

早期乳腺癌保乳术后不同固定装置下 全乳照射的摆位误差分析

胡乃军¹, 蔡钢^{1,2}, 许青¹, 陈佳艺^{1,2}

1. 复旦大学附属肿瘤医院放疗科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032;
2. 上海交通大学医学院附属瑞金医院放疗科, 上海 200025

[摘要] 背景与目的: 准确的靶区位置是乳腺癌精确放疗的重要影响因素。本研究利用电子射野影像系统(electronic portal imaging device, EPID)测量乳腺托架和手臂托架两种不同体位固定状态下全乳放疗前、后的摆位误差, 并对比其差别。方法: 选择12例接受保乳术后调强放疗的乳腺癌患者, 6例体位固定装置使用乳腺托架, 6例使用手臂托架, 在患者分次放疗前、后拍摄切线野的电子射野影像片(electronic portal imaging, EPI), 将得到的EPI和数字重建图像(digitally reconstructed radiograph, DRR)进行配准, 计算摆位误差, 并进行比较。结果: 手臂托架组的水平与垂直方向的位移分布分别为>5 mm: 0和0; 3~5 mm: 6.6%和4.9%; <3 mm: 93.4%和95.1%。乳腺托架组的水平与垂直方向的位移分布分别为>5 mm: 6.7%和3.3%; 3~5 mm: 45.0%和23.3%; <3 mm: 48.3%和73.3%。手臂托架组在放疗前EPI得到的水平与垂直方向的平均位移值小于乳腺托架组, 差异有统计学意义($P=0.000$, $P=0.006$)。两组放疗前、后分次内均存在位移, 水平方向的差异有统计学意义($P=0.003$, $P=0.008$), 且手臂托架组在放疗前、后分次内的位移差值优于乳腺托架组, 水平方向的差异有统计学意义($P=0.000$)。结论: 乳腺托架、手臂托架均有较好的全乳放疗摆位重复性和准确性, 手臂托架在放疗前及分次内的位移优于乳腺托架, 更适宜全乳放射治疗的体位固定。

[关键词] 乳腺托架; 手臂托架; 摆位误差; 乳腺肿瘤; 全乳放射治疗

DOI: 10.3969/j.issn.1007-3969.2015.11.012

中图分类号: R737.9 文献标志码: A 文章编号: 1007-3639(2015)11-0911-06

Comparison of setup variations between two fixation devices for radiation after breast-conserving surgery HU Naijun¹, CAI Gang^{1,2}, XU Qing¹, CHEN Jiayi^{1,2} (1.Department of Radiation Oncology, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2.Department of Radiation Oncology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

Correspondence to: CAI Gang E-mail: caigangcg@163.com

[Abstract] **Background and purpose:** Correct target positioning is an important factor affecting precise radiotherapy in patients with breast cancer. We measured the setup variations respectively with breast bracket and arm support for radiation after breast-conserving surgery using electronic portal imaging device (EPID), and analyzed the differences. **Methods:** Twelve breast cancer patients receiving intensity modulation radiation therapy after breast-conserving surgery were enrolled in the study. Six patients were applied with breast brackets for positioning and another six with arm support. Electronic portal imaging (EPI) was performed for each patient before and after fractionated radiation at the position of the two main tangential fields. The EPI image was manually matched with the digitally reconstructed radiograph (DRR) derived from CT simulation image. And the setup variations in vertical and horizontal directions were measured. **Results:** The setup errors of arm support group in horizontal and vertical directions were 0 and 0 in >5 mm, 6.6% and 4.9% in 3-5 mm, 93.4% and 95.1% in <3 mm, respectively. The setup errors of breast bracket group were 6.7% and 3.3% in >5 mm, 45.0% and 23.3% in 3-5 mm, 48.3% and 73.3% in <3 mm, respectively. The differences of interfraction variation between two groups before fractionated radiation in both horizontal and

vertical directions were statistically significant ($P=0.000$, $P=0.006$). The differences of interfraction variation between two groups in horizontal direction were statistically significant ($P=0.003$, $P=0.008$). And the difference of interfraction variation between two groups in horizontal direction was statistically significant ($P=0.000$). **Conclusion:** Breast brackets and arm support are both useful immobilization devices to ensure accuracy and reproducibility for radiation after breast-conserving surgery. Arm support is superior to breast bracket and is recommended for position immobilization in whole breast radiation.

[Key words] Breast bracket; Arm support; Setup variations; Breast neoplasms; Whole breast radiation

在现代精确放射治疗的实施过程中, 体位固定已成为保障分次治疗期间体位重复性和准确性的重要环节, 在靶区勾画的边界定义中, 各个治疗中心不同解剖部位的摆位误差和分次治疗间的体位误差是界定临床靶区(clinical target volume, CTV)向计划靶区(planning target volume, PTV)外扩边界的重要依据。早期乳腺癌保乳术后的全乳放疗可以降低2/3的局部复发率, 并且转化成生存获益。合理的全乳放疗体位固定技术能提高患者舒适度, 减少摆位误差。目前常用的装置包括真空气垫、乳腺托架和手臂托架等, 其中乳腺托架在临床和科研中应用较广, 患者体位稳定且重复性好^[1], 但在使用过程中稍显繁琐; 手臂托架则具有更轻巧和易操作的优势。为了比较上述两种体位固定装置在全乳放疗摆位中的优劣, 本研究利用电子射野影像系统(electronic portal imaging device, EPID)对乳腺托架和手臂托架两种不同体位固定状态下全乳放疗前、后的摆位误差进行了比较研究。

1 资料和方法

1.1 入组标准

入组患者均为女性, 年龄18~70岁, 在单侧乳腺非浸润性癌或早期浸润性乳腺癌保乳术后, 经前哨淋巴结活检或腋窝淋巴结清扫证实腋窝淋巴结无转移, 上肢功能良好。

1.2 一般资料

2013年2月—2013年4月复旦大学附属肿瘤医院放疗科连续收治的12例早期乳腺癌保乳术后患者, 其中左乳腺癌5例, 右乳腺癌7例, 年龄27~56岁(中位年龄45岁), ECOG评分<2, 患者手臂活动度好。根据摆位固定装置随机分成

手臂托架组(A组)和乳腺托架组(B组)。

1.3 设备

85 cm孔径40排螺旋CT模拟机和PINNACLE 8.0治疗计划系统均购自荷兰Philips公司, Precise Synergy直线加速器购自瑞典Elekta公司, MED-TEC 350乳腺托架或MT-SIN posirest手臂托架均购自美国CIVCO公司(图1), IVIEW EPID系统购自瑞典Elekta公司。



图1 两种乳腺癌保乳术后摆位固定装置

Fig. 1 Two immobilization devices for radiation after breast-conserving surgery

A: Arm support (MT-SIN posirest); B: Breast bracket (MED-TEC 350)

1.4 治疗方法

1.4.1 体位固定

A组: 患者仰卧位, 头不偏, 上身裸露平躺于MT-SIN posirest手臂托架, 双上臂外展上举, 调整固定装置至双上臂外展刻度。B组: 患者仰卧位, 头不偏, 上身裸露平躺于MED-TEC 350乳腺托架, 双上臂外展上举 $\geq 90^\circ$, 调整托架高度至最低, 与床面成同一水平, 并调整头枕、双侧上臂、腕部和臀部等位置。上述定位均在自主呼吸下完成, 患者自觉体位自然舒适。

1.4.2 CT定位及治疗计划

由同一名高年资医师在患者体表放置标记点, 标明靶区的上、下、左、右界以及激光摆位标志。行CT模拟定位, 层厚为5 mm, 扫描范围自环甲膜至乳腺皱褶下5 cm, CT图像经网络传输至PINNACLE 8.0治疗计划系统, 参照

RTOG标准勾画患侧全乳、心和肺等关键器官，制定治疗计划，采用以切线野为主的4~6个射野的逆向调强适形放疗技术。

1.4.3 摆位及验证

所有患者在首次治疗前接受EPID验证，根据治疗计划选择内切和外切角度射野各一拍验证片，勾画胸壁和乳腺表面轮廓，和放疗计划内、外切线野的数字重建图像(digitally reconstructed radiograph, DDR)对比，要求垂直和水平位移不超过3 mm则开始治疗。如果位移误差超过5 mm则由主管医师在模拟机下重新核对。开始放疗后，每周2次对所选择的内、外切线野分别在该分次照射前、后拍摄电子射野影像片(electronic portal imaging, EPI)，并按照与初次治疗相同的方式将EPI和DRR比对，收集上述每位患者每次放疗前、后拍摄EPI的水平与垂直方向的摆位误差绝对值，进行数据的分析和比较。

1.5 统计学处理

应用SPSS 17.0软件进行数据处理，两组的

位移对比采用t检验，分次内位移对比采用配对t检验。

2 结 果

2.1 EPI

12例患者治疗期间共拍摄484张EPI，包括内、外切野各242张，其中采用手臂托架244张，乳腺托架240张；分次放疗前、后各242张。将242张内切野EPI用于数据分析。其中水平方向位移在射野中心肺厚度(central lung distance, CLD)方向测量，垂直方向位移在中心轴的头脚方向测量。

2.2 两组放疗前的位移分布

A组的水平与垂直方向的位移分布为>5 mm: 0和0; 3~5 mm: 6.6%和4.9%; <3 mm: 93.4%和95.1%; B组的水平与垂直方向的位移分布为>5 mm: 6.7%和3.3%; 3~5 mm: 45.0%和23.3%; <3 mm: 48.3%和73.3%(表1, 图2)。

表 1 两组放疗前的水平与垂直方向的EPI片位移程度分布

Tab. 1 Setup variations of the electronic portal images between two groups before fractionated radiation in both horizontal and vertical directions

Item	Horizontal setup variation //cm			Vertical setup variation //cm			Total
	>5	3~5	<3	>5	3~5	<3	
Displacement distribution							[n(%)]
Group A	0(0)	4(6.6)	57(93.4)	0(0)	3(4.9)	58(95.1)	61(100)
Group B	4(6.7)	27(45.0)	29(48.3)	2(3.3)	14(23.3)	44(73.3)	60(100)

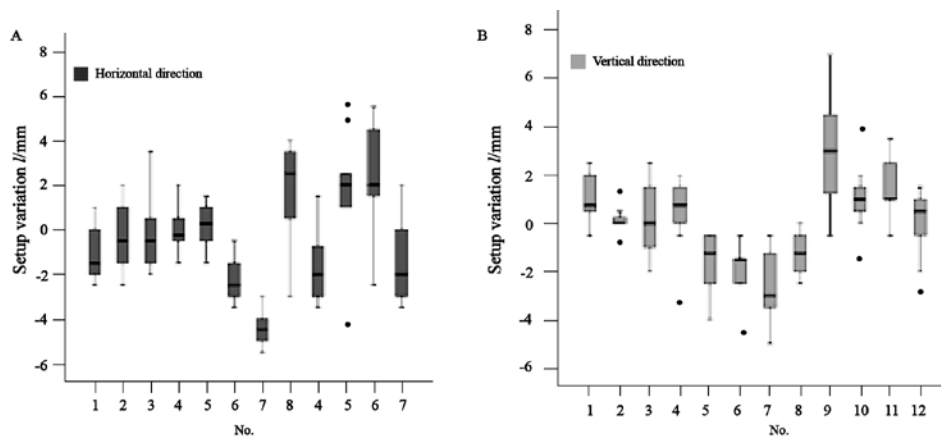


图 2 两组放疗前的水平与垂直方向的位移分布

Fig. 2 Setup variations between two groups before fractionated radiation in both horizontal and vertical directions

A: Horizontal direction; B: Vertical direction. No.1-6 patients used arm support for immobilization; No.7-12 patients used breast bracket for immobilization

2.3 不同固定装置下放疗前的位移数值比较

分别计算所有61张手臂托架组和60张乳腺托架组的内切野EPI在水平和垂直方向的位移数值, 并进行组间比较; 同时对两个方向的位移分别以原始坐标为原点, 向两侧方向分别计算位移的绝对距离, 收集数据进行分析, 结果见表2。无论是水平位移还是垂直位移, 不计方向的绝对位移数值比较显示, 乳腺托架组明显高于手臂托架组, 差异有统计学意义($P=0.001$, $P=0.006$)。

2.4 两组放疗前、后的分次内位移的比较

手臂托架组放疗后的分次内位移水平

与垂直方向的平均位移分别为(1.65 ± 1.19)和(1.53 ± 1.27) mm, 放疗前、后在水平方向的差异有统计学意义($P=0.003$, 表3); 乳腺托架组放疗后的分次内位移水平与垂直方向的平均位移分别为(2.21 ± 1.39)和(1.87 ± 1.56) mm, 放疗前、后在水平方向的差异有统计学意义($P=0.008$, 表3)。两组放疗前、后水平方向分次内位移差值的平均绝对值分别为(1.16 ± 0.83)和(2.12 ± 1.56) mm, 差异有统计学意义($P=0.000$), 垂直方向分别为(1.11 ± 1.00)和(1.42 ± 1.04) mm, 差异无统计学意义($P=0.098$, 表4)。

表 2 两组放疗前的水平与垂直方向的位移比较

Tab. 2 The differences of interfraction variations between two groups before fractionated radiation in both horizontal and vertical

directions

Item	(x̄±s)	
	Horizontal setup variation //cm	Vertical setup variation //cm
Group A	1.25±0.92	1.23±1.03
Group B	2.80±1.51	1.89±1.53
t value	-6.767	-2.784
P value	0.000	0.006
F value	13.539	8.654

表 3 两组放疗前、后分次内位移的比较

Tab. 3 The differences of interfraction variations of two groups in both horizontal and vertical directions

Item	(x̄±s)			
	Group A		Group B	
	Horizontal setup variation //cm	Vertical setup variation //cm	Horizontal setup variation //cm	Vertical setup variation //cm
Before radiation	1.25±0.92	1.23±1.03	2.80±1.51	1.89±1.53
After radiation	1.65±1.19	1.53±1.27	2.21±1.39	1.87±1.56
t value	-3.059	-1.906	2.764	0.124
P value	0.003	0.061	0.008	0.902

表 4 两组放疗前、后分次内位移差值的绝对值的比较

Tab. 4 The differences of interfraction variations between two groups in both horizontal and vertical directions

Item	(x̄±s)				
	Group A	Group B	t value	P value	F value
Horizontal direction //cm	1.16±0.83	2.12±1.56	-4.212	0.000	22.449
Vertical direction //cm	1.11±1.00	1.42±1.04	-1.667	0.098	0.534

3 讨 论

随着乳腺癌普查及诊断技术的不断提高, 乳腺癌早期诊断的比例也逐步增加, 多项随机临床研究已经证实, 保乳手术联合全乳放射治

疗已成为早期乳腺癌治疗的首选方案^[2-3]。合适的体位固定装置可以保障分次放疗间的体位稳定性和重复性, 并为每个治疗中心判定CTV向PTV外扩边界提供参照依据, 是全乳放疗准确实施的重要保证之一。

本研究显示, 乳腺托架和手臂托架均有较好的摆位重复性和准确性, 放疗前EPI结果显示, 水平与垂直方向的位移超过5 mm者分别仅占4(3.3%)和2(1.7%), 因此, 两者均适用于保乳术后全乳放疗的体位固定。相比之下, 手臂托架在放疗前EPI得到的水平与垂直方向的摆位误差更小, 位移均未超过5 mm, 平均位移值小于乳腺托架组, 差异有统计学意义($P=0.000$, $P=0.006$)。本组资料放疗前EPI的摆位误差较文献报道的结果略好^[3-4]。Truong等^[5]报道了46例乳腺癌患者, 216次乳腺和(或)胸壁放疗所得到的EPI结果显示, 所有方向位移超过5 mm者占16.5%, 内切野垂直方向的摆位误差为 (2.3 ± 2.6) mm。刘莉莉等^[6]使用MED-TEC乳腺托架分析了30例保乳术后全乳放疗患者, 其中5例(16.7%)摆位误差超过5 mm。与复旦大学附属肿瘤医院放疗科5年前的摆位误差动态分析相比, 本组资料的误差也明显优于之前的结果^[7]。

虽然本研究两项固定装置都获得了满意的摆位稳定性, 但相比之下, 手臂托架放疗前位移优于乳腺托架的固定, 原因可能有: ① 乳腺托架结构相对复杂, 需调整上臂外展、前臂和手腕等的位置, 增加了误差产生的来源, 而手臂托架构造简单, 从上臂到前臂直至手腕的固定是连续的, 只需调整上臂的位置, 且足够满足保乳术后单纯全乳放疗体位固定的要求; ② 就舒适度而言, 由于手臂托架对患者的限制相对更小, 舒适度更好; ③ 摆位时体位固定装置左右两边的一致性, 乳腺托架是靠两边技术员观察刻度保持在同一数值, 存在一定误差, 而手臂托架采用定位杆固定于治疗床, 不会产生这种误差; ④ 由于两种固定装置在头脚两端均没有刻度标记, 因此, 每次摆位时患者左右方向与体位固定装置均会有少量的偏差, 会造成头部位置和手臂等不适, 从而影响摆位误差, 而由于头枕和舒适度等原因, 乳腺托架的影响更多。对于此原因产生的误差, 可以通过增加固定装置头脚两端的刻度标记来减少^[8]。另外, 本组资料患者无论采用乳腺托架还是手臂

托架, 都是采用双上肢对称上举, 而5年前复旦大学附属肿瘤医院放疗科的研究采用的是乳腺托架单患侧上肢上举, 可以发现, 双侧上肢对称上举的体位可以显著提高摆位稳定性。

两组放疗前、后分次内均存在位移, 但仅在水平方向, 在同一固定装置组内及在不同固定装置组间的差异均有统计学意义, 其中手臂托架组在放疗前、后分次内的位移差值小于乳腺托架组, 分别为 (1.16 ± 0.83) 和 (2.12 ± 1.56) mm, 差异有统计学意义($P=0.000$)。原因可能是水平位移在切线野的CLD方向测量的, CLD是受呼吸运动影响最敏感的部位; 本研究的乳腺托架治疗都是将斜板调整到最低, 显著减少了头脚方向的滑动导致的误差, 这可能也是本研究的数据误差值较5年前资料有明显改善的原因。一般而言, 全乳放疗的单次放疗时间为5~10 min, 在此过程中, 由于肌肉紧张或放松、呼吸运动及不自主的运动等都会造成分次内的位移, 这些因素更多地体现在呼吸运动的方向, 即CLD方向。而对于手臂托架分次内的位移差值小于乳腺托架组, 是由于前者舒适度更佳, 患者不自主的位移减少。

EPID虽然是目前最常用的在线验证设备, 但利用锥形束CT(cone beam CT, CBCT)在乳腺癌放疗摆位误差的测量方面可以获得更全面的数据, 如Topolnjak等^[9]在20例乳腺癌保乳术后全乳放疗患者中进行了比较, 发现和CBCT相比, 单纯的EPID可以低估20%~50%的摆位误差, 尤其在头颈方向的低估更明显。本研究结果显示, 两组固定装置比较的头脚发现误差要小于CLD方向, 除了前文所分析的原因, EPID对头脚方向误差, 尤其是带有旋转的误差不够敏感, 可能也是一个原因, 需要今后在两者结合的验证系统上进一步比较后再证实。鉴于CBCT在线验证相对EPID显著复杂和耗时, 所以EPID仍是目前乳腺癌放射治疗中最普及、最易推广的验证手段^[10], 充分利用好该设施进行在线摆位误差的纠正是保障外照射体位重复性的重要保障措施, 即使在更复杂的、接受联合胸壁和区域淋巴结照射的一体化逆向调强

治疗中, 二维EPID和三维CBCT相结合, 前者进行每日治疗前的在线验证, 后者给予每周1次的补充验证, 证明其高效、准确的验证能力, 也有效地完善了旋转误差的纠正^[11], 所以合理使用好在线EPID的验证仍然是在现代精确放疗背景下乳腺癌无论是单纯全乳还是联合区域淋巴结照射的重要质量保障措施。所有的摆位误差分析最终目的都是为了指导CTV向PTV外扩边界提供信息, 如果在手臂托架应用经验丰富的中心, 可以根据该数据而制定相应更小的边界, 从而最终减少患者正常组织的照射体积, 在精确性要求更高的技术, 如部分乳腺照射的短疗程大分割照射等技术中, 价值会更高^[12]。

综上所述, 对于保乳术后的全乳照射, 乳腺托架和手臂托架均有较好的全乳放疗摆位重复性和准确性, 合理使用都可以作为现代精确放疗治疗合理的固定装置。手臂托架在放疗前及分次内的位移比乳腺托架更小, 可以在每个放疗治疗中心临床具体应用中根据其更优越的摆位稳定性而调节, 更适宜全乳放疗治疗的体位固定。

[参 考 文 献]

- [1] 王健仰, 王淑莲, 黄 鹏, 等. 乳腺托架固定下全乳调强放疗摆位误差兆伏X线验证平片测定分析 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2013, 22(3): 239-242.
- [2] CLARKE M, COLLINS R, DARBY S, et al. Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomised trials [J]. *Lancet*, 2005, 366(9503): 2087-2106.
- [3] FISHER B, ANDERSON S, BRYANT J, et al. Twenty-year follow-up of a randomized trial comparing total mastectomy, lumpectomy, and lumpectomy plus irradiation for the treatment of invasive breast cancer [J]. *N Engl J Med*, 2002, 347(16): 1233-1241.
- [4] SALM A V, STRIJBOS J, DIJCKS C, et al. Use of skin markers and electronic portal imaging to improve verification of tangential breast irradiation [J]. *Radiother Oncol*, 2009, 90(1): 106-109.
- [5] TRUONG P T, BERTHELET E, PATENAUE V, et al. Setup variations in locoregional radiotherapy for breast cancer: an electronic portal imaging study [J]. *Br J Radiol*, 2005, 78(932): 742-745.
- [6] 刘莉莉, 徐威威, 陈 林. 改进后的乳腺托架对提高放疗质量的作用 [J]. 实用肿瘤学杂志, 2008, 22(5): 454-455.
- [7] 龚建舟, 张 萍, 俞晓立, 等. 影响乳腺癌术后精确放疗的因素分析 [J]. 中国癌症杂志, 2009, 19(6): 439-442.
- [8] 陈 林, 胡洪涛, 云惟康, 等. 乳腺癌放疗体位固定技术的改进 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2007, 16(6): 490-491.
- [9] TOPOLNJAK R, SONKE J J, NIJKAMP J, et al. Breast patient setup error assessment: comparison of electronic portal image devices and cone-beam computed tomography matching results [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 78(4): 1235-1243.
- [10] SIJTSEMA N M, VAN DIJK-PETERS F B, LANGENDIJK J A, et al. Electronic portal images (EPIs) based position verification for the breast simultaneous integrated boost (SIB) technique [J]. *Radiother Oncol*, 2012, 102(1): 108-114.
- [11] FENG C H, GERRY E, CHMURA S J, et al. An image-guided study of setup reproducibility of postmastectomy breast cancer patients treated with inverse-planned intensity modulated radiation therapy [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2015, 91(1): 58-64.
- [12] CAI G, HU W G, CHEN J Y, et al. Impact of residual and intrafractional errors on strategy of correction for image-guided accelerated partial breast irradiation [J]. *Radiat Oncol*, 2010, 5: 96.

(收稿日期: 2014-12-23 修回日期: 2015-02-10)