

## 垫高患侧固定方式在左侧乳腺癌术后放射治疗中的临床应用\*

刘裕良, 邹金华, 胡道坤, 刘佳宾, 彭金浩, 刘忠强<sup>△</sup>

(南方医科大学南方医院放射治疗科, 广州 510515)

**[摘要]** **目的** 探讨左侧乳腺癌术后放射治疗中垫高患侧固定方式的可行性, 用以降低危及器官(OAR)的受照射剂量。**方法** 收集 50 例左侧乳腺癌女性患者, 随机分成观察组和对照组, 每组 25 例。观察组患者选择垫高患侧的固定方式, 对照组为平躺不垫高的固定方式。比较两组患者的摆位误差情况; 比较两组患者治疗计划的靶区和 OAR 的剂量分布情况。**结果** 观察组和对照组的靶区和 OAR 体积大小无统计学差异。两组患者的摆位误差在左右、前后、上下(X、Y、Z)轴上, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者的计划靶区(PTV)最小剂量( $D_{\min}$ )和平均剂量( $D_{\text{mean}}$ )均达到医生要求, 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。观察组 15 例保乳患者中, 心脏、右侧乳房、右侧肺和左侧肺的  $D_{\text{mean}}$  比对照组 15 例保乳患者  $D_{\text{mean}}$  分别低 22.37、20.63、3.26 和 54.58 cGy, 差异具有统计学意义( $P$  值分别为 0.039、0.041、0.025、0.036)。观察组 10 例乳腺切除患者心脏、右侧乳房、右侧肺和左侧肺的  $D_{\text{mean}}$  比对照组 10 例乳腺切除患者的  $D_{\text{mean}}$  分别低 26.55、28.57、4.09 和 47.89 cGy, 但差异无统计学意义( $P$  值分别为 0.084、0.296、0.386、0.277)。**结论** 在左侧乳腺癌保乳术后放射治疗中, 采用垫高患侧的固定方式, 有助于减少 OAR 辐射剂量, 提高放射治疗增益比。

**[关键词]** 左侧乳腺癌; 固定方式; 危及器官; 放射治疗增益比

**[中图分类号]** R737.9

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2023)14-2148-06

## Clinical application of raising affected side fixation mode in postoperative radiotherapy of left breast cancer\*

LIU Yuliang, ZOU Jinhua, HU Daokun, LIU Jiabin, PENG Jinhao, LIU Zhongqiang<sup>△</sup>

(Department of Radiotherapy, Nanfang Hospital, Southern Medical University,

Guangzhou, Guangdong 510515, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the feasibility of raising affected side fixation mode to reduce the radiation dose of the organs at risk (OAR) in postoperative radiotherapy for left breast cancer. **Methods** Fifty female patients with left breast cancer were collected and randomly divided into the observation group and control group, 25 cases in each group. The observation group chose the fixed mode by raising the affected side, while the control group adopted the flat down fixed mode without raising. The positioning errors were compared between the two groups. The dose distribution in the target area and OAR of the treatment plan was compared between the two groups. **Results** The volume sizes of the target area and OAR had no statistical differences between the two groups ( $P > 0.05$ ). The positioning errors in the axes of left and right, front and back, and up and down (X, Y, Z) had no statistical differences between the two groups ( $P > 0.05$ ). The minimum ( $D_{\min}$ ) and average dose ( $D_{\text{mean}}$ ) of PTV target area in the two groups met the requirements of doctors, and there was no statistical difference. Among 15 breast-conserving patients in the observation group, the  $D_{\text{mean}}$  of heart, right breast, right lung and left lung were lower than those of 15 breast-conserving patients in the control group by 22.37, 20.63, 3.26, 54.58 cGy respectively, and the differences were statistically significant ( $P = 0.039, 0.041, 0.025, 0.036$ ). Among 10 breast-excision patients in the observation group, the  $D_{\text{mean}}$  of the heart, right breast, right lung and left were lower than those of 10 breast-excision patients in the control group

\* 基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目(B2021449)。 作者简介: 刘裕良(1988—), 工程师, 硕士, 主要从事放射物理研究。

<sup>△</sup> 通信作者, E-mail: 591348837@qq.com。

by 26.55, 28.57, 4.09, 47.89 cGy respectively, but the differences were not statistically significant ( $P=0.084, 0.296, 0.386, 0.277$ ). **Conclusion** In the postoperative radiotherapy of the left breast-conserving cancer, adopting the raising affected side fixation mode is helpful to reduce the radiation dose of organs at risk and improve the gain ratio of radiotherapy.

**[Key words]** left breast cancer; fixation mode; organ at risk; gain ratio of radiotherapy

乳腺癌发病率在全球女性恶性肿瘤中排行首位。放射治疗是乳腺癌主要的治疗方法之一,可有效减少肿瘤细胞转移,提高局部控制率和患者生存率<sup>[1-3]</sup>。肺和心脏都在乳腺靶区的辐射区域。当肺组织受到一定剂量的辐射后,可能会发生放射性肺炎或肺纤维化甚至肺癌<sup>[4-5]</sup>,同时,辐射诱发心脏病也是放射治疗后的严重副反应<sup>[6-8]</sup>,其慢性表现包括加速动脉粥样硬化、心肌病和瓣膜异常。而放射性肺纤维化和辐射诱发心脏病一旦发生就无法逆转,在放射治疗期间减少肺和心脏照射剂量是目前已知的唯一预防方法。

WANG 等<sup>[9]</sup>研究表明,在乳腺癌放射治疗时采用俯卧位方式,有助于减少肺和心脏的辐射剂量,然而相比于仰卧位,俯卧位患者压迫胸腹部,时间稍长患者感觉不适而不自移动,导致照射靶区时产生相应误差,并且操作困难、重复性较差。且这一结论尚存在争议,KIRBY 等<sup>[10]</sup>证明俯卧位不利于乳房较小的左侧乳腺癌患者。ALVARE 等<sup>[11]</sup>研究发现,患者采用深吸气屏气(deep inspiration breath hold, DIBH)的治疗方式,可以在保证靶区剂量的同时,减少心脏和肺的剂量。然而该方式对患者要求高,患者需要掌握 DIBH 方法,在治疗过程中完全听从治疗师命令呼吸,心肺功能不良患者无法顺利执行,并且需要安装价格昂贵的体表检测装置,治疗时间是常规乳腺癌放射治疗时间的 3~6 倍。宋纪萍等<sup>[12]</sup>、马茗微等<sup>[13]</sup>研究表明,乳腺托架的使用可以减少对肺的照射。但是乳腺托架部件较多,治疗师需要核对患者臀部位置、手握架参数、背靠托架的倾斜角度等,操作复杂,增加了治疗师的工作量。周常锋等<sup>[14]</sup>、房建南等<sup>[15]</sup>研究发现,针对乳腺癌患者,使用发泡胶的固定方式比使用乳腺托架摆位误差要小,但仍有优化的空间。针对上述情况,本研究在左侧乳腺癌发泡胶固定方式上进行改良,并通过严格的摆位误差、靶区和危及器官剂量关系,验证了垫高患侧体位的固定方式在左侧乳腺癌术后放射治疗中具有一定优势,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 6 月至 2022 年 2 月于本院进行放射治疗的左侧乳腺癌女性患者 50 例作为研究对象(年

龄 29~55 岁),均采用 Trilogy 直线加速器进行治疗。纳入标准:(1)经病理检查确诊为左侧乳腺癌;(2)病理分期为 I~III 期;(3)患者接受术后放射治疗的综合治疗方式;(4)患侧手臂已提前训练,均能自由上举并展开 $\geq 120^\circ$ ;(5)卡氏功能状态评分 $\geq 80$ 分;(6)身高 154~165 cm,体重 45~64 kg。排除标准:(1)心肺功能不全的患者;(2)放射治疗过程中,因个人因素停止治疗的患者;(3)有其他恶性肿瘤的患者。(4)过度肥胖患者。本研究经患者及其家属均自愿签署知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 固定方式

将广州富瑞公司生产的 N、M 两种发泡剂混合后,倒入自主设计的乳腺布袋中。该布袋设计为不对称形状,可以使患侧手臂尽量展开远离靶区,并且使靶区最大限度地暴露,考虑到 CT 口径,最大处尺寸设计为 50 cm $\times$ 100 cm。50 例患者均仰卧位,除去上身衣物,患者躺在布袋,双手举过头顶,握住顶部手柄固定手臂,10 min 后,发泡胶固定成形(图 1A)。

将 50 例患者随机分为两组,每组 25 例。观察组患者中,保乳术后 15 例(I 期 14 例,II 期 1 例),乳腺切除 10 例(II 期 4 例,III 期 6 例)。观察组选择垫高患侧的固定方式,其中垫高材料为 EPS 泡沫,成分为聚苯乙烯(以下称为白泡沫),形状为梯形,具体尺寸为上底 8 cm、下底 10 cm、高 6 cm、棱长 22 cm(图 1B)。在 N、M 混合之前先放入布袋,置于患侧背部,与发泡胶融合塑形,其中白泡沫与发泡胶成分相似,并且在计划系统中,与发泡胶一起纳入计算。垫高之后如图 2A、B。对照组保乳术后 15 例(I 期 13 例,II 期 2 例),乳腺切除 10 例(II 期 4 例,III 期 6 例)。对照组为平躺不垫高的固定方式,如图 2C、D。

#### 1.2.2 计划参数

由本院两位资深放射治疗科医生根据美国国家综合癌症网(NCCN)指南和国际辐射单位与测量委员会(ICRU)62 号报告,在患者 CT 图像上勾画临床靶区(clinical target volume, CTV),包括患侧乳房、胸壁、患侧锁骨上下区、腋下淋巴引流区等,再由物理师根据计划系统合并成计划靶区(planning target volume, PTV)。危及器官(organ at risk, OAR)包括健

侧乳房、左右侧肺、心脏、脊髓等。

对于保乳患者,采用低分次大分割照射方式,分 15 次照射,处方剂量 PTV<sub>瘤床</sub> 49.5 Gy,单次剂量 3.3 Gy。PTV<sub>全左乳</sub> 43.5 Gy,单次剂量 2.9 Gy。OAR 要求:脊髓照射的最大剂量( $D_{max}$ ) $<45$  Gy,右侧乳房照射的平均剂量( $D_{mean}$ ) $<5$  Gy,右侧肺 2.5 Gy 照射的体积百分比( $V_{2.5}$ ) $<15\%$ 。心脏  $D_{mean}$  $<5$  Gy,左侧肺 5 Gy 照射的体积百分比( $V_5$ ) $<70\%$ ,17 Gy 照射的体积百分比( $V_{17}$ ) $<20\%$ 。

对于乳腺切除患者,分 25 次照射,胸壁 PTV<sub>—</sub>

CW 和颈部淋巴 PTV<sub>—SC</sub> 处方剂量 50 Gy,单次 2 Gy。OAR 要求:脊髓  $D_{max}$  $<45$  Gy,右侧乳房  $D_{mean}$  $<5$  Gy,右侧肺  $V_{2.5}$  $<15\%$ 。心脏  $D_{mean}$  $<5$  Gy,左侧肺  $V_5$  $<50\%$ ,10 Gy 照射的体积百分比( $V_{10}$ ) $<40\%$ ,20 Gy 照射的体积百分比( $V_{20}$ ) $<30\%$ 。

最后,物理师结合靶区与危及器官,使用版本 V5.11 的 Mocaco 计划系统,设计 5 野或 7 野的逆向静态调强计划,使用的 X 射线能量为 6 MV,其中乳腺切除的患者胸壁需要放置补偿膜。



A: 乳腺发泡胶固定;B: 垫高材料。

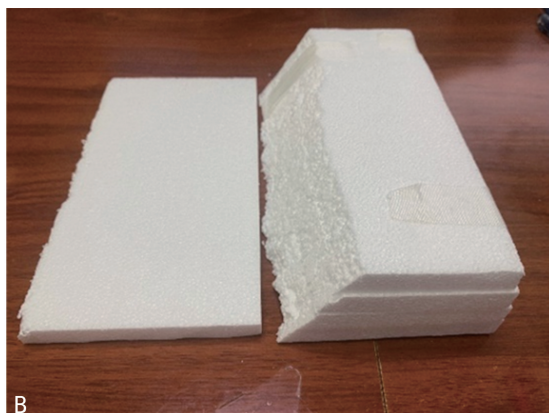
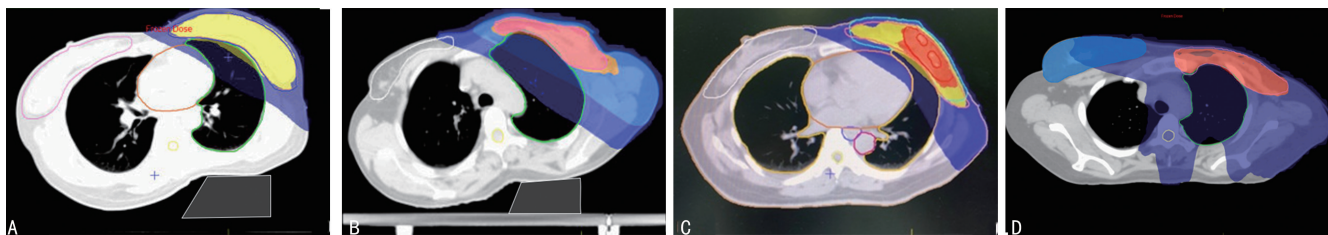


图 1 乳腺发泡胶固定图及垫高材料示意图



A: 观察组保乳垫高;B: 观察组乳腺切除垫高;C: 对照组保乳水平不垫高;D: 对照组乳腺切除水平不垫高。

图 2 各组固定方式 CT 图

### 1.3 观察指标

#### 1.3.1 摆位误差

为减少治疗师个人因素和加速器因素的影响,数据均来自本科室同一机房、同一组资深治疗师完成的乳腺癌患者。对每例患者均采用首次治疗前锥形束 CT (cone beam computed tomography, CBCT) 拍片验证,之后每周至少 1 次验证方式,整个治疗过程每例患者 5 次验证,每组 25 例患者,两组患者的验证次数达到 125 次,一共 250 次。将获得的 CBCT 图像,由勾画靶区的两位医生,与原治疗计划中的 CT 图像对比,进行摆位误差的矫正,并记录各方向的摆位误差值。

#### 1.3.2 剂量分布数据

靶区和 OAR 剂量分布通过 Eclipse 计划系统,记录两组数据中的 PTV、健侧乳房、心脏和肺等 OAR

的体积剂量分布。

#### 1.4 统计学处理

采用 SPSS 软件对数据进行分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,两组数据 X、Y、Z 3 个方向的摆位误差,采用双样本等方差  $t$  双侧检验,以此检验治疗师对两种固定方式摆位误差是否有差异。两组患者的剂量数据,用双样本等方差  $T$  双侧检验,以此检验两种固定方式下靶区和 OAR 的剂量差异。以  $P < 0.05$  拒绝假设,即差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 摆位误差与 OAR 受量比较

两组患者 3 个方向的摆位误差,在左右、前后、上下(X、Y、Z)方向上,误差均小于 4.0 mm,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。两组患者中,观察组和对照组(保乳垫高和保乳不垫高,切除垫高和切除不垫

高)的 PTV、最小剂量( $D_{min}$ )、 $D_{mean}$  均符合医生要求, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 2、3; 两组患者的 OAR 中, 心脏、右侧乳房、左右肺的体积差异均无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 4~6。观察组 15 例保乳患者中, 心脏、右侧乳房、右侧肺和左侧肺的  $D_{mean}$  比对照组 15 例保乳患者  $D_{mean}$  分别低 22.37、20.63、3.26 和 54.58 cGy, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); 观察组 10 例乳腺切除患者, 心脏、右侧乳房、右侧肺和左侧肺的  $D_{mean}$  比对照组 10 例乳腺切除患者的  $D_{mean}$  分别低 26.55、28.57、4.09 和 47.89 cGy, 但差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 4~6。

2.2 不良反应情况

整个治疗过程中, 观察组出现轻度咳嗽咳痰 1 例, 主诉胸闷 2 例。对照组出现轻度咳嗽咳痰 2 例, 主诉胸闷 3 例。随访 3 个月, 两组患者均无严重心脏事件报告。

表 1 两组患者 3 个方向的整体方差和摆位误差 (mm)

组别	n	X(左右)	Y(前后)	Z(上下)
观察组	125	-0.40±1.68	-0.02±2.41	0.37±1.45
对照组	125	-0.10±1.77	0.15±2.36	0.27±1.47
t		-1.41	-0.42	0.51
P		0.16	0.68	0.61

右、前、下为正, 左、后、上为负。

表 2 两组保乳患者 PTV 体积和剂量分析 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	PTV <sub>全左乳</sub>			PTV <sub>瘤床</sub>		
		体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{min}$ (cGy)	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{min}$ (cGy)	$D_{mean}$ (cGy)
观察组	15	613.71±107.53	2 669.05±296.05	4 653.88±75.66	95.63±22.11	4 453.86±139.18	5 004.94±91.93
对照组	15	574.91±115.10	2 625.92±268.49	4 612.8±66.82	101.75±20.61	4 398.65±137.02	4 992.30±84.85
t		0.954	0.418	1.576	-0.783	1.095	0.391
P		0.348	0.679	0.126	0.44	0.283	0.699

表 3 两组切除患者 PTV 体积和剂量分析 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	PTV <sub>全左乳</sub>			PTV <sub>瘤床</sub>		
		体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{min}$ (cGy)	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{min}$ (cGy)	$D_{mean}$ (cGy)
观察组	10	381.84±95.62	3 706.37±189.51	5 025.63±106.80	159.87±26.44	4 260.65±213.49	5 043.95±100.89
对照组	10	390.57±92.84	3 608.88±179.66	5 037.02±112.55	145.57±27.17	4 101.28±209.87	5 034.73±96.01
t		-0.207	1.181	-0.232	1.193	1.686	0.209
P		0.838	0.253	0.819	0.248	0.109	0.837

表 4 两组保乳患者心脏、右侧乳房、右侧肺体积和剂量分析 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	心脏		右侧乳房		右侧肺	
		体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)
观察组	15	561.17±67.76	285.07±27.53	532.82±108.63	198.38±26.89	1 232.98±179.96	51.26±3.86
对照组	15	571.1±70.23	307.44±29.18	522.42±113.11	219.01±25.93	1 256.77±157.31	54.52±3.71
t		-0.393	-2.159	0.256	-2.146	-0.385	-2.361
P		0.696	0.039	0.799	0.041	0.703	0.025

表 5 两组切除患者心脏、右侧乳房、右侧肺体积和剂量分析 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	心脏		右侧乳房		右侧肺	
		体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)	体积(cm <sup>3</sup> )	$D_{mean}$ (cGy)
观察组	10	579.49±99.63	400.97±32.31	537.6±100.99	279.72±54.97	1 313.46±174.96	97.14±10.09
对照组	10	563.44±93.47	427.52±32.76	524.54±121.49	308.29±63.41	1 210.41±186.41	101.23±10.65
t		0.376	-1.831	0.262	-1.076	1.275	-0.887
P		0.711	0.084	0.796	0.296	0.219	0.386

表 6 两组患者左侧肺体积和剂量分析( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	左侧肺(保乳)				
		体积( $\text{cm}^3$ )	$D_{\text{mean}}$ (cGy)	$V_5$	$V_{10}$	$V_{20}$
观察组	15	1 113.34±177.92	967.29±65.54	40.75±2.83	28.13±2.60	19.64±1.74
对照组	15	1 126.96±158.62	1 021.87±70.48	42.57±2.28	30.21±2.69	21.24±1.88
t		-0.221	-2.196	-2.117	-2.154	-2.418
P		0.826	0.036	0.043	0.039	0.022

组别	n	左侧肺(切除)				
		体积( $\text{cm}^3$ )	$D_{\text{mean}}$ (cGy)	$V_5$	$V_{10}$	$V_{20}$
观察组	10	1 160.13±173.67	1 341.52±94.93	48.81±1.76	36.91±3.06	26.42±1.32
对照组	10	1 056.65±185.77	1 389.41±96.36	49.89±2.15	38.17±1.84	27.62±1.96
t		1.286	-1.120	-1.229	-1.113	-1.608
P		0.214	0.277	0.234	0.280	0.125

### 3 讨 论

乳腺癌术后采用辅助放射治疗的方案,能有效提高局部控制率和患者生存率<sup>[16]</sup>。国内外乳腺癌放射治疗中针对靶区和 OAR 的规范化已经有一套相对完善的治疗标准<sup>[17]</sup>。在乳腺癌放射治疗中,提高靶区剂量的同时,减少肺和心脏的受照射剂量,减少并发症发生,以提高患者生活质量是相关学者一直努力的方向。

由于肺和心脏靠近乳腺靶区,乳腺癌的放射治疗中,肺和心脏都不可避免受到射线的照射,尤其是左侧乳腺癌患者,因为靶区距离心脏更近,心脏往往受到更大的辐射剂量。LORENZEN 等<sup>[18]</sup>研究表明,乳腺癌放射治疗之后,心脏疾病发生率增加 4%~7%;DARBY 等<sup>[19]</sup>研究表明,当整个心脏平均受量达到 4.9 Gy 以后,每增加 1 Gy,患急性缺血性疾病的风险增加 7%,并且风险与心脏平均受量成正比,可持续至少 20 年。同时,放射性肺炎是乳腺癌放射治疗中比较常见的并发症<sup>[20-21]</sup>,临床症状为咳嗽、胸闷、发热,当达到一定剂量,后期则出现肺纤维化甚至有可能导致肺癌。WENNSTIG 等<sup>[22]</sup>研究了 1992—2012 年乳腺癌术后放射治疗的 52 300 例患者发现,与 253 796 例同龄非放射治疗的女性相比,放射治疗 5 年后,乳腺癌术后放射治疗患者的肺癌发生率高 1.59%,并且随着生存时间延长而增加。因此,在乳腺癌放射治疗中,保证靶区剂量的同时,减少心脏和肺受照射体积和剂量,提高放射治疗增益比,从而提高长期生存患者的生活质量,具有重要的临床意义。

相比于早期的真空垫,发泡胶一旦冷却成型后,坚硬持久,不存在治疗过程中真空气垫漏气、变形的问题,且发泡胶以患者体型而塑形,更贴合患者,可以提高摆位精度。相比于乳腺托架,本研究使用患侧手臂抓握头顶固定把的方式,可以尽可能地展开患侧手臂,使靶区能更好地暴露,并且不需要核对臀部位置、

背托角度等参数,摆位简单,重复性更高。本研究根据物理师布野和靶区及 OAR 剂量关系,在乳腺癌发泡胶固定的基础上提出了垫高患侧的左乳腺癌体位固定方式。其中垫高材料为聚苯乙烯,该材料易获取,成本低,方便执行。本研究显示,将治疗师 250 次 IGPS 摆位数据使用等方差 T 双侧检验对两组患者的摆位误差均值进行检验,3 个方向的差异均无统计学意义,因此认为治疗师对两种体位固定方式的摆位误差在 3 个方向均无差异。而垫高患侧的观察组患者的心脏、右侧乳房、右侧肺和左侧肺的  $D_{\text{mean}}$  均低于水平不垫高的对照组,这是由于乳腺属于软组织,并凸于胸壁,人体胸部呈椭圆形,患侧面用泡沫垫高,使得乳腺靶区受肋骨支撑力作用产生轻微形变而凸显,从而使得靶区的剂量覆盖率更高。相比于平躺体位,健侧乳房、心脏和肺受重力作用离靶区更远,可以使它们与物理计划中靶区的剂量梯度差别更大,从而得到更好的保护。

虽然本研究对左侧乳腺癌体位固定方式做了一定探索,但仍有不足之处:(1)垫高患侧的左侧乳腺癌体位固定方式仍处于探究阶段,没有治疗后 5 年以上患者的随访,尚没有关于心脏毒性和肺的后期报告;(2)为了避免由治疗师个人因素引起的摆位误差,仅选择同一组资深治疗师完成治疗的患者,数据量不足,只能分析大致趋势,也可能是导致乳腺切除患者组别的各项指标差异没有达到  $P < 0.05$  的原因之一;(3)没有对过度肥胖和消瘦型患者进行分析,具有一定的局限性。

综上所述,本研究从实际工作角度出发,避开复杂的摆位方式,验证了垫高患侧的体位固定方式在左侧乳腺癌患者的放射治疗中有利于减少健侧乳房、心脏和肺的受照射体积和剂量,且成本低廉,摆位误差小,简单高效,重复性和安全性高,值得推广。

## 参考文献

- [1] TANG A, SHIM V. ASO author reflections: Balancing patient choice and risks/benefits of radiation treatment in early breast cancer: How does one choose? [J]. *Ann Surg Oncol*, 2021, 28:5164-5165.
- [2] 温敏, 刘莹莹, 徐金锋, 等. 乳腺癌肿瘤微环境相关治疗靶点的研究进展[J]. *广东医学*, 2019, 40(7):908-912.
- [3] WOODWARD S G, VARSHNEY K, ANNE P R, et al. Trends in use of hypofractionated whole breast radiation in breast cancer: an analysis of the National Cancer Database[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2021, 109(2):449-457.
- [4] ARROYO H M, MALDONADO F, LOZANO R F, et al. Radiation-induced lung injury: current evidence[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1):1-12.
- [5] JUNG W, SHIM S S, KIM K. CT findings of acute radiation-induced pneumonitis in breast cancer[J]. *Br J Radiol*, 2021, 94(1124):20200997.
- [6] MAHDAVI H. Radiation oncologists' perspectives on reducing radiation-induced heart disease in early breast cancer[J]. *Curr Probl Cancer*, 2020, 44(2):100509.
- [7] CLASEN S C, SHOU H, FREEDMAN G, et al. Early cardiac effects of contemporary radiation therapy in patients with breast cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2021, 109(5):1301-1310.
- [8] BOSNIC S, MCKENZIE E, RAZVI Y, et al. Heart and lung dose metrics in radiation therapy patients treated for synchronous bilateral breast cancer (SB-BC): a decade in review (2011-2018) [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2020, 108(3):e66.
- [9] WANG X, FARGIER B O, DIPASQUALE G, et al. Is prone free breathing better than supine deep inspiration breath-hold for left whole-breast radiotherapy? A dosimetric analysis[J]. *Strahlenther Onkol*, 2021, 197:317-331.
- [10] KIRBY A M, EVANS P M, DONOVAN E M, et al. Prone versus supine positioning for whole and partial-breast radiotherapy: a comparison of non-target tissue dosimetry[J]. *Radiother Oncol*, 2010, 96(2):178-184.
- [11] ALVARE M G G, FERNANDEZ C P, RODRIGUES C, et al. 118P Should DIBH (deep inspiration breath-hold) be the standard of care in LBC (left breast cancer)? [J]. *Ann Oncol*, 2020, 31(Suppl. 2):55.
- [12] 宋纪萍, 邱强. 乳腺托架在乳腺癌保乳术后放疗中的应用效果[J]. *实用癌症杂志*, 2020, 35(9):1535-1538.
- [13] 马茗微, 王淑莲, 覃仕瑞, 等. 面罩及乳腺托架固定下乳腺癌保乳术后放疗锁骨上下区摆位误差分析[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2019, 28(3):217-221.
- [14] 周常锋, 石俊田, 马玉家, 等. 乳腺癌保乳根治术后精确放疗体位固定的新方法[J]. *广东医学*, 2018(增刊 1):99-101.
- [15] 房建南, 马玉家, 石俊田, 等. 发泡胶与乳腺托架在乳腺癌保乳术后 IMRT 中固定精度比较[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2019, 28(5):369-372.
- [16] 罗小蝶, 甘露. 早期乳腺癌保乳术后加速部分乳腺放疗相关研究进展[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2021, 30(12):1321-1325.
- [17] 中国医师协会放射肿瘤治疗医师分会, 李晔雄, 王玉, 等. 乳腺癌放射治疗指南(中国医师协会 2020 版) [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2021, 30(4):321-342.
- [18] LORENZEN E L, REHAMMAR J C, JENSEN M B, et al. Radiation-induced risk of ischemic heart disease following breast cancer radiotherapy in Denmark, 1977-2005[J]. *Radiother Oncol*, 2020, 152:103-110.
- [19] DARBY S C, EWERTZ M, MCGALE P, et al. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(11):987-998.
- [20] MEHNATI P, GHORBANIPOOR M, MOHAMMADZADEH M, et al. Predicting the risk of radiation pneumonitis and pulmonary function changes after breast cancer radiotherapy[J]. *J Biomed Phys Eng*, 2021, 11(4):459.
- [21] 张永彤, 王春春, 黄芳, 等. 肺癌放射治疗造成急性放射性肺炎的临床治疗研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(增刊 1):103-105.
- [22] WENNSTIG A K, WADSTEN C, GARMO H, et al. Risk of primary lung cancer after adjuvant radiotherapy in breast cancer-a large population-based study[J]. *NPJ Breast Cancer*, 2021, 7(1):71.