

基于CTVision 图像引导的乳腺癌术后患者调强放疗摆位误差测量与分析

徐子海¹, 童 蕾², 陈 磊¹, 陈超敏³

1. 解放军第303医院放疗中心, 广西 南宁 528000; 2. 广东机电职业技术学院, 广东 广州 510515; 3. 南方医科大学生物医学工程学院, 广东 广州 510515

【摘要】目的:应用CTVision 图像引导放疗(CTVision IGRT)系统中自带kV级CT研究乳腺癌术后患者行乳腺托架联合热塑体模固定在精确放疗中的摆位误差。**方法:**应用西门子CTVision 图像引导直线加速器放疗10例乳腺癌术后患者,采用乳腺托架联合热塑体模固定行CTVision 图像引导系统自带大孔径CT扫描。分别在治疗前3天连续做3次及治疗期间每周1次行图像引导。将获得乳腺癌术后患者验证图像与计划图像进行两种不同方式的配准得出摆位误差,并记录骨性手动配准和皮肤标记瘤床区域配准下的摆位误差数据,分析左右(X轴)、上下(Y轴)、前后(Z轴)方向的位移误差的差异。**结果:**10例乳腺癌术后患者摆位共进行CTVision 图像引导系统自带的大孔径CT扫描80次,骨性手动配准和皮肤标记瘤床区域配准在左右方向(X轴)的位移误差分别为 (0.07 ± 0.24) cm和 (-0.13 ± 0.56) cm,在上下方向(Y轴)的位移误差分别为 (0.05 ± 0.26) cm和 (-0.03 ± 0.44) cm,在前后方向(Z轴)的位移误差分别为 (0.07 ± 0.11) cm和 (0.19 ± 0.20) cm。对上述三维方向上的位移误差数值超过5 mm进行重新摆位或在线移动治疗床校正,校正后X、Y、Z轴3个方向上的位移误差均低于纠正前水平。**结论:**(1)CTVision 图像引导放疗系统自带的大孔径CT扫描图像研究乳腺癌术后患者调强放疗的摆位误差在可接受范围内,骨性手动配准好于皮肤标记瘤床区域的配准,乳腺癌术后患者行调强放疗以骨性手动配准确定摆位误差更符合实际选择;(2)乳腺托架联合热塑体模的固定方式重复性与稳定性良好,摆位失败率低。热塑体模可以有效控制呼吸运动引起在前后方向上的误差。乳腺托架联合热塑体模是乳腺癌术后患者较好的固定方式之一。

【关键词】图像引导放疗系统;CTVision;乳腺癌;术后;调强放疗;摆位误差

【中图分类号】R312;R737.9

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)06-0870-04

Measurement and analysis of patients' set-up errors in CTVision images-guided radiotherapy after breast cancer operation

XU Zi-hai¹, TONG Lei², CHEN Lei¹, CHEN Chao-min³

1. Center of Radiotherapy, No. 303 Hospital of Chinese People's Liberation Army, Nanning 528000, China; 2 Guangdong Vocational College of Mechanical and Electrical Technology, Guangzhou 510515, China; 3 School of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To research on the set-up errors of breast bracket combined with thermoplastic immobilization in precise radiotherapy after breast cancer operation by applying the kV CT in CTVision image-guided radiotherapy (CTVision IGRT) system. **Methods** Siemens CTVision image-guided linear accelerator treatments were respectively carried out for 10 postoperative patients with breast cancer. Breast bracket combined with thermoplastic immobilization was applied to undergo CT scans with large aperture in CTVision IGRT system. Image-guidance was respectively conducted three consecutive times in the three days before the treatment and once a week during the treatment. Set-up errors were obtained by two kinds of registrations for the verified images and planning images of postoperative patients with breast cancer. And set-up errors of osseous manual registration and skin marking tumor bed region registration were recorded. The differences of displacement errors in left-right, head-foot and dorsum-abdomen directions were analyzed. **Results** Eighty CT scans with large aperture in

【收稿日期】2015-09-16

【基金项目】广东省科技计划项目(2015A020214013)

【作者简介】徐子海,主任医师/教授,硕士生导师,研究方向:精确放射治疗。E-mail: flzx99@sina.vip.com。

【通信作者】陈超敏,教授。E-mail: gzccm@fimmu.com。

CTVision IGRT system were carried out for 10 postoperative patients with breast cancer. The displacement errors of osseous manual registration and skin marking tumor bed region registration in left-right direction were respectively (0.07 ± 0.24) cm and (-0.13 ± 0.56) cm, and those in head-foot directions were respectively (0.05 ± 0.26) cm and (-0.03 ± 0.44) cm, and those in dorsum-abdomen direction were respectively (0.07 ± 0.11) cm and (0.19 ± 0.20) cm. When the displacement errors were more than 5 mm in three directions, patients would be positioned again or the treatment bed would be moved to make the corrected displacement errors in three directions lower than those before correction. **Conclusion** The set-up errors of radiotherapy studied by CT scans with large aperture in CTVision IGRT system are acceptable. And the osseous manual registration is better than skin marking tumor bed registration, so osseous manual registration should be applied in the intensity-modulated radiotherapy for postoperative patients with breast cancer. Breast bracket combined with thermoplastic immobilization has satisfactory reproducibility and stability, lowering the rate of unsatisfactory positioning. The thermoplastic immobilization can effectively reduce the set-up errors in dorsum-abdomen direction caused by respiratory motion. Breast bracket combined with thermoplastic immobilization is a better fixed way for postoperative patients with breast cancer.

Key words: image-guided radiotherapy system; CTVision; breast cancer; postoperative; intensity-modulated radiotherapy; set-up errors

前言

图像引导放射治疗(Image Guided Radiotherapy, IGRT)是影像学图像结合精确放射治疗为一体的最新技术之一^[1]。相比常规放疗,它可实时获得患者肿瘤靶区、周围器官的外轮廓和空间位置情况,很好地提高了精确放疗的质量保证。在乳腺癌的精确放疗中,图像引导放疗设备通过符合肿瘤特点的配准技术,取得了很好的监测靶区及正常组织器官的位移变化,使得精确放疗的执行更有保障^[2-3]。我们应用西门子CTVision图像引导放疗系统,依据在乳腺癌床皮肤相应区域贴的金属标记物,监测患者治疗期间以标记物的位移变化,通过CT采集定位时的肿瘤区、周围正常组织及淋巴引流区的CT图像进行计划的设计,在治疗前或治疗期间再次行CT扫描形成的图像与计划图像通过两种方式配准后进行分析,研究患者摆位在三维方向上位移误差。结合现在的固定方式,研究骨性手动配准与皮肤标记瘤床区域配准方式下在三维方向上的位移误差的差异,进行统计学比较,找出最佳的配准方式,探讨乳腺癌术后患者行乳腺托架联合热塑体模固定两种配准相结合的方式指导摆位的价值,从而实现更好的精确放疗。

1 材料与方法

1.1 病例的选择

选择从2013年4月~2013年12月收治的乳腺癌术后患者10例,入选标准:(1)病理确诊为乳腺癌;(2)因浸润性癌需行肿块切除或乳房切除和/或腋窝淋巴结清扫或前哨淋巴结清扫的患者;(3)无化疗严重骨髓抑制不能行放疗的患者;(4)上肢活动功能良好,能行乳

腺托架固定患者;(5)无手术区愈合不良或严重术区炎症或淋巴水肿或腋窝积液患者;(6)先前未行乳腺区域的放疗。排除标准:(1)KPS<70分;(2)不能配合CT扫描或治疗;(3)无放疗指征;(4)其他原因未完成放疗的。本研究所有入组患者获得知情同意。

1.2 设备

图像引导放疗系统:由西门子ONCOR Impression直线加速器与共处一室的西门子带滑轨的82 cm大孔径SOMATOM OPEN CT共用西门子550TXT治疗床,组成CTVision图像引导放疗系统。其组成有:(1)加速器的OPTIFOCUS多叶准直器,为唯一内置式、双聚焦型、全野多叶准直器,共41对,最大光野40 cm×40 cm;(2)大孔径CT扫描对软组织的分辨率高,图像质量清晰;(3)CTVision激光定位系统;(4)CTVision图像引导设备配置的Adaptive Targeting软件计划系统;(5)Oncentra MasterPlan物理计划系统(TPS);(6)R303-1 LOT:206143 乳腺热塑体模;(7)R610-CF B09092 乳腺托架;(8)自制的皮肤标记标志物(直径5 mm椭圆形金属)等。

1.3 体位固定及CT模拟定位

患者仰卧于专用的乳腺托架上,头偏向健侧,患侧手臂外展置于臂托上,患侧手充分上举至头顶握杆柄,以此减少肺的受照射剂量。健侧手臂自然放在身体一侧,根据患者体位调整乳腺托架上的头枕、臂托、握杆、乳腺托架底板倾斜度,调整臀部楔形板防止身体滑脱,通过适当调整使胸壁走形与乳腺托架底板平行,使患者摆位处于最佳舒适状态有利于体位的重复性,记录乳腺托架相关参数,嘱患者平静呼吸,将事先于恒温水箱软化热塑体模固定患者胸

部,覆盖范围为肩部至胸腔底部,双侧4个固定器扣在乳腺托架底板,待体模遇冷变硬塑形^[4-6]。

采用CTVision图像引导放疗设备自带82 cm大孔径CT扫描定位。首先按照托架的参数调整好患者在乳腺托架的位置,使患者躺在托架最佳舒适位置后,在患者乳腺区域用红色油性笔做圆形标记,并在乳腺瘤床区设定一个‘十’字标记,贴上自制的皮肤标记物(可在CT上显影),塑性后体模套在患者胸部固定于乳腺托架,做相应皮肤定位标记。在体模上用黑色标记笔按照皮肤上圆形标记复写在热塑体模上相同的圆形标记,使之两圆形标记线重合做摆位的参考。用CTVision激光系统在体模上确定定位点,用无伪影的金属粒分别在体中线、双侧腋中线做定位标记,第一肋下缘、对侧乳腺皱褶处下2 cm、手术瘢痕及引流口标记利于靶区勾画的识别,然后行82 cm大孔径CT扫描,扫描参数为120 kV、Eff mas200、CTDIvol 17.92 mGy、延迟4 s扫描、扫描层厚5 mm,扫描范围从甲状软骨下缘至乳腺下方标记下1 cm。将扫描后的CT图像通过区域网传至Oncentra MasterPlan计划系统。

1.4 图像配准方法

将制作好的计划通过区域网传到CTVision治疗计划系统工作站,在放疗前和放疗期间进行位置验证时,由两名工作5年以上技师进行等中心摆位操作^[7]。首次治疗连续3 d行图像引导验证,以后每周行1次,平均每位患者行8次图像引导验证。摆位同定位时相同,患者平躺在乳腺托架上,调整好乳腺托架相关参数及对应体表的标记,调整患者处于舒适的体位状态,嘱患者平静呼吸,在瘤床区域皮肤定位所做的‘十字’标记线贴上自制标志物,用患者定位时制作的热塑体模固定患者胸部,以体表所做的红色‘圆形’标记与体模上复写的黑色‘圆形’标记做参考,固定体模在乳腺托架底板上,使用CTVision激光系统对准定位点,贴无伪影金属颗粒。摆位完成后,通过旋转治疗床180°行大孔径CT扫描,扫描层厚5 mm,将CT图像传至Syngo操作系统平台并重建,与计划CT图像配准,重建的CT图像可得到矢状位、冠状位和横断面的图像。

1.5 统计学方法

采用SPSS13.0软件进行统计学分析,摆位误差由系统误差与随机误差组成。系统误差与随机误差分别由均数和标准差表示。两种配准方式下在左右方向(X轴)、上下方向(Y轴)、前后方向(Z轴)的位移误差用摆位数据均数±标准差表示,通过单样本 t 检验统计学进行分析;两组数据误差进行比较时采用配对

样本 t 检验,X轴与Y轴、X轴与Z轴、Y轴与Z轴分别进行配对样本 t 检验, $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种配准方式图像效果

全部患者均采用CTVision图像引导放疗设备自带的大孔径CT扫描定位图像,传至Oncentra MasterPlan物理计划系统进行靶区及危及器官的勾画、计划设计,计划完成后将患者计划输入CTVision治疗计划系统,在首次治疗连续3 d及以后每周1次行图像引导10例乳腺癌术后患者共获得80幅图像,每幅图像通过两种摆位方式获得在三维方向上的位移误差。从患者摆位到图像引导验证结束需要6 min~10 min,过程包括患者治疗体位的摆位固定,旋转治疗床180°行大孔径CT扫描,传输图像(包括靶区和危及器官的勾画图形及CTV、PTV等剂量曲线用于评价配准效果)至Syngo操作系统平台,行骨性手动配准和皮肤标记配准简便易行,接受配准条件后计算出等中心各自的误差。图1为某一患者行图像引导配准图像,通过骨性手动配准验证图像与计划图像在矢状位、冠状位及横断面上的最大化重合结果。图2为某一患者行图像引导配准图像,通过皮肤标记瘤床区域配准验证图像与计划图像在矢状位、冠状位及横断面上的最大化重合结果。



图1 骨性手动配准最大化位移误差

Fig.1 Maximal displacement errors of osseous manual registration

2.2 两种配准方式摆位误差数据结果

10例乳腺癌术后患者共进行80次CT扫描验证,得到两种配准方式下160组摆位误差数据。行骨性手动配准80组数据中在X、Y、Z方向上的位移误差,X方向: ≤ 3 mm占81.2%, <5 mm占91.3%;Y方向: ≤ 3 mm占78.8%, <5 mm占96.3%;Z方向: ≤ 3 mm占98.8%, <5 mm占100%;行皮肤标记瘤床区域配准80组数据中

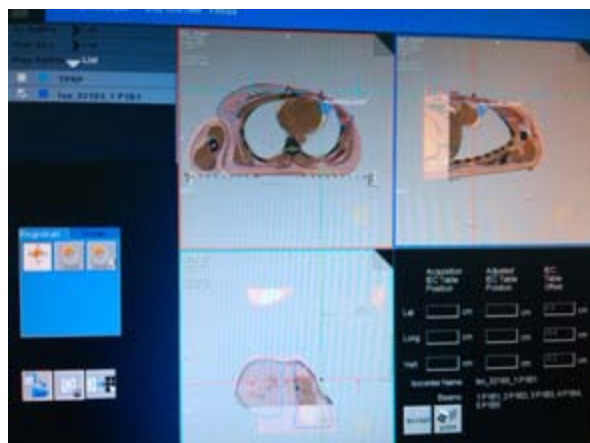


图2 皮肤标记瘤床区域配准最大化位移误差

Fig.2 Maximal displacement errors of skin marking tumor bed region registration

产生X、Y、Z方向上位移误差,X方向: ≤ 3 mm占36.3%, ≤ 5 mm占61.3%;Y方向: ≤ 3 mm占50%, ≤ 5 mm占76.3%;Z方向: ≤ 3 mm占80%, ≤ 5 mm占93.8%。分次治疗中,全部患者共行83次摆位图像引导验证患者摆位误差,其中在左右、上下、前后方向上任一方向出现 >5 mm时,通过重新摆位或移动治疗床校正摆位误差,83次摆位中3次摆位失败,通过重新摆位或移动治疗床再次行CTVision图像引导验证误差均比上次摆位误差小。80幅行CTVision图像引导系统自带的大孔径CT扫描图像(除外3幅摆位不成功的图像)行骨性手动配准方式和皮肤标记瘤床区域配准方式,骨性手动配准和皮肤标记瘤床区域配准在左右方向(X轴)的位移误差分别为 (0.07 ± 0.24) cm和 (-0.13 ± 0.56) cm,在上下方向(Y轴)的位移误差分别为 (0.05 ± 0.26) cm和 (-0.03 ± 0.44) cm,在前后方向(Z轴)的位移误差分别为 (0.07 ± 0.11) cm和 (0.19 ± 0.20) cm。

3 讨论

与常规乳腺癌放疗相比,图像引导精确放疗在乳腺癌术后治疗中提高了治疗的精确性与剂量分布的均匀性^[9]。本研究对乳腺癌术后通过乳腺癌托架联合热塑体模固定摆位误差与国内报道相似^[10-12],与国外报道乳腺癌保乳术后患者放疗固定的摆位误差存在差异^[13-15],考虑到西方国家女性体形与乳房体积与亚洲女性不同,因此摆位误差也可能不同,但是本研究摆位误差在前后方向明显小于其他方向,与国外报道行热塑体模固定结果一致,考虑热塑体模能有效减少呼吸运动对前后方向的位移误差的影响。因此乳腺托架联合热塑体模可在一定程度上减少摆位误差,而且热塑体模固定乳腺癌术后患者放疗可

以有效减少呼吸运动对摆位误差的影响。

本研究通过应用CTVision图像引导放疗系统自带的大孔径CT扫描图像与计划图像配准观察等中心的摆位误差验证患者治疗前及住院治疗期间治疗体位变化的可行性,研究结果表明:(1)CTVision图像引导系统研究乳腺癌术后患者调强放射治疗在X、Y、Z方向位移误差的摆位误差以骨性手动配准的摆位误差明显小于皮肤标记瘤床区域配准摆位误差,骨性手动配准更适合乳腺癌术后患者调强放疗的配准方式;(2)乳腺托架联合热塑体模固定乳腺癌术后患者摆位的重复性与稳定性较好,可以满足治疗计划执行的精确性,此固定方式可有效地控制呼吸运动引起的前后方向的位移误差。

【参考文献】

- [1] 陈 磊,朱超华,徐子海.乳腺癌术后放疗技术临床应用的进展[J]. 临床医学工程,2013,20(7): 917-920.
Chen L, Zhu CH, Xu ZH. Research on the progress of clinical application of breast cancer radiotherapy[J]. Clinical Medical and Engineering, 2013, 20(7): 917-920.
- [2] Jemal A, Bray F, Center MM, et al. Global cancer statistics[J]. CA Cancer J Clin, 2011, 61(2): 69-90.
- [3] Korcum AF, Yavuz MN. Breast and tumor bed[M]//Principles and practice of modern radiotherapy techniques in breast cancer. New York: Springer, 2013: 163-171.
- [4] 谢秋英,石锦平,张利文,等.个体化乳腺癌放射治疗体位固定技术改进方法研究[J]. 中华临床医师杂志,2014,24(7): 50-53.
Xie QY, Shi JP, Zhang LW, et al. An improved method of individualized breast cancer radiotherapy immobilization technology[J]. Chinese Journal of Clinicians, 2014, 24(7): 50-53.
- [5] 李 明,吴建亭,金建华.乳腺托架与真空垫固定对胸部肿瘤放射治疗摆位误差的影响[J]. 中国医学物理杂志,2011,28(3): 2609-2611.
Li M, Wu JT, Jin JH. Influence of mammary gland bracket and vacuum mat joint fixed to setup error on breast tumor radiation therapy[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2011, 28(3): 2609-2611.
- [6] 李 娅,赵 彪,张 明,等.热塑体膜固定双重标记法在乳腺癌保乳术后调强放疗中的应用[J]. 中国辐射卫生,2013,22(3): 365-367.
Li Y, Zhao B, Zhang M, et al. Application of body membrane method with double labeling in intensity-modulated radiotherapy after breast-conserving surgery[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2013, 22(3): 365-367.
- [7] 袁峰奎,聂生东.图像配准技术在图像引导放疗中的应用[J]. 中国医学物理学杂志,2012,29(5): 3628-3631.
Yuan ZX, Nie SD. Application of image registration in image-guided radiation therapy[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(5): 3628-3631.
- [8] Hurkmans CW, Remeijer P, Lebesque JV, et al. Set-up verification using portal images. review of current clinical practice[J]. Radiother Oncol, 2001, 58(2): 105-120.
- [9] 梁 军,张 涛,张 寅,等.肺癌锥形束CT图像不同配准方式的误差分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2011,20(2): 106-108.
Liang J, Zhang T, Zhang Y, et al. Cone-beam CT image registration of lung cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2011, 20(2): 106-108.

(下转877页)