

锥形束CT引导摆位与光学引导摆位比较

王健¹, 李文浩², 葛云²

1. 常熟市第二人民医院医学工程部, 江苏 常熟 215500; 2. 南京大学电子科学与工程学院, 江苏 南京 210046

【摘要】目的:比较放射治疗中使用的锥形束CT(CBCT)引导定位技术和光学引导定位技术(OPS)的摆位误差。**方法:**在Varian治疗系统下对模体进行摆位对比试验获得误差数据。首先,将一个方形膜体作为虚拟的病人,通过CBCT引导定位系统摆位完成,然后,用游标卡尺在坐标纸上测量左-右方向和前-后方向摆位误差。调整治疗床高度使得源皮距为100 cm,并记录床的高度变化值,该值即为上-下方向上的摆位误差。然后,使用同样方法记录下OPS显示的摆位误差。**结果:**CBCT的平均摆位误差在左-右、上-下、前-后方向分别为0.42、0.50、0.66 mm,其均方差在左-右、上-下、前-后方向分别为0.24、0.00、0.52 mm。OPS的平均摆位误差在左-右、上-下、前-后方向分别为0.28、0.40、0.30 mm,其均方差在左-右、上-下、前-后方向分别为0.08、0.10、0.07 mm。**结论:**从定位精度和稳定性方面来看,OPS引导定位技术优于CBCT引导定位技术。**【关键词】**锥形束CT;引导定位技术;光学引导定位技术;摆位误差;定位精度
【中图分类号】R811.1 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1005-202X(2016)01-0106-03

Comparison of cone beam CT guidance system and optical positioning system

WANG Jian¹, LI Wen-hao², GE Yun²

1. Department of Medical Engineering, Changshu Second People's Hospital, Changshu 215500, China; 2. Department of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210046, China

Abstract: Objective To compare the set-up errors of cone beam CT (CBCT) guidance system and optical positioning system (OPS) applied in radiotherapy. **Methods** Set-up data were collected by the comparative experiment for a phantom in Varian treatment system. The square phantom taken as a virtual patient was positioned by using CBCT guidance system. The set-up errors in left-to-right (LR) and anterior-to-posterior (AP) directions on the coordinate paper were measured by a vernier caliper. The treatment couch height was adjusted to ensure the source-to-surface distance (SSD) of 100 cm. The height changes which were set-up errors in inferior-to-superior (IS) direction were recorded. And the set-up errors of OPS were obtained by using the same method. **Results** The average set-up errors of CBCT guidance system were respectively 0.42 mm, 0.50 mm and 0.66 mm in LR, IS and AP directions; the root-mean-squares (RMS) were respectively 0.24 mm, 0.00 mm and 0.52 mm in LR, IS and AP directions. The average set-up errors of OPS were respectively 0.28 mm, 0.40 mm and 0.30 mm in LR, IS and AP directions; RMS were respectively 0.08 mm, 0.10 mm and 0.07 mm in LR, IS and AP directions. **Conclusion** Compared with CBCT guidance system, OPS has a better position accuracy and a better position stability.
Key words: cone beam CT; guidance system; optical positioning system; set-up errors; position accuracy

前言

定位精度是影响计划靶区(PTV)勾画的重要因素,定位精度的提高能够有效避免正常组织受到不必要的照射,提高放射治疗的质量^[1-5]。近几年随着

“精确放疗”要求的提出,放射治疗引导定位技术^[6-7],如锥形束CT(CBCT)引导定位技术^[8-11]和光学引导定位技术^[12-15],逐渐受到重视并进入临床使用阶段。CBCT引导定位技术的特点是在治疗前获取CBCT图像,并与治疗计划CT图像配准,获得实时误差值并通过移动治疗床进行纠正以减少摆位误差。而南京大学开发的光学定位系统(Optical Positioning System, OPS)是基于双目视觉原理进行目标位置计

【收稿日期】2015-08-02

【作者简介】王健(1968-),高级工程师,专业方向:医学工程。Tel: 13506233660, E-mail: wangjian1186@126.com。

算,通过监测定位标志球的位置,获得病灶中心坐标,从而实时跟踪验证患者的位置状况。上述两种方法都是目前常见的定位引导方法,但是由于技术原理不同,它们在实际临床应用上的使用效果是存在差异的。本文的目的就是对这两种定位引导技术的定位效果进行比较研究。

1 材料和方法

1.1 实验准备

将一个方形膜体(图1)作为虚拟的病人并固定在治疗床上。在膜体的内部固定一个直径1 mm的金属球作为病灶中心(图1b);并在膜体的外部固定6个具有红外反光特性的定位球(图1a),这6个定位球是OPS计算病灶中心坐标的监测工具。将此膜体进行CT扫描(3 mm扫描间层)获取计划CT,并将其传输到治疗计划系统生成治疗计划。

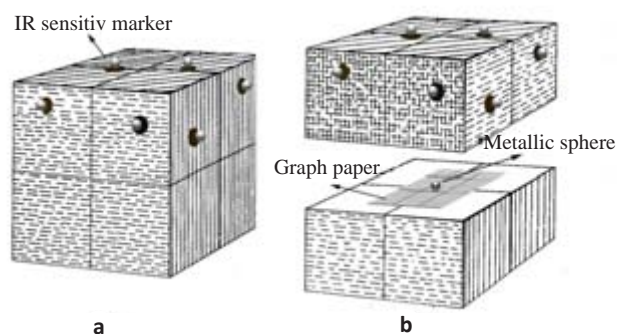


图1 模体设计

Fig.1 Phantom design

Note: a: The square phantom was taken as a virtual patient;

b: The metallic sphere in the middle layer was planned as the isocenter.

IR: Infra-reflex

1.2 摆位误差测量

1.2.1 CBCT引导下的摆位 获取CBCT图像,采用骨匹配的方式对计划CT图像和CBCT图像进行配准。根据获得的实时误差值来移动治疗床,使病灶中心与加速器等中心一致。

1.2.2 OPS引导下的摆位 将治疗计划导入OPS后,勾画CT图像上6个定位球。系统自动计算出这6个定位球与病灶中心间的空间关系,生成定位计划。

1.2.3 摆位误差测量 摆位完成后,打开膜体,使得加速器光野能够直射到膜体内部,用游标卡尺测量并记录坐标纸上光野指示的等中心与实际病灶中心之间在左到右(Left-to-Right, LR)和前到后(Anterior-to-Posterior, AP)方向上的偏差 Δx 和 Δz ,以及当前时刻床的高度 ht_1 。调整床高度使得源皮距(Source-to-Surface Distance, SSD)达到100 cm,记录下此刻床的高度 ht_2 。将 ht_1 和 ht_2 相减就得到了等中心与病灶中心在下到上(Inferior-to-Superior, IS)方向上的偏差 Δy ($\Delta y=ht_1-ht_2$)。

2 结果

表1给出了CBCT和OPS这两种方法的定位误差。CBCT引导定位系统在3个方向上的定位误差都在0.5 mm左右,而OPS在3个方向上的定位误差在0.3 mm左右。CBCT引导定位系统的单方向最大定位偏差高达1.5 mm,相对而言,OPS的单方向最大定位偏差都在0.4 mm左右。图2展示了CBCT引导定位与OPS引导定位的差异。

表1 CBCT引导与OPS引导的摆位误差统计结果(mm)

Tab.1 Set-up errors of CBCT guidance system and OPS (mm)

Set-up errors	CBCT guidance system			OPS		
	Mean value	Standard deviation	Maximum	Mean value	Standard deviation	Maximum
LR/ Δx	0.42	0.24	0.80	0.28	0.08	0.40
IS/ Δy	0.50	0.00	0.50	0.40	0.10	0.50
AP/ Δz	0.66	0.52	1.50	0.30	0.07	0.40

Note: CBCT: Cone-beam computed tomography; OPS: Optical positioning system; LR: Left-to-right; IS: Inferior-to-superior; AP: Anterior-to-posterior

3 讨论

从表1可以看出,CBCT和OPS引导的病人摆位在3个方向上的平均定位误差都小于1.0 mm,均符合临床要求。但相比较之下,OPS引导的平均定位误差

要明显小于CBCT引导的平均定位误差。除此之外,虽然CBCT引导定位系统在IS方向上定位误差的RMS为0 mm,表现出非常完美的稳定性,但是在LR和AP方向上定位误差的RMS分别为0.24 mm和0.52 mm,均低于OPS在同方向上定位误差的RMS

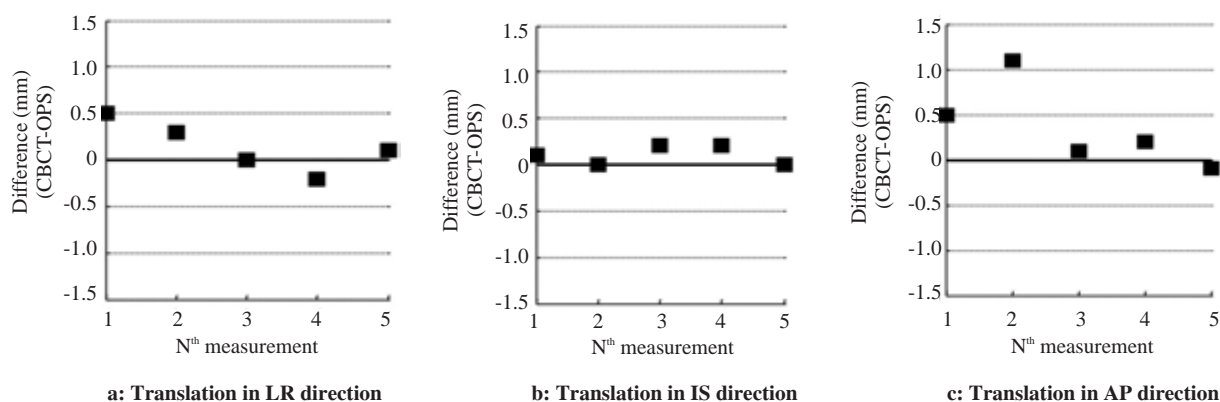


图2 CBCT引导与OPS引导在不同方向摆位误差的差值

Fig.2 Differences of set-up errors between CBCT guidance system and OPS in different directions

(分别为0.08 mm和0.07 mm)。综合来看,OPS的定位稳定性要优于CBCT引导定位系统。这是因为在CBCT图像与计划CT图像进行匹配的过程中,匹配结果会受到匹配图像体素尺寸大小等因素的影响,且判断两幅图像是否配准仍然主要依靠技师来辨别,这就将技师的经验和认真程度也纳入了影响定位精度的范畴,增加了CBCT引导定位系统的随机误差。

从图2可以发现,在CBCT引导定位系统与OPS引导定位系统的3个方向上的定位误差之差中,超过80%的数值都为正值,这说明在大多数情况下CBCT引导定位系统的定位误差要大于OPS。

在实验中我们还发现,由于CBCT引导定位系统操作复杂,为了达到较精确的病人摆位,即使是具有丰富经验的技师也需要5~10 min的时间,在这过程中有可能增加病人的不适感。然而,OPS引导定位系统只需要约30 s的时间就能实现精确定位,这是因为OPS引导定位系统操作极其简单,除了需要勾画小球外,大多数的步骤都是由系统自动完成,无需人工参与。

4 结 论

我们使用膜体对CBCT引导定位系统和OPS引导定位系统进行了比较研究。研究发现CBCT引导定位系统和OPS引导定位系统都能够达到很高的定位精度,但是从定位精度和稳定性方面考虑,OPS引导定位系统略优于CBCT引导定位系统。

【参考文献】

- [1] CREUTZBERG C, ALTHOF V, HUIZENGA H, et al. Quality assurance using portal imaging: the accuracy of patient positioning in irradiation of breast cancer[J]. *Int J Radiat Oncol*, 1993, 25(3): 529-539.
- [2] VANHERK M. Errors and margins in radiotherapy [J]. *Semin Radiat Oncol*, 2004, 14(1): 52-64.
- [3] AUBERGER T, LUKAS P, SWEENEY R S, et al. Reproducibility of patient positioning for fractionated extracranial stereotactic radio-

therapy using a double-vacuum technique[J]. *Strahlenther Onkol*, 2004, 180(2): 117-122.

- [4] ALI I, TUBBS J, HIBBITTS K, et al. Evaluation of the setup accuracy of a stereotactic radiotherapy head immobilization mask system using kV on-board imaging[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2010, 11(3): 26-37.
- [5] NEGORO Y, NAGATA Y, AOKI T, et al. The effectiveness of an immobilization device in conformal radiotherapy for lung tumor: reduction of respiratory tumor movement and evaluation of the daily setup accuracy[J]. *Int J Radiat Oncol*, 2001, 50(4): 889-898.
- [6] WILLOUGHBY T, LEHMANN J, BENCOMO J A, et al. Quality assurance for nonradiographic radiotherapy localization and positioning systems: Report of Task Group 147[J]. *Med Phys*, 2012, 39(4): 1728-1747.
- [7] HANEISHI H, YAMAGUCHI T, NAKAMURA R, et al. Research status in the fusion and enrichment of medical imaging for high quality diagnosis and treatment (FERMI) project[J]. *J Med Imag Health Int*, 2013, 3(1): 51-58.
- [8] DIONISI F, PALAZZI M F, BRACCO F, et al. Set-up errors and planning target volume margins in head and neck cancer radiotherapy: a clinical study of image guidance with on-line cone-beam computed tomography[J]. *Int J Clin Oncol*, 2012, 18(3): 418-427.
- [9] DEN R B, DOEMER A, KUBICEK G, et al. Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head-and-neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study[J]. *Int J Radiat Oncol*, 2010, 76(5): 1353-1359.
- [10] NIELSEN M, BERTELSEN A, WESTBERG J, et al. Cone beam CT evaluation of patient set-up accuracy as a QA tool[J]. *Acta Oncol*, 2009, 48(2): 271-276.
- [11] OLDHAM M, LÉTOURNEAU D, WATT L, et al. Cone-beam-CT guided radiation therapy: a model for on-line application [J]. *Radiother Oncol*, 2005, 75(3): 271.E1-271.E8.
- [12] HONG T S, TOMÉ W A, CHAPPELL R J, et al. The impact of daily setup variations on head-and-neck intensity-modulated radiation therapy[J]. *Int J Radiat Oncol*, 2005, 61(3): 779-788.
- [13] YAN H, YIN F F, KIM J H. A phantom study on the positioning accuracy of the novalis body system[J]. *Med Phys*, 2003, 30(12): 3052-3060.
- [14] KLÖCK S, MÜLLER R. An exact and objective positioning system for patients in conformal radiotherapy basing on optical 3D-surface-fetection [C]. *Proceedings of the 22nd Annual International Conference of the IEEE*. Chicago. 2000.
- [15] KIM H, PARK Y K, KIM I H, et al. Development of an optical-based image guidance system: Technique detecting external markers behind a full facemask[J]. *Med Phys*, 2011, 38(6): 3006-3012.