

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.11.013  
文章编号: 1005-8982 (2022) 11-0073-06

临床研究·论著

## 左乳腺癌保乳术后瘤床同步加量静态调强放射 治疗与断层定野放射治疗的剂量学研究\*

刘梦岚, 吉维, 赵彪, 文晓博, 袁美芳, 杨毅

[云南省肿瘤医院(昆明医科大学第三附属医院)放疗科, 云南 昆明 650118]

**摘要: 目的** 探讨左乳腺癌保乳术后瘤床同步加量静态调强放射治疗(sIMRT)与断层定野放射治疗(TD)的剂量学特点。**方法** 选取2016年5月—2018年5月云南省肿瘤医院左乳腺癌保乳术后瘤床银夹标记患者24例, 对同一患者分别采用sIMRT计划设计(Monaco5.11.03治疗计划系统)和TD计划设计(TomoTherapy治疗计划系统), 比较两种计划的剂量学参数。**结果** 两组计划的肿瘤计划靶区(PGTV)的 $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$ 、适形指数(CI)、均匀性指数(HI)比较, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), sIMRT的CI ( $0.75 \pm 0.05$ ) 高于TD的CI ( $0.61 \pm 0.13$ ), TD的HI ( $0.04 \pm 0.01$ ) 低于sIMRT的HI ( $0.05 \pm 0.00$ ) ( $P < 0.05$ )。  $D_{50\%}$  组间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组计划的乳腺计划靶区(PTV)的 $D_{98\%}$ 、CI、HI比较, 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), sIMRT的CI ( $0.82 \pm 0.04$ ) 高于TD的CI ( $0.68 \pm 0.05$ ), TD的HI ( $0.19 \pm 0.01$ ) 低于sIMRT的HI ( $0.20 \pm 0.01$ ) ( $P < 0.05$ ),  $D_{2\%}$ 、 $D_{50\%}$  组间差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。在危及器官的比较上, sIMRT较TD降低了左肺的 $V_5$ 、 $V_{20}$ 、 $D_{mean}$ 以及左右心室的 $D_{mean}$  ( $P < 0.05$ ), 其中sIMRT左肺的 $V_5$ 、 $V_{20}$ 和 $D_{mean}$ 较TD分别降低了3.69%、1.26%、7.84%。TD较sIMRT降低了对侧乳腺的 $D_{mean}$ 、心脏的 $V_{30}$ 、左右心房的 $D_{mean}$ 及脊髓的 $D_{2\%}$  ( $P < 0.05$ )。但在心脏的 $D_{mean}$ 方面两者组间差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** sIMRT技术和TD技术均能满足左乳腺癌保乳术后放疗的剂量需求, sIMRT技术的CI优于TD技术的CI, TD技术的HI优于sIMRT技术的HI; sIMRT技术对患侧肺的保护更佳, 对于有肺部基础疾病的患者, 建议优先选择sIMRT技术; TD技术对心脏的保护并未体现出明显优势。

**关键词:** 乳腺癌; 保乳术; 静态调强放射治疗; 断层定野放射治疗; 剂量学  
**中图分类号:** R737.9 **文献标识码:** A

## Dosimetric study of sIMRT and TOMO fixed field irradiation (TD) simultaneous integrated boost on tumor bed for patients receiving left breast-conserving surgery\*

Meng-lan Liu, Wei Ji, Biao Zhao, Xiao-bo Wen, Mei-fang Yuan, Yi Yang

[Department of Radiation Oncology, Tumor Hospital of Yunnan Province (The Third Affiliated Hospital of Kunming Medical University), Kunming, Yunnan 650118, China]

**Abstract: Objective** To discuss the dosimetric characteristics of simultaneous integrated boost sIMRT and TD on the tumor bed after breast-conserving surgery for left breast cancer. **Methods** Twenty-four patients who were marked by silver clips on the tumor bed after breast-conserving surgery for left breast cancer were selected. For the same patient, the Monaco5.11.03 treatment planning system was used for the sIMRT plan design, and the TomoTherapy treatment planning system was used for the TD plan design. The dosimetry parameters of the two plans were compared. **Results** The differences in  $D_{2\%}$ ,  $D_{98\%}$ , CI, and HI of planned tumor planning target volume (PGTV)

收稿日期: 2022-01-15

\* 基金项目: 云南省卫生科技项目(No:2017NS192)

[通信作者] 杨毅, E-mail: yiyangrt@126.com

between the two groups were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The CI of sIMRT ( $0.75 \pm 0.05$ ) was higher than that of TD ( $0.61 \pm 0.13$ ), and the HI of TD ( $0.04 \pm 0.01$ ) was lower than sIMRT ( $0.05 \pm 0.00$ ) ( $P < 0.05$ ). The difference in  $D_{50\%}$  was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). The differences in  $D_{98\%}$ , CI, and HI of the breast plan target volume (PTV) between the two groups were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The CI of sIMRT ( $0.82 \pm 0.04$ ) was higher than that of TD ( $0.68 \pm 0.05$ ), and the HI of TD ( $0.19 \pm 0.01$ ) was lower than sIMRT ( $0.20 \pm 0.01$ ) ( $P < 0.05$ ). The difference in  $D_{2\%}$ ,  $D_{50\%}$  was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). In comparison with organs at risk, compared with TD, sIMRT reduced  $V_5$ ,  $V_{20}$ ,  $D_{mean}$  in the left lung and,  $D_{mean}$  in the left and right ventricles ( $P < 0.05$ ). The  $V_5$ ,  $V_{20}$  and  $D_{mean}$  of the left lung of sIMRT were reduced by 3.69%, 1.26%, and 7.84% respectively, compared with TD. Compared with sIMRT, TD reduced the  $D_{mean}$  of the contralateral breast,  $V_{30}$  of the heart,  $D_{mean}$  of the left and right atrium, and  $D_{2\%}$  of the spinal cord ( $P < 0.05$ ). However, there was no statistically significant difference in the  $D_{mean}$  of the heart ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Both sIMRT technology and TD technology can meet the dose requirements of postoperative radiotherapy for left breast cancer. The CI of the former is better than the latter, and the HI of the latter is better than the former; sIMRT technology can better protect the affected lung. For patients with underlying lung diseases, sIMRT technology is recommended to be preferred. The protection of the heart by TD technology does not show obvious advantages.

**Keywords:** breast neoplasms; breast-conserving surgery; static intensity-modulated radiotherapy; tomographic field radiotherapy; dosimetry

有研究<sup>[1]</sup>表明,保乳术可达到与根治术同样的治疗效果,与根治术相比,保乳术加术后放疗可提高患者的总生存期。目前对于左乳腺癌保乳术后行放疗的常用技术包括三维适形放射治疗(three-dimensional conformal radiotherapy, 3D-CRT)、静态调强放射治疗(static intensity-modulated radiotherapy, sIMRT)、容积调强放射治疗(volumetric modulated arc therapy, VMAT)、断层定野放射治疗(TomoDirect, TD)、断层螺旋放射治疗(TomoHelical, TH)等,各种照射方法各有优缺点。尽管sIMRT与TD技术都是先进的放疗技术,都满足较为满意的靶区覆盖,对正常组织器官也有很好的保护作用,但两者在乳腺癌保乳术后放疗时仍然有一定的剂量学差异。本研究对左乳腺癌保乳术后两种放疗技术的剂量学差异进行了系统的比较,为左乳腺癌保乳术后放疗技术的选择提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2016年5月—2018年5月云南省肿瘤医院放疗科左乳腺癌保乳术后瘤床有银夹标记患者24例作为研究对象。年龄30~69岁,平均45.9岁,各项临床资料完善。其中,浸润性癌8例,浸润性导管癌15例,黏液腺癌1例;  $T_1N_0M_0$  10例,  $T_1N_1M_0$  6例,  $T_2N_0M_0$  7例,  $T_xN_0M_0$  1例; 内上象限3例, 外

上象限18例, 内下象限2例, 外下象限1例。

### 1.2 体位固定与CT扫描

患者取仰卧位, 双上臂置于托架上并用热塑体膜固定。采用德国西门子大孔径螺旋CT平扫或增强扫描, 扫描层厚0.5 cm, 扫描范围包括颈、胸、上腹部, 扫描后CT模拟定位图像由网络传输至计划系统。

### 1.3 勾画靶区及危及器官

参考北美放射肿瘤协作组(Radiation Therapy Oncology Group, RTOG)乳腺癌保乳术后靶区及危及器官勾画标准<sup>[2]</sup>。靶区勾画: 肿瘤计划靶区(planning gross tumor volume, PGTV)以银夹为中心向上下、左右和前后外扩1.5 cm, 前界不超过皮下0.5 cm, 后界不超过肋骨表面。临床靶区(clinical target volume, CTV)上界为同侧锁骨头下缘水平, 下界为乳腺皱褶下2 cm, 后界为胸壁与肺的交界处, 前界为皮下0.5 cm, 内侧界为胸骨和肋骨连接处, 外侧界为腋中线或腋后线, 不包括背阔肌。计划靶区(planning target volume, PTV)为CTV外扩0.5 cm。危及器官勾画: 脊髓、左右肺、对侧乳腺、心脏、左右心房及心室。

### 1.4 治疗计划

采用瘤床同步推量技术, 用医科达Monaco5.11.03治疗计划系统进行sIMRT计划设计, 用安科锐TomoTherapy治疗计划系统进行TD计划设

计。6 MV X 射线, 处方剂量均为 PGTV 5 750 cGy/25 f, PTV 5 000 cGy/25 f。sIMRT 计划: 以射野等中心点(ISO)为等中心, PTV 为目标设计 6 个照射野。最小子野面积 4 cm<sup>2</sup>, 最小跳数 5 MU, 最大子野数 80, 最大剂量率 600 MU/min, 计算网格设定为 3 mm。TD 计划: 以 PTV 为目标设计 6 个照射野。基本参数设置: 照射模式为断层径照; 照射野宽度为 2.5 cm; 螺距为 0.21; 调制因子为 4。PGTV 剂量要求: D<sub>98%</sub> ≥ 5 463 cGy、D<sub>50%</sub> ≥ 5 750 cGy、D<sub>2%</sub> ≤ 6 037 cGy; PTV 剂量要求: D<sub>98%</sub> ≥ 4 750 cGy、D<sub>50%</sub> ≥ 5 000 cGy、D<sub>2%</sub> ≤ 6 037 cGy; 危及器官剂量限值: 脊髓 D<sub>2%</sub> ≤ 4 500 cGy、心脏 V<sub>30</sub> ≤ 10%、D<sub>mean</sub> ≤ 800 cGy; 左肺 V<sub>5</sub> ≤ 65%、V<sub>20</sub> ≤ 30%; 右乳 D<sub>mean</sub> ≤ 500 cGy。

### 1.5 计划评估

参考国际辐射单位与测量委员会(International Commission on Radiation Units, ICRU) 83 号报告<sup>[3]</sup>, 用 D<sub>2%</sub>、D<sub>98%</sub>、D<sub>50%</sub> 评估靶区 PGTV 和 PTV 相应体积所接受的吸收剂量, 用适形指数(conformity index, CI)和均匀性指数(homogeneity index, HI)分别评价靶区 PGTV 和 PTV 的适形度和均匀性。CI=(V<sub>ref</sub>/V<sub>t</sub>) × (V<sub>tref</sub>/V<sub>ref</sub>), 其中, V<sub>ref</sub> 为参考等剂量曲线包绕的靶区体积, V<sub>t</sub> 为靶区体积, V<sub>tref</sub> 为参考等剂量曲线包绕的

所有区域的体积。CI 值范围为 0 ~ 1, CI 值越大, 适形度越好。HI=(D<sub>2%</sub>-D<sub>98%</sub>)/D<sub>50%</sub>, D<sub>2%</sub> 为 2% 靶区受到的最低剂量, D<sub>98%</sub> 为 98% 靶区受到的最低剂量, D<sub>50%</sub> 为 50% 靶区受到的最低剂量。HI 值越小, 表示均匀性越好。左肺的 V<sub>5</sub>、V<sub>20</sub> 及 D<sub>mean</sub>, 心脏的 V<sub>30</sub> 和 D<sub>mean</sub>、右侧乳腺、左右心房和左右心室的 D<sub>mean</sub>、脊髓的 D<sub>2%</sub> 用来评价危及器官的照射体积和剂量。

### 1.6 统计学方法

数据分析采用 SPSS 22.0 统计软件。计量资料以均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 比较用配对 *t* 检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 靶区剂量学的比较

2.1.1 靶区 PGTV 剂量学参数比较 sIMRT 和 TD 均能满足对左乳腺癌保乳术后靶区 PGTV 的剂量要求。两种计划的靶区 PGTV 剂量学参数 D<sub>2%</sub>、D<sub>98%</sub>、CI、HI 比较, 差异有统计学意义(P < 0.05)。sIMRT 的 D<sub>2%</sub> 高于 TD; D<sub>98%</sub> 低于 TD; sIMRT 的 CI 高于 TD, 即 sIMRT 的适形度优于 TD; TD 的 HI 低于 sIMRT, 即 TD 的均匀性优于 sIMRT; IMRT 和 TD 的 D<sub>50%</sub> 差异没有统计学意义(P > 0.05)。见表 1。

表 1 靶区 PGTV 剂量学参数的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别         | D <sub>2%</sub> /cGy | D <sub>98%</sub> /cGy | D <sub>50%</sub> /cGy | CI          | HI          |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| sIMRT      | 6 003.11 ± 20.58     | 5 722.66 ± 11.15      | 5 878.47 ± 12.84      | 0.75 ± 0.05 | 0.05 ± 0.00 |
| TD         | 59 59.83 ± 45.03     | 5 743.85 ± 23.37      | 5 876.57 ± 23.43      | 0.61 ± 0.13 | 0.04 ± 0.01 |
| <i>t</i> 值 | 3.939                | -4.482                | 0.321                 | 6.335       | 4.375       |
| <i>P</i> 值 | 0.001                | 0.000                 | 0.751                 | 0.000       | 0.000       |

2.1.2 靶区 PTV 剂量学参数比较 sIMRT 和 TD 均能实现对左乳腺癌保乳术后靶区 PTV 的剂量要求。两种计划的靶区 PTV 剂量学参数 D<sub>98%</sub>、CI、HI 比较, 差异有统计学意义(P < 0.05), sIMRT 的 D<sub>98%</sub> 低

于 TD, sIMRT 的 CI 高于 TD(P < 0.05), 即 sIMRT 的适形度优于 TD, TD 的 HI 低于 sIMRT(P < 0.05), 即 TD 的均匀性优于 sIMRT, D<sub>2%</sub>、D<sub>50%</sub> 的组间差异无统计学意义(P > 0.05)。见表 2。

表 2 靶区 PTV 剂量学参数的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别         | D <sub>2%</sub> /cGy | D <sub>98%</sub> /cGy | D <sub>50%</sub> /cGy | CI          | HI          |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| sIMRT      | 5 911.06 ± 42.09     | 4 864.15 ± 48.80      | 5 260.65 ± 50.31      | 0.82 ± 0.04 | 0.20 ± 0.01 |
| TD         | 5 904.52 ± 46.06     | 4 911.22 ± 22.60      | 5 287.78 ± 70.09      | 0.68 ± 0.05 | 0.19 ± 0.01 |
| <i>t</i> 值 | 1.095                | -4.537                | -1.639                | 19.820      | 4.438       |
| <i>P</i> 值 | 0.285                | 0.000                 | 0.115                 | 0.000       | 0.000       |

## 2.2 危及器官剂量学参数的比较

左肺: sIMRT 和 TD 的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), sIMRT 较 TD 降低了左肺的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$ , 其中 sIMRT 左肺的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$  较 TD 分别降低了 3.69%、1.26% 和 7.84% ( $P < 0.05$ )。对侧乳腺: sIMRT 和 TD 的  $D_{mean}$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), TD 对侧乳腺的  $D_{mean}$  较 sIMRT 降低了 39.65% ( $P < 0.05$ )。心脏: sIMRT 和 TD 的  $V_{30}$  比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), TD 心脏的  $V_{30}$  较 sIMRT 降低了 0.91% ( $P < 0.05$ ), 而 TD 心脏的  $D_{mean}$  与 sIMRT 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。脊髓: sIMRT 和 TD 的  $D_{2\%}$  比较, 差异有统

计学意义 ( $P < 0.05$ ), TD 较 sIMRT 降低了脊髓的  $D_{2\%}$ 。心脏亚结构: sIMRT 和 TD 在心脏亚结构中的比较, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), TD 左右心房的  $D_{mean}$  低于 sIMRT, 而 TD 左右心室的  $D_{mean}$  高于 sIMRT。见表 3 ~ 5。

表 3 左肺剂量学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别         | $V_5/\%$     | $V_{20}/\%$  | $D_{mean}/cGy$    |
|------------|--------------|--------------|-------------------|
| sIMRT      | 45.58 ± 5.41 | 20.79 ± 3.40 | 1 182.60 ± 149.17 |
| TD         | 49.27 ± 7.72 | 22.05 ± 2.21 | 1 283.21 ± 147.58 |
| <i>t</i> 值 | -4.123       | -2.926       | -9.209            |
| <i>P</i> 值 | 0.000        | 0.008        | 0.000             |

表 4 对侧乳腺、心脏、脊髓剂量学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别         | 对侧乳腺           |             | 心脏              |                | 脊髓 |  |
|------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----|--|
|            | $D_{mean}/cGy$ | $V_{30}/\%$ | $D_{mean}/cGy$  | $D_{2\%}/cGy$  |    |  |
| sIMRT      | 244.34 ± 97.95 | 2.36 ± 1.76 | 377.39 ± 115.34 | 107.85 ± 10.08 |    |  |
| TD         | 147.46 ± 96.88 | 1.45 ± 0.78 | 381.79 ± 95.38  | 47.01 ± 7.16   |    |  |
| <i>t</i> 值 | 7.265          | 3.829       | -0.411          | 39.460         |    |  |
| <i>P</i> 值 | 0.000          | 0.001       | 0.685           | 0.000          |    |  |

表 5 心脏亚结构  $D_{mean}$  比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别         | 左心房            | 左心室             | 右心房            | 右心室             |
|------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| sIMRT      | 145.15 ± 20.40 | 534.02 ± 196.15 | 135.32 ± 21.70 | 366.37 ± 151.04 |
| TD         | 81.33 ± 17.51  | 607.83 ± 170.93 | 69.13 ± 11.25  | 420.38 ± 156.91 |
| <i>t</i> 值 | 37.011         | -3.074          | 19.629         | -3.796          |
| <i>P</i> 值 | 0.000          | 0.005           | 0.000          | 0.001           |

## 3 讨论

sIMRT 是一种允许肿瘤靶区剂量增加并对正常组织保护的技术, 适用于各种癌症类型。sIMRT 在各处辐射野与靶区外形一致的条件下, 针对靶区三维形状和危及器官与靶区的具体解剖关系对束强度进行调节, 单个辐射野内剂量分布是不均匀的, 但是整个靶区体积内剂量分布比常规放疗更均匀<sup>[4]</sup>。蒙渡等<sup>[5]</sup>在乳腺癌保乳术后放疗研究中, 采用瘤床同步加量技术, 靶区剂量: PTV<sub>50</sub> Gy/25 f, PTV<sub>boost</sub> 60 Gy/25 f, 评估放疗的剂量分布、不良反应及疗效。结果显示 IMRT 技术具有良好的 CI、HI, 且危及器官(如心脏、肺等)均得到了良好的保护。

TD 是使用固定的机架以不连续的角度传递辐

射。它通过 1 ~ 12 个固定治疗角度, 结合二元气动多叶光栅 (multi-leaf collimator, MLC) 对射线进行快速调制以及通过治疗床的移动来产生高度适形的剂量分布<sup>[6]</sup>。LEE 等<sup>[7]</sup>研究中, 使用瘤床同步加量 TD 技术, 评估 TD 技术对乳腺癌保乳手术后患者放疗的可行性和毒性。结果显示, 使用 TD 技术放疗显示出可接受的毒性, 最常见的毒性反应是皮炎, 在乳房照射期间, 155 例患者中有 41 例 (26.5%) 和 6 例 (3.9%) 发生了 2 级和 3 级皮炎, 2 例患者发生手臂淋巴水肿, 乳房照射后 1 个月, 2 例患者患有 2 级肺炎; 并且在靶标覆盖范围和危及器官保护方面均达到了最佳结果。

CHUNG 等<sup>[8]</sup>比较了 TD 和 3D-CRT 运用在早期

乳腺癌患者中的剂量学特点, 研究显示, TD 的 CI 值明显优于 3D-CRT 的 CI 值, 即 TD 在适形度方面更佳, 但在 HI 方面, TD 与 3D-CRT 无显著差异。本研究中, 不论 PGTV 或 PTV, 在 CI 值方面, sIMRT 均高于 TD, HI 值方面, TD 均低于 sIMRT, 也就是说, sIMRT 在适形度方面优于 TD, TD 在均匀性方面优于 sIMRT。陈高翔<sup>[9]</sup>等关于运用 TD 技术对乳腺癌保乳术后放疗的研究中, TD 组 PTV 在  $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$  及 CI 方面优于 IMRT 组, 两者在 HI 的差异无统计学意义。而本研究中, sIMRT 计划靶区 PTV 的  $D_{98\%}$ 、CI 优于 TD, TD 的 HI 优于 sIMRT,  $D_{2\%}$  组间无差异, 这与本研究结果有所差异, 这可能与靶区勾画的差异、计划设计和射野角度分布、处方剂量、瘤床同步推量与否、靶区适形度和均匀性要求不一样、对危及器官剂量限制要求不同、病灶象限位置不同等相关。

放射治疗在对肿瘤组织进行照射的同时, 周围的正常组织常不可避免地接受到一定的辐射剂量。而放射性肺损伤和放射性心脏损伤是胸部肿瘤放疗后的常见并发症。相关研究表明, 肺和心脏的剂量体积参数可分别预测放射性肺炎、心包积液的风险<sup>[10]</sup>。有研究显示, 肺的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$  均与放射性肺损伤的发生相关<sup>[11-12]</sup>。PAN 等<sup>[11]</sup>研究中, 多变量分析显示, 总剂量  $\geq 60$  Gy,  $V_{20} \geq 20\%$  和平均肺部剂量  $\geq 12$  Gy 是放射性肺损伤的独立预测因素。史志勇等<sup>[12]</sup>研究结果表明患侧肺的  $V_5$  与放射性肺损伤发生相关。本研究中, sIMRT 组左肺的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$  均低于 TD 组, 不论是高剂量区还是低剂量区, sIMRT 均可缩小患侧肺的受照体积, 换言之, sIMRT 可降低放射性肺损伤发生的概率, 可改善患者的远期生存质量。

LAUGAARD 等<sup>[13]</sup>研究提示, 心脏剂量每增加 1 Gy, 主要冠脉事件的发生率增加 19%, 可见限制心脏剂量, 对减少心脏事件的发生起重要作用。本研究中, 对心脏的  $V_{30}$ , TD 组低于 sIMRT 组, 而心脏的  $D_{mean}$ , 两者差异无统计学意义。在心脏亚结构方面, 与 sIMRT 组比较, TD 组左右心房的  $D_{mean}$  较低, 而左右心室的  $D_{mean}$  较高。陈智琴等<sup>[14]</sup>研究中, 左右心房、左右心室的  $D_{mean}$  均是心脏放射性损伤的影响因素, 多因素分析结果显示, 右心室 DVH (剂量-体积) 参数可预测放射性心脏损伤, 且是急性放射性心脏损伤的独立预后因素。可见, 心室的受照剂量对放射

性心脏损伤的发生有明显的影 响。虽然 TD 在心脏的  $V_{30}$  以及左右心房的  $D_{mean}$  方面低于 sIMRT, 但 TD 在左右心室的  $D_{mean}$  方面有高于 sIMRT 的趋势, 可见 TD 技术对心脏的保护并未体现出明显优势。TD 组对侧乳腺  $D_{mean}$  低于 sIMRT 组, TD 较 sIMRT 降低了对侧乳腺的受照剂量。对脊髓的最大剂量 ( $D_{2\%}$ ) 来说, TD 组低于 sIMRT 组, 脊髓作为串联器官, 受照剂量过高时将导致相关的神经系统并发症, 本研究提示 TD 技术对脊髓的保护更佳。

综上所述, sIMRT 技术和 TD 技术均能满足左乳腺癌保乳术后放疗的剂量需求, 前者的 CI 优于后者, 后者的 HI 优于前者; sIMRT 组左肺的  $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $D_{mean}$  均低于 TD 组, sIMRT 技术对患侧肺的保护更佳, 对于有肺部基础疾病的患者, 建议优先选择 sIMRT 技术; TD 技术对心脏的保护并未体现出明显优势, 由于 TD 技术费用更高, 从经济角度出发, 部分患者可考虑优先选择 sIMRT 技术。

#### 参 考 文 献 :

- [1] ONITILLO A A, ENGEL J M, STANKOWSKI R V, et al. Survival comparisons for breast conserving surgery and mastectomy revisited: community experience and the role of radiation therapy[J]. Clin Med Res, 2015, 13(2): 65-73.
- [2] 杨昭志, 孟晋, 马金利, 等. 早期乳腺癌术后靶区勾画共识[J]. 中国癌症杂志, 2019, 29(9): 753-760.
- [3] HODAPP N. The ICRU report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT)[J]. Strahlenther Onkol, 2012, 188(1): 97-99.
- [4] RIOU O, FENOGLIETTO P, LEMANSKI C, et al. Intensity modulated radiotherapy for breast cancer[J]. Cancer Radiother, 2012, 16(5/6): 479-484.
- [5] 蒙渡, 唐丰文, 刘锐, 等. 早期乳腺癌保乳术后瘤床区同步加量 IMRT 的剂量学及疗效分析[J]. 西部医学, 2017, 29(5): 622-626.
- [6] FRANCO P, MIGLIACCIO F, TORIELLI P, et al. Bilateral breast radiation delivered with static angle tomotherapy (TomoDirect): clinical feasibility and dosimetric results of a single patient[J]. Tumori, 2015, 101(1): e4-e8.
- [7] LEE H C, KIM S H, SUH Y J, et al. A prospective cohort study on postoperative radiotherapy with TomoDirect using simultaneous integrated boost technique in early breast cancer[J]. Radiat Oncol, 2014, 9: 244.
- [8] CHUNG M J, KIM S H, LEE J H, et al. A dosimetric comparative analysis of TomoDirect and three-dimensional conformal radiotherapy in early breast cancer[J]. J Breast Cancer, 2015, 18(1): 57-62.
- [9] 陈高翔, 曲宝林, 杜乐辉, 等. 断层定野技术在乳腺癌保乳术后患者放射治疗中的应用[J]. 中国医学装备, 2017, 14(7): 1-5.

- [10] BEUKEMA J C, KAWAGUCHI Y, SIJTSEMA N M, et al. Can we safely reduce the radiation dose to the heart while compromising the dose to the lungs in oesophageal cancer patients[J]. *Radiother Oncol*, 2020, 149: 222-227.
- [11] PAN W Y, BIAN C, ZOU G L, et al. Combining NLR, V20 and mean lung dose to predict radiation induced lung injury in patients with lung cancer treated with intensity modulated radiation therapy and chemotherapy[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(46): 81387-81393.
- [12] 史志勇, 王娟, 苏铁涛, 等. 肺癌患者发生放射性肺损伤的相关因素[J]. *临床与病理杂志*, 2018, 38(7): 1451-1456.
- [13] LAUGAARD LORENZEN E, CHRISTIAN REHAMMAR J, JENSEN M B, et al. Radiation-induced risk of ischemic heart disease following breast cancer radiotherapy in Denmark, 1977-2005[J]. *Radiother Oncol*, 2020, 150: 103-110.
- [14] 陈智琴, 李思涵, 李光. 肺癌调强放疗引起放射性心脏损伤的相关因素[J]. *肿瘤学杂志*, 2018, 24(10): 981-986.  
(张西倩 编辑)

本文引用格式: 刘梦岚, 吉维, 赵彪, 等. 左乳腺癌保乳术后瘤床同步加量静态调强放射治疗与断层定野放射治疗的剂量学研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(11): 73-78.

Cite this article as: LIU M L, JI W, ZHAO B, et al. Dosimetric study of sIMRT and TOMO fixed field irradiation (TD) simultaneous integrated boost on tumor bed for patients receiving left breast-conserving surgery[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2022, 32(11): 73-78.