型为 DMPO。设定优化条件时需在保证靶区剂量达到目标的前提下尽可能降低患侧肺、健侧肺、乳腺和腋窝等限量区域的剂量。

#### 1.4 指数计算

ICRU 83 号报告<sup>[6]</sup>对适形指数 (Conformity Index,

CI)、均匀性指数 (Homogeneity Index, HI)、OARs 的最大剂量等剂量学参数给予了定义和评估。Ji 等<sup>[7]</sup>定义  $CI = \frac{V_{t,ref}}{V_{ref}} \cdot \frac{V_{t,ref}}{V_t}$ , CI 值为 0~1, 其值越大, 表明适形度越好, 其中  $V_{t,ref}$  为靶区内 95% 处方剂量所包绕的靶区体积,  $V_{ref}$  为 95% 处方剂量等剂量线所包绕的体积,  $V_t$  为靶区体积。ICRU<sup>[6]</sup>定义  $HI = \frac{D_2 - D_{98}}{D_{50}}$ , 其中  $D_2$  为 2% 靶区体积所接受的剂量,  $D_{98}$  为 98% 靶区体积所接受的最小剂量,  $D_{50}$  为 50% 靶区体积所接受的剂量。HI 值越接近 0, 表明靶区均匀性越好。定义 OARs 的 1% 体积所受剂量  $D_1$  为最大剂量。

#### 1.5 计划比较

比较 3 种治疗的剂量分布, CI、HI、靶区与 OARs 的 DVH 及 MU 等剂量学参数。

#### 1.6 统计学方法

使用 SPSS 18.0 软件进行统计数据分析, 分别采用两两配对  $t$  检验和单因素方差分析,  $P < 0.01$  表示数据差异具有统计学意义, 而  $P > 0.05$  则表示数据差异不具有统计学意义。

## 2 结果

统计分析结果如表 1~表 4 所示, 表中 P 代表 TF-3DCRT、FIF-IMRT、FFIO-IMRT 计划采用单因素方差分析检验得出的值;  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  分别表示 TF-3DCRT 与 FIF-IMRT、FIF-IMRT 与 FFIO-IMRT、FFIO-IMRT 与 TF-3DCRT 进行配对样本  $t$  检验得出的值; 其中剂量单位为 cGy, 相对体积为百分比值。

表 1 3 组计划的靶区剂量学参数比较  
Tab. 1 Dose parameter comparisons of target volumes

Parameter	TF-3DCRT		FIF-IMRT		FFIO-IMRT		P
	Mean±SD	$P_1$	Mean±SD	$P_2$	Mean±SD	$P_3$	
$D_2$ (cGy)	5971.96±93.98	<0.001	5599.34±71.43	<0.001	5799.03±27.71	<0.001	<0.001
$D_{50}$ (cGy)	5575.06±106.01	<0.001	5367.72±90.43	<0.001	5467.27±86.71	<0.001	<0.001
$D_{98}$ (cGy)	4863.18±53.85	0.244	4881.71±22.05	0.204	4903.81±34.94	0.139	0.040
$V_{100}$ (cGy)	95.12±0.11	0.090	95.04±0.06	0.148	95.24±0.37	0.462	0.064
$V_{107}$ (cGy)	70.39±12.11	<0.001	44.11±10.13	<0.001	58.34±8.74	0.001	<0.001
$V_{110}$ (cGy)	53.26±14.69	<0.001	18.29±11.13	<0.001	33.69±10.62	<0.001	<0.001
CI	0.40±0.12	0.001	0.48±0.12	<0.001	0.57±0.12	<0.001	<0.001
HI	0.20±0.02	<0.001	0.13±0.01	<0.001	0.17±0.02	0.001	<0.001

TF-3DCRT: Tangential field three-dimensional conformal radiotherapy; FIF-IMRT: Field-in-field intensity-modulated radiotherapy; FFIO-IMRT: Fixed-field inversely optimized intensity-modulated radiotherapy.  $P_1$ : TF-3DCRT vs FIF-IMRT;  $P_2$ : FIF vs FFIO-IMRT;  $P_3$ : FFIO-IMRT vs TF-3DCRT.

表 2 3 组计划患侧肺的剂量学参数比较  
Tab.2 Dose parameter comparisons of ipsilateral lung

Ipsilateral lung	TF-3DCRT		FIF-IMRT		FFIO-IMRT		<i>P</i>
	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>1</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>2</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>3</sub>	
<i>D</i> <sub>mean</sub> (cGy)	811.00±180.25	<0.001	734.76±205.07	<0.001	1184.80±95.89	<0.001	<0.001
<i>D</i> <sub>i</sub> (cGy)	5369.33±293.60	<0.001	5047.07±287.82	<0.001	4636.90±246.67	<0.001	<0.001
<i>V</i> <sub>10</sub> (%)	18.86±4.55	<0.001	17.08±4.78	<0.001	32.75±2.73	<0.001	<0.001
<i>V</i> <sub>20</sub> (%)	14.68±3.11	0.003	12.79±4.19	0.001	19.10±1.85	0.002	<0.001
<i>V</i> <sub>30</sub> (%)	11.47±4.06	0.117	11.15±3.84	0.204	12.80±1.45	0.314	0.307
<i>V</i> <sub>40</sub> (%)	9.27±3.47	0.031	8.56±3.03	0.109	6.55±1.22	0.064	0.007
<i>V</i> <sub>50</sub> (%)	3.77±2.47	0.005	2.03±1.57	0.005	0.68±0.77	0.003	<0.001

表 3 其它危及器官的剂量学参数比较 (cGy)  
Tab.3 Dose parameter comparisons of other organs at risk (OARs) (cGy)

Other OARs	TF-3DCRT		FIF-IMRT		FFIO-IMRT		<i>P</i>
	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>1</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>2</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>3</sub>	
Contralateral lung <i>D</i> <sub>mean</sub>	6.77±1.95	<0.001	5.96±1.96	<0.001	321.74±108.84	<0.001	<0.001
Contralateral breast <i>D</i> <sub>i</sub>	274.75±64.37	<0.001	313.13±62.14	0.003	431.29±68.68	0.001	<0.001
Spinal cord <i>D</i> <sub>mean</sub>	14.73±5.62	<0.001	12.83±5.37	<0.001	449.21±174.01	<0.001	<0.001
Heart <i>D</i> <sub>mean</sub>	76.88±58.38	<0.001	54.25±52.20	<0.001	1022.11±272.74	<0.001	<0.001
Esophagus <i>D</i> <sub>mean</sub>	29.09±10.50	0.040	27.89±9.58	<0.001	680.11±257.80	<0.001	<0.001

表 4 3 组计划的效率比较  
Tab.4 Efficiencies of three plans

	TF-3DCRT		FIF-IMRT		FFIO-IMRT		<i>P</i>
	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>1</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>2</sub>	<i>Mean±SD</i>	<i>P</i> <sub>3</sub>	
Monitor units	244.9±8.3	<0.001	285.9±20.3	<0.001	534.0±56.2	<0.001	<0.001

2.1 靶区剂量比较

表 1 中的数值显示 3 组计划靶区内靶区处方剂量所覆盖的体积 *V*<sub>100</sub> 无显著差异 (*P*>0.05); 3 组计划的 *D*<sub>2</sub>、高剂量区域体积 *V*<sub>107</sub>、*V*<sub>110</sub> 两两配对 *t* 检验和单因素方差检验均具有显著差异 (*P*<0.01), 均值大小比较为: FIF-IMRT<FFIO-IMRT<TF-3DCRT。

3 组计划剂量分布与靶区 CI 两两相比较及三者共同比较均具有显著差异 (*P*<0.01), 其中 FIF-IMRT 计划的 CI 高于 TF-3DCRT 计划, 而 FFIO-IMRT 计划的 CI 高于前两者, 如图 1~图 3 所示。靶区剂量分布的 HI 两两相互比较及三者共同比较均具有显著差异 (*P*<0.01), FIF-IMRT、TF-3DCRT 与 FFIO-IMRT 计划

中靶区的 HI 均值比较结果是: FIF-IMRT<FFIO-IMRT<TF-3DCRT。

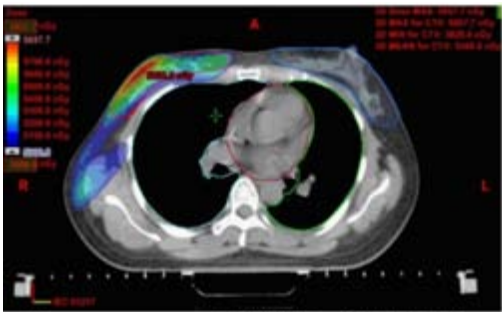


图 1 TF-3DCRT 计划横切面的剂量分布  
Fig.1 Dose distribution of cross section in TF-3DCRT plan



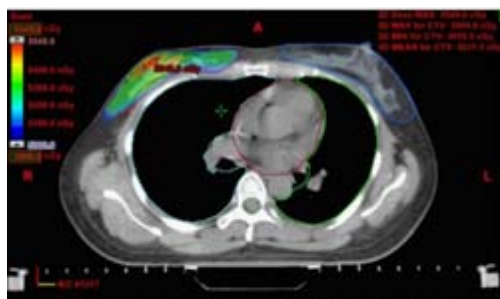


图2 FIF-IMRT计划横切面的剂量分布  
Fig.2 Dose distribution of cross section in FIF-IMRT plan

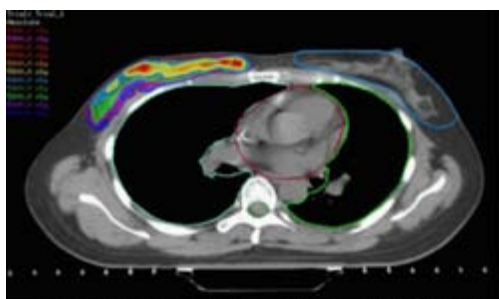


图3 FFIO-IMRT计划横切面的剂量分布  
Fig.3 Dose distribution of cross section in FFIO-IMRT plan

## 2.2 OARs 剂量比较

表2中数据显示患侧肺  $D_{\text{mean}}$ 、 $D_1$ 、 $V_{10}$ 、 $V_{20}$  两两配对比较和三者相比较均具有显著差异 ( $P < 0.01$ ), 其中  $D_{\text{mean}}$ 、 $V_{10}$ 、 $V_{20}$  均值的比较结果为: FIF-IMRT < TF-3DCRT < FFIO-IMRT。  $V_{30}$  无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表3中数据显示3组计划中健侧肺剂量  $D_{\text{mean}}$ 、健侧乳腺剂量  $D_1$ 、脊髓剂量  $D_{\text{mean}}$ 、心脏剂量  $D_{\text{mean}}$ 、食管剂量  $D_{\text{mean}}$  两者相互比较和3者相互比较也具有显著差

异 ( $P < 0.05$ )。其中健侧肺、脊髓、心脏和食管剂量的均值比较结果为: FIF-IMRT < TF-3DCRT < FFIO-IMRT; 健侧乳腺的均值比较结果为: TF-3DCRT < FIF-IMRT < FFIO-IMRT。

图4中的DVH显示FIF-IMRT计划获得了更为陡峭的剂量变化梯度, 更有效地降低了靶区的最大剂量。同时FIF-IMRT计划中健侧肺、心脏、脊髓、食管等OARs承受照射最大剂量也远低于FFIO-IMRT计划。

## 2.3 计划效率比较

3组计划的效率比较参数为MU, 结果如表4所示。其中FFIO-IMRT计划的MU明显增加了。

## 3 讨论

女性乳腺癌放疗中辐射效应所致的心脏病风险和二次原发肿瘤复发风险备受关注, 这些风险均依赖于放疗中所接受的辐射剂量。传统上治疗乳腺癌主要放疗技术中运用最广泛而且较为先进的技术是切线野照射。基于靶区与OARs之间解剖结构的关系, 切线野照射可以获得足够的靶区覆盖度, 有效保护OARs。许多文献报道了利用传统技术和先进多野照射技术之间的剂量学研究<sup>[8-12]</sup>, 报道所得的一般结论是先进的放疗技术可以提高肿瘤靶区的CI, 减少心脏、肺的高剂量区域, 但导致更多的正常组织受到低剂量照射。乳腺癌中正常组织的受照剂量很大程度上受制于靶区和正常器官之间的解剖结构关系的影响。

Franco等<sup>[13]</sup>研究表明乳腺靶区内剂量的不均匀性与乳腺组织纤维化有关, 直接影响治疗后的美容效果, 提高靶区的HI和减少高剂量区域的范围对提高患者的生活质量有重要意义。

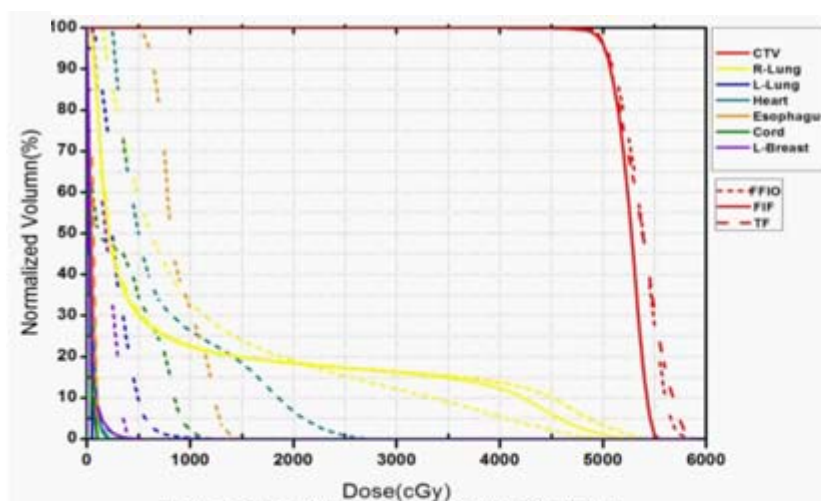


图4 某患者3种不同治疗计划剂量体积直方图比较

Fig.4 Dose volume histogram (DVH) comparison of three treatment plans for one patient

TF-3DCRT计划的靶区覆盖率不低于95%,但同时也使靶区以外的腋窝、臂丛等正常组织承受较大范围的高剂量照射,而FIF-IMRT计划通过增加小野和适当偏转小野机架角的方式避开了剂量在腋窝、臂丛等正常组织上因重叠导致的高剂量,同时也提高了靶区内剂量分布的HI。FFIO-IMRT计划虽然在剂量分布的CI上高于前两者,但在提高靶区覆盖率和CI的同时,也不可避免地使患侧肺、健侧肺、心脏和脊髓等正常组织受到了较大剂量的照射。数据对比显示与TF-3DCRT计划及FFIO-IMRT计划相比,FIF-IMRT计划在降低靶区最大剂量,提高靶区内剂量分布的HI,降低患侧肺受照射的 $D_{mean}$ 、低剂量照射的体积 $V_{10}$ 及 $V_{20}$ 等方面有较为明显的优势;FIF-IMRT计划中健侧肺、心脏、脊髓、食管等OARs接受 $D_{mean}$ 远远低于FFIO-IMRT计划,且略低于TF-3DCRT计划。当然,最新技术如螺旋断层放疗(包括TomoDirect)、容积旋转调强治疗等均具有提升剂量的可能<sup>[8-9]</sup>。但研究显示螺旋断层放疗和容积旋转调强治疗会增加低剂量区域,而TomoDirect技术可能会导致治疗时间的增加<sup>[11, 13-14]</sup>。

FIF-IMRT计划的健侧乳腺最大剂量略高于TF-3DCRT计划,而FFIO-IMRT计划中健侧乳腺的受照剂量高于前两者。对照3组计划的总MU可看出FIF-IMRT计划的MU大于TF-3DCRT计划,而FFIO-IMRT计划又远大于前两组。结合这两项数据的正相关现象,可看出正是MU的增加导致了健侧乳腺的最大剂量增大。在多射束IMRT情况下需了解二次癌症发生风险的增加<sup>[15]</sup>。

FIF-IMRT计划有针对性和方向性地在TF-3DCRT计划的基础上增加小野和MU。虽然FIF-IMRT计划的CI略低于FFIO-IMRT计划,但综合患侧肺、健侧肺、心脏、脊髓、食管的剂量限制以及靶区剂量HI等多项剂量学参数判断,FIF-IMRT计划可更有效地提高临床治疗效率。

## 4 结 论

3种放疗技术均能获得较好的靶区覆盖。通过综合评估靶区CI、剂量分布均匀性、正常组织及OARs的保护等,乳腺癌保乳术后的多种临床放疗技术中FIF-IMRT放疗仍然是性价比较高的一种常规放疗技术。

## 【参考文献】

- [1] 闫雷,董丽华. 保乳术后调强放疗方法的剂量学研究[D/OL]. 吉林大学第一临床医学院, 2011.
- Yan L, Dong LH. Dosimetric comparison study of intensity

modulated radiation methods for breast-conserving therapy[D/OL]. First Clinical Medical College of Jilin University, 2011.

- [2] 刘艳莉,李文辉,常莉,等. 早期乳腺癌保乳术后放射治疗进展[J]. 现代肿瘤医学, 2013, 21(3): 656-658.
- Liu YL, Li WH, Chang L, et al. The progress of breast-conserving surgery plus radiotherapy for early breast cancer[J]. Journal of Modern Oncology, 2013, 21(3): 656-658.
- [3] Solin LJ, Orel SG, Hwang WT, et al. Relationship of breast magnetic resonance imaging to outcome after breast-conservation treatment with radiation for women with early-stage invasive breast carcinoma or ductal carcinoma in situ[J]. J Clin Oncol, 2008, 26(3): 386-391.
- [4] 于金明,李建彬. 乳腺癌保乳术后放射治疗进展[J]. 中华乳腺病杂志, 2007, 6(3): 13-22.
- Yu JM, Li JB. The progress of surgery plus radiotherapy for breast cancer[J]. Chinese Journal of Breast Disease, 2007, 6(3): 13-22.
- [5] Vrieling C, Collette L, Fourquet A, et al. The influence of patient, tumor and treatment factors on the cosmetic results after breast-conserving therapy in the EORTC boost vs. no boosts trial. EORTC radiotherapy and breast cancer cooperative groups[J]. Radiother Oncol, 2000, 55(3): 219-232.
- [6] International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy. ICRU Report 83[J]. J ICRU, 2010, 10(1): 26-29.
- [7] Ji Js, Han CW, Jang JW, et al. Helical tomotherapy with concurrent capecitabine for the treatment of inoperable pancreatic cancer[J]. Radiat Oncol, 2010, 5: 60.
- [8] Coon AB, Dickler A, Kirk MC, et al. Tomotherapy and multifield intensity-modulated radiotherapy planning reduce cardiac doses in left-sided breast cancer patients with unfavorable cardiac anatomy [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 78(1): 104-110.
- [9] Schubert LK, Gondi V, Sengbusch E, et al. Dosimetric comparison of left-sided whole breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy and tophototherapy [J]. Radiother Oncol, 2011, 100(2): 241-246.
- [10] Jaggi R, Moran J, Marsh R, et al. Evaluation of four techniques using intensity modulated radiation therapy for comprehensive locoregional irradiation of breast cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 78(5): 1594-1603.
- [11] Goddu SM, Chaudhari S, Mamalui-Hunter M, et al. Helical tomotherapy planning for left-sided breast cancer patients with positive lymph nodes: Comparison to conventional multiport breast technique[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 73(4): 1243-1251.
- [12] Beckham WA, Popescu CC, Patenaude VV, et al. Is multibeam IMRT better than standard treatment for patients with left-sided breast cancer?[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 69(3): 918-924.
- [13] Franco P, Zeverino M, Migliaccio F, et al. Intensity-modulated and hypofractionated simultaneous integrated boost adjuvant breast radiation employing statics ports of tomotherapy (TomoDirect): A prospective phase II trial[J]. J Can Res Clin Oncol, 2014, 140(1): 167-177.
- [14] Abo-Madyan Y, Aziz MH, Aly MM, et al. Second cancer risk after 3D-CRT, IMRT and VMAT for breast cancer[J]. Radiother Oncol, 2014, 110(3): 471-476.
- [15] Taylor M, Perez CA, Halverson K, et al. Factors influencing cosmetic result after conservation therapy for breast cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1995, 31(3): 753-764.