

· 临床研究 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2024.11.005

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240304.1902.028\(2024-03-07\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20240304.1902.028(2024-03-07))

## 锥形束 CT 图像引导下对乳腺癌放疗不同体位固定方式的摆位误差分析\*

贾慧展, 李晓, 雷琳, 耿明英, 周鹏<sup>△</sup>

(陆军军医大学大坪医院肿瘤科, 重庆 400042)

**[摘要]** **目的** 探讨基于锥形束 CT(CBCT)图像的颈胸一体热塑膜和体部热塑膜两种体位固定方式对乳腺癌改良根治术后放疗定位的平移误差和旋转误差的差异。**方法** 选取 2022 年 1 月至 2023 年 9 月该院收治的 82 例乳腺癌改良根治术后放疗患者为研究对象,根据放疗固定方式分为颈胸膜组(使用颈胸一体热塑膜,52 例)和体膜组(使用体部热塑膜,30 例)。所有患者在首次放疗和放疗过程中每周进行 CBCT 扫描,并将验证图像与计划图像进行配准,记录两种固定方式下左右方向(X)、头脚方向(Y)和腹背方向(Z)的平移误差,以及 X 轴旋转方向(Rx)、Y 轴旋转方向(Ry)、Z 轴旋转方向(Rz)的绕轴旋转误差,比较两组摆位误差的差异。**结果** 首次治疗、治疗 1 周后和治疗 2 周后,两组 X、Y、Z、Rx、Ry、Rz 摆位误差比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。治疗 3 周后,与体膜组比较,颈胸膜组 X[0.21(0.12, 0.27)mm vs. 0.22(0.20, 0.35)mm]、Y[0.20(0.11, 0.24)mm vs. 0.25(0.16, 0.37)mm]、Z[0.15(0.08, 0.25)mm vs. 0.20(0.15, 0.29)mm]、Rx[0.57(0.22, 1.10)° vs. 1.00(0.70, 1.50)°]、Ry[0.50(0.30, 1.20)° vs. 1.10(0.60, 1.40)°]、Rz[0.30(0.20, 0.80)° vs. 0.90(0.40, 1.50)°]的摆位误差更小( $P < 0.05$ )。治疗 4 周后,与体膜组比较,颈胸膜组 X[0.19(0.12, 0.27)mm vs. 0.25(0.21, 0.31)mm]、Y[0.21(0.11, 0.27)mm vs. 0.26(0.22, 0.32)mm]、Z[0.12(0.05, 0.28)mm vs. 0.22(0.13, 0.35)mm]、Rx[0.80(0.49, 1.10)° vs. 1.20(0.80, 1.80)°]、Ry[0.55(0.20, 1.12)° vs. 1.10(0.80, 1.30)°]、Rz[0.61(0.29, 1.10)° vs. 1.10(0.80, 1.40)°]的摆位误差也更小( $P < 0.05$ )。**结论** 颈胸一体热塑膜较体部热塑膜可以减小乳腺癌放疗摆位误差。

**[关键词]** 乳腺癌;放疗;图像引导;体位固定;摆位误差

**[中图分类号]** R737.9

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-8348(2024)11-1626-04

## Analysis on positioning error of different body position fixation methods guided by cone beam CT images in breast cancer radiotherapy\*

JIA Huizhan, LI Xiao, LEI Lin, GENG Mingying, ZHOU Peng<sup>△</sup>

(Department of Oncology, Daping Hospital, Army Military Medical University, Chongqing 400042, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the difference of translational error and rotational error in the radiotherapeutic positioning after breast cancer modified radical surgery by using the two fixation methods of the cervicothoracic thermoplastic membrane and body thermoplastic membrane based on conical beam CT (CBCT) images. **Methods** A total of 82 patients with radiotherapy after breast cancer modified radical surgery admitted and treated in this hospital from January 2022 to September 2023 were selected as the study subjects and divided into the cervicothoracic membrane group (using the cervicothoracic thermoplastic membrane,  $n=52$ ) and body membrane group (using the body thermoplastic membrane,  $n=30$ ) according to the radiotherapeutic fixation methods. All patients weekly conducted the CBCT scanning in the first time radiotherapy and radiotherapeutic period. The verification image conducted the retification with the planned image. The translational errors in the left and right direction (X), head and foot direction (Y) and abdominal and dorsal direction (Z) were recorded, as well as the rotation errors around the axis under the two fixing methods, including the rotation error of the X-axis rotation direction (Rx), Y-axis rotation direction (Ry), and Z-axis rotation direction (Rz). The differences in positioning errors were compared between the two groups. **Results** There was no significant difference in X, Y, Z, Rx, Ry and Rz positioning error between the two groups after the first treatment, 1-week treatment and 2-week treatment ( $P > 0.05$ ). After 3-week treatment,

\* 基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0114402);重庆市科卫联合医学科研项目(2022ZDXM027)。 <sup>△</sup> 通信作者, E-mail:

the positioning errors in X [0.21(0.12,0.27)mm vs. 0.22(0.20,0.35)mm], Y [0.20(0.11,0.24)mm vs. 0.25(0.16,0.37)mm], Z [0.15(0.08,0.25)mm vs. 0.20(0.15,0.29)mm], Rx [0.57(0.22,1.10)° vs. 1.00(0.70,1.50)°], Ry [0.50(0.30,1.20)° vs. 1.10(0.60,1.40)°] and Rz [0.30(0.20,0.80)° vs. 0.90(0.40,1.50)°] in the cervicothoracic membrane group were smaller compared with the body membrane group ( $P < 0.05$ ). After 4-week treatment, the positioning errors in X [0.19(0.12,0.27)mm vs. 0.25(0.21,0.31)mm], Y [0.21(0.11,0.27)mm vs. 0.26(0.22,0.32)mm], Z [0.12(0.05,0.28)mm vs. 0.22(0.13,0.35)mm], Rx [0.80(0.49,1.10)° vs. 1.20(0.80,1.80)°], Ry [0.55(0.20,1.12)° vs. 1.10(0.80,1.30)°] and Rz [0.61(0.29,1.10)° vs. 1.10(0.80,1.40)°] in the cervicothoracic membrane group were also smaller compared with the body membrane group ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion** The the cervicothoracic thermoplastic membrane could reduce the positioning error in the breast cancer radiotherapy compared with the body thermoplastic membrane.

**Key words** breast cancer; radiotherapy; image-guided; body position fixation; positioning error

乳腺癌是女性常见恶性疾病,其发病率排女性恶性肿瘤第一位,改良根治术后行辅助放射治疗(简称放疗)是乳腺癌的一个重要治疗手段,可以减少肿瘤复发和死亡风险<sup>[1-4]</sup>。随着现代放疗技术的发展,放疗已进入“精确定位、精确计划和精确治疗”的三精时代,以提高肿瘤控制,减少周围危及器官受照射范围为目标,同时对放疗摆位的精确性和重复性也有更高的要求<sup>[5-6]</sup>。乳腺癌放疗常见不良反应包括放射性肺炎、放射性心脏疾病等<sup>[7-9]</sup>,所以在乳腺癌放疗中选择合适的固定方式联合图像引导技术实现精确摆位,以减少心脏和肺的受照射范围和受照射剂量是很有必要的。乳腺癌放疗通常选用仰卧位,固定方式包括体膜、头颈肩膜、乳腺托架等<sup>[6,10-11]</sup>。在日常工作中,不同固定方式之间的摆位误差存在差异,因此本研究分析乳腺癌改良根治术的患者在容积旋转调强放疗(volumetric modulated arc therapy, VMAT)治疗下采用仰卧位颈胸一体热塑膜固定和体部热塑膜固定两种固定方式摆位的准确性和重复性,旨在为乳腺癌放疗选择最佳的放疗固定方式,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2022 年 1 月至 2023 年 9 月本院收治的 82 例乳腺癌改良根治术后放疗患者为研究对象,年龄 29~76 岁,中位 51 岁,所有患者术后病理诊断为乳腺癌,且接受了乳腺癌改良根治手术治疗。根据放疗固

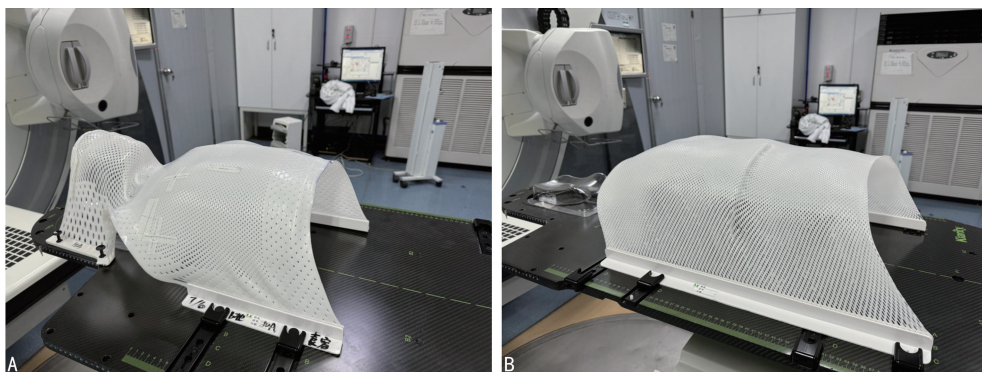
定方式分为颈胸膜组(52 例)和体膜组(30 例)。本研究获得本院伦理委员会批准(医研伦审 2023 第 221 号),所有患者签署研究知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 模具制作及 CT 定位

定位前,告知患者定位流程及注意事项,以取得患者信任和配合。根据患者自身情况选择合适高度型号的头枕,并将头枕置于碳纤维一体板上。嘱患者除去上身衣物及佩戴饰品,头朝机架,仰卧于碳纤维一体板上,全身自然放松,双手举过头顶并握紧手柄,以充分暴露腋窝,减少手臂受照射量。为提高皮肤和胸壁剂量,在所有患者手术区域胸壁上放置 1 cm 厚硅胶作为组织填充物。颈胸膜组采用碳纤维一体板与合适高度的标准头枕,联合颈胸一体热塑膜进行固定。体膜组采用碳纤维一体板与合适高度的标准头枕,联合体部热塑膜进行固定,见图 1。

采用 16 排螺旋大孔径 CT 模拟定位机(Brilliance Big Bore,美国 Philips 公司)进行定位扫描,扫描层厚 5 mm,增强扫描范围为舌骨至肺底下 5 cm,以获得患者模拟定位 CT 图像。将模拟定位 CT 图像数据传至医科达公司 Monaco TPS(版本号 5.11)。由经验丰富的放疗医生进行靶区勾画,物理师进行计划设计,待放疗医生确认放疗计划并治疗排程后,传至直线加速器(Axesse,美国 Elekta 公司),物理师进行计划验证合格后,由治疗师实施治疗。



A:颈胸膜组;B:体膜组。

图 1 乳腺癌放疗固定方式效果图

### 1.2.2 验证扫描及数据采集

放疗医生、物理师和治疗师共同参加患者首次摆位,在激光灯辅助下按照定位时体表标记的位置摆位后进行锥形束 CT(cone beam CT,CBCT)扫描,将重建后的 CBCT 图像与模拟定位 CT 图像进行灰度匹配,Axes 坐标系下分别记录平移误差,包括左右方向(X)、头脚方向(Y)、腹背方向(Z),以及绕轴旋转误差,包括 X 轴旋转方向(Rx)、Y 轴旋转方向(Ry)、Z 轴旋转方向(Rz)<sup>[12-13]</sup>。患者首次治疗和治疗过程中每周采集 1 次 CBCT 图像进行比对,并记录 X、Y、Z 的平移误差和 Rx、Ry、Rz 的绕轴旋转误差。每次平移误差 $<5$  mm、绕轴旋转误差 $<3^\circ$ 时才能实施治疗。

### 1.3 统计学处理

采用 SPSS14.0 软件进行数据分析,计量资料以  $M(Q_1, Q_3)$  表示,比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 CBCT 扫描情况

82 例患者从 CBCT 扫描图像共获得摆位误差数据 410 次,首次治疗、治疗 1 周后、治疗 2 周后、治疗 3 周后、治疗 4 周后分别获得误差数据 82 次。

### 2.2 治疗摆位误差分析

首次治疗、治疗 1 周后和治疗 2 周后,两组 X、Y、Z、Rx、Ry、Rz 摆位误差比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。治疗 3、4 周后,颈胸膜组 X、Y、Z、Rx、Ry、Rz 摆位误差小于体膜组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 1。

表 1 两组摆位误差分析 [ $M(Q_1, Q_3)$ ]

项目	颈胸膜组( $n=50$ )	体膜组( $n=32$ )	$U$	$P$
首次治疗				
X(mm)	0.21(0.10,0.32)	0.20(0.15,0.37)	-0.818	0.414
Y(mm)	0.20(0.09,0.30)	0.21(0.11,0.30)	-0.734	0.463
Z(mm)	0.10(0.05,0.21)	0.07(0.04,0.15)	1.054	1.708
Rx( $^\circ$ )	0.50(0.20,0.80)	0.60(0.30,1.00)	-0.823	0.411
Ry( $^\circ$ )	0.50(0.30,0.80)	0.80(0.30,1.20)	-1.414	0.157
Rz( $^\circ$ )	0.50(0.28,1.00)	0.70(0.40,1.20)	-1.404	0.160
治疗 1 周后				
X(mm)	0.15(0.07,0.27)	0.19(0.10,0.31)	-0.694	0.487
Y(mm)	0.25(0.09,0.29)	0.21(0.09,0.33)	-0.325	0.745
Z(mm)	0.11(0.05,0.20)	0.11(0.07,0.20)	-0.483	0.629
Rx( $^\circ$ )	0.60(0.30,0.93)	0.60(0.27,1.00)	-0.187	0.852
Ry( $^\circ$ )	0.50(0.20,0.80)	0.70(0.30,1.20)	-1.389	0.165
Rz( $^\circ$ )	0.50(0.20,0.80)	0.60(0.50,1.00)	-1.542	0.123
治疗 2 周后				
X(mm)	0.22(0.11,0.25)	0.20(0.08,0.34)	-0.222	0.825
Y(mm)	0.21(0.11,0.31)	0.27(0.17,0.34)	-1.665	0.096
Z(mm)	0.10(0.05,0.21)	0.15(0.07,0.25)	-1.266	0.206
Rx( $^\circ$ )	0.50(0.30,0.93)	0.50(0.30,0.90)	-0.261	0.794
Ry( $^\circ$ )	0.60(0.30,1.03)	0.70(0.50,1.20)	-1.197	0.231
Rz( $^\circ$ )	0.50(0.28,0.83)	0.70(0.30,1.10)	-1.197	0.231
治疗 3 周后				
X(mm)	0.21(0.12,0.27)	0.22(0.20,0.35)	-2.019	0.043
Y(mm)	0.20(0.11,0.24)	0.25(0.16,0.37)	-2.428	0.015
Z(mm)	0.15(0.08,0.25)	0.20(0.15,0.29)	-2.330	0.020
Rx( $^\circ$ )	0.57(0.22,1.10)	1.00(0.70,1.50)	-2.931	0.003

续表 1 两组摆位误差分析 [ $M(Q_1, Q_3)$ ]

项目	颈胸膜组( $n=50$ )	体膜组( $n=32$ )	$U$	$P$
Ry( $^\circ$ )	0.50(0.30,1.20)	1.10(0.60,1.40)	-2.689	0.007
Rz( $^\circ$ )	0.30(0.20,0.80)	0.90(0.40,1.50)	-2.271	0.023
治疗 4 周后				
X(mm)	0.19(0.12,0.27)	0.25(0.21,0.31)	-3.113	0.002
Y(mm)	0.21(0.11,0.27)	0.26(0.22,0.32)	-2.881	0.004
Z(mm)	0.12(0.05,0.28)	0.22(0.13,0.35)	-2.857	0.004
Rx( $^\circ$ )	0.80(0.49,1.10)	1.20(0.80,1.80)	-3.344	0.001
Ry( $^\circ$ )	0.55(0.20,1.12)	1.10(0.80,1.30)	-2.881	0.004
Rz( $^\circ$ )	0.61(0.29,1.10)	1.10(0.80,1.40)	-3.167	0.002

## 3 讨论

术后辅助放疗是乳腺癌的重要治疗手段之一,患者在行乳腺肿瘤根治性切除术或保留乳房肿瘤切除术后进行放射治疗,可以明显改善肿瘤局部控制率,提高患者生存率<sup>[14-17]</sup>。乳腺癌放疗已进入精准时代,为实现精准放疗,需要通过一系列先进的放疗技术、体位固定方式等,以减小放疗过程中产生的误差,将高剂量辐射对准肿瘤区域,同时最大限度地减少正常组织的损伤<sup>[18-19]</sup>。合适的体位固定技术可以减小每次治疗的摆位误差,直接影响放疗效果。

乳腺癌常见的体位固定方式包括头颈肩热塑膜、颈胸一体热塑膜、体部热塑膜、真空垫、乳腺托架等<sup>[20-22]</sup>。本院大部分乳腺癌患者放疗采用颈胸一体热塑膜固定和体部热塑膜固定方式,故本研究对此进行比较,结果显示,在乳腺癌放疗的首次治疗、治疗 1 周后和治疗 2 周后,采用颈胸一体热塑膜固定和体部热塑膜固定方式的 X、Y、Z 和 Rx、Ry、Rz 比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),但在治疗 3、4 周后,体部热塑膜固定技术 X、Y、Z 和 Rx、Ry、Rz 的摆位误差均大于颈胸一体热塑膜固定方式,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),特别是在绕轴旋转误差方面,颈胸一体热塑膜固定方式对于减小绕轴旋转摆位误差较水平误差效果更为明显。

颈胸一体热塑膜用于乳腺癌的根治术后放疗和保乳术后放疗,在摆位和复位精度上均体现出明显优势,颈胸一体热塑膜较以前常用的体部热塑膜、头颈肩热塑膜等可以减小水平方向的摆位误差<sup>[23-25]</sup>。本研究结果显示,颈胸一体热塑膜不仅在减小平移误差上具有优势,对减小绕轴旋转误差具有更好的效果,颈胸一体热塑膜可以将患者颈部、肩部和双手等多个部位进行固定,减少了患者因体位不正,身体扭曲而产生的绕轴旋转误差,而体部热塑膜仅能固定患者胸部以下部位,患者活动度较大,容易产生 3 个方向的绕轴旋转误差。

综上所述,在乳腺癌放疗后期,特别是治疗 3 周后,颈胸一体热塑膜固定方式更优于体部热塑膜固定方式,其可以减小摆位过程产生的平移误差和绕轴旋转误差,特别是在减小绕轴旋转误差方面,颈胸一体热塑膜表现出更大优势。



## 参考文献

- [1] HICKEY B E, LEHMAN M. Partial breast irradiation versus whole breast radiotherapy for early breast cancer[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 2021:CD007077.
- [2] UPADHYAY R, BAZAN J G. Advances in radiotherapy for breast cancer [J]. *Surg Oncol Clin N Am*, 2023, 32(3):515-536.
- [3] KERR A J, DODWELL D, MCGALE P, et al. Adjuvant and neoadjuvant breast cancer treatments: a systematic review of their effects on mortality [J]. *Cancer Treat Rev*, 2022, 105: 102375.
- [4] YU C X. Radiotherapy of early-stage breast cancer [J]. *Preci Radiat Oncol*, 2023, 7(1):67-79.
- [5] 程冬, 朱斌, 刘文敏, 等. 运动监测技术在乳腺癌精确放疗中的研究进展 [J]. *中国医疗设备*, 2023, 38(2):143-148.
- [6] 曹井丽, 高文超, 秦琪, 等. 不同体位固定方式对乳腺癌放疗摆位精度的影响 [J]. *现代肿瘤医学*, 2021, 29(3):507-511.
- [7] ZHANG Y, YE F, TENG Y, et al. Radiotherapy dosimetry and radiotherapy related complications of immediate implant-based reconstruction after breast cancer surgery [J]. *Front Oncol*, 2023, 13:1207896.
- [8] HAUTH F, DE-COLLE C, WEIDNER N, et al. Quality of life and fatigue before and after radiotherapy in breast cancer patients [J]. *Strahlenther Onkol*, 2021, 197(4):281-287.
- [9] 吴奇凡, 陈巧云, 杨怡萍. 深吸气屏气技术在左侧乳腺癌放射治疗中应用的研究进展 [J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30(12):2290-2295.
- [10] 付秀根, 熊华, 郑祖安, 等. 颈胸一体热塑膜固定下乳腺癌放疗摆位误差分析 [J]. *肿瘤研究与临床*, 2018, 30(6):374-378.
- [11] 倪文婕, 房彤, 侯栋梁, 等. 乳腺癌术后热塑体膜固定放疗中摆位误差及安全性研究 [J]. *重庆医学*, 2022, 51(15):2600-2604.
- [12] 黄丽娜, 杨海松, 倪映美. IGRT 不同配准方式对乳腺癌摆位误差的影响 [J]. *海峡预防医学杂志*, 2018, 24(4):97-99.
- [13] 邓金慧. 锥形束 CT 图像引导在乳腺癌放疗中的应用研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- [14] HE M Y, RANCOULE C, REHAILIA-BLANCHARD A, et al. Radiotherapy in triple-negative breast cancer: current situation and upcoming strategies [J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2018, 131:96-101.
- [15] DE BONIFACE J, SZULKIN R, JOHANSSON A L V. Survival after breast conservation vs mastectomy adjusted for comorbidity and socioeconomic status: a Swedish national 6-year follow-up of 48 986 women [J]. *JAMA Surg*, 2021, 156(7):628-637.
- [16] MUTTER R W, CHOI J I, JIMENEZ R B, et al. Proton therapy for breast cancer: a consensus statement from the particle therapy cooperative group breast cancer subcommittee [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2021, 111(2):337-359.
- [17] 辛元春, 魏世鸿. 放疗在局部晚期乳腺癌中的应用进展 [J]. *甘肃医药*, 2021, 40(7):586-588.
- [18] DÍAZ-GAVELA A A, DEL CERRO PEÑALVER E, SANCHEZ GARCÍA S, et al. Breast cancer radiotherapy: what physicians need to know in the era of the precision medicine [J]. *Breast Dis*, 2021, 40(1):1-16.
- [19] YANG W C, HSU F M, YANG P C. Precision radiotherapy for non-small cell lung cancer [J]. *J Biomed Sci*, 2020, 27(1):82.
- [20] 张彦新, 邹福奎, 耿松松, 等. 乳腺癌改良根治术后放疗两种固定方式在锁骨上下区摆位误差的比较 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2021, 45(6):348-356.
- [21] 刘裕良, 邹金华, 胡道坤, 等. 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 [J]. *重庆医学*, 2023, 52(14):2148-2153.
- [22] 李坤蓬. 乳腺癌保乳术后调强放疗中两种体位固定方式分析 [J]. *中国现代医药杂志*, 2023, 25(11):43-45.
- [23] 陈佳, 朱俞朴, 李波, 等. 固定体板联合颈胸膜体位固定在乳腺癌根治术后放射治疗中的应用及其摆位误差分析 [J]. *临床医学研究与实践*, 2022, 7(18):110-112.
- [24] 张彦新, 邹福奎, 朱耿强, 等. 乳腺癌术后调强放疗颈胸一体固定的摆位误差分析 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2021, 30(8):835-840.
- [25] 江舟, 黄海欣, 王占宇, 等. 颈胸膜体位固定在乳腺癌术后放疗中的应用 [J]. *右江民族医学院学报*, 2022, 44(3):417-422.

(收稿日期:2023-10-18 修回日期:2024-01-17)

(编辑:袁皓伟)