

放疗患者摆位误差与治疗床位置误差相关性分析

符贵山 程斌 覃仕瑞 王谦 李伟 戴建荣

100021 北京协和医学院 中国医学科学院肿瘤医院放疗科

通信作者:戴建荣,Email:jianrong_dai@63.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.03.000

【摘要】 目的 分析放疗中患者摆位误差与治疗床位置误差的相关性。方法 随机选择近期结束 IGRT 治疗的 25 例胸腹部肿瘤患者,通过 IGRT 数据计算出患者的摆位误差,通过记录验证系统读取治疗时的床位置数据并计算出治疗床位置的误差,然后通过计算摆位误差与实际治疗时治疗床位置误差二者的相关系数 R 来分析二者的相关性。结果 25 例影像引导次数 ≥ 5 次的胸腹部肿瘤患者摆位误差中,随机误差与治疗床随机误差的 $R=0.83$ ($P=0.00$),系统误差与治疗床系统误差的 $R=0.36$ ($P=0.11$)。结论 患者摆位误差中随机误差与治疗床随机误差之间存在高度相关性,系统误差与治疗床系统误差之间存在中低度相关性。

【关键词】 放射疗法; 摆位误差; 治疗床位置; 相关性

Analyzing of correlation between the setup error and the couch position in radiotherapy Fu Guishan, Cheng Bin, Qin Shirui, Wang Qian, Li Wei, Dai Jianrong

Department of Radiation Oncology, Cancer Institute, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union Medical College, Beijing 100021, China

Corresponding author: Dai Jianrong, Email: jianrong_dai@63.com

【Abstract】 Objective To investigate the correlation between setup error and couch position error in radiotherapy. **Methods** A total of 25 patients with thoracic and abdominal tumors who recently finished image-guided radiotherapy were randomly selected. The data on couch position during treatment were obtained through the record validation system, and then the couch position error was calculated. The Pearson correlation analysis was used to investigate the correlation between setup error and couch position error during treatment. **Results** In the ≥ 5 setup errors among the 25 patients, the correlation coefficient between random setup error and random couch position error was 0.83 ($P=0.00$), and the correlation coefficient between systematic setup error and systematic couch position error was 0.36 ($P=0.11$). **Conclusions** In radiotherapy, the random setup error is highly correlated with the random couch position error, while a moderate or low correlation exists between the systematic setup error and the systematic couch position error.

【Key words】 Radiotherapy; Setup error; Couch position; Correlation

肿瘤患者的放疗摆位一般是先由技师引导、协助患者,先准备好治疗体位(同时将患者体表的摆位标记与摆位固定装置对齐),然后固定患者并调整治疗床位置将靶区对齐到等中心,确认摆位准确性后实施治疗。由于患者个体的身体特征、肿瘤部位解剖特点、患者与技师配合程度等差别,患者进入到治疗体位时的重复性也会有差别^[1-2]。如果患者体位重复性好,则在摆位过程中需要被修正的摆位误差就小,从而治疗床位置的变化就会比较小,反之亦然。据此推断,患者在放疗中的治疗床位置误差与患者摆位误差应该存在一定相关性。在本研究

中,我们通过特别设计的实验来分析这种相关性,然后就分析结果的应用进行初步探讨。

材料与方 法

1. 病例选择:从本院最近 1 年内采用 IGRT 技术治疗的胸腹部肿瘤患者中,采用随机数字表法选取 25 例实施影像引导次数 ≥ 5 次的患者。

2. 摆位误差分析:将上述患者的 IGRT 影像数据恢复到 IGRT 工作站,然后将 IGRT 影像与定位影像进行配准来得到每个患者的摆位误差,影像配准过程采用自动配准与手动微调相结合的方式^[3]。每

个患者误差数据的均值作为患者的系统摆位误差,数据的标准差代表患者的随机摆位误差。

3.治疗床位置的系统误差分析:治疗床位置系统误差定义为由模拟定位过程得到的治疗床理论位置与实际治疗摆位中得到的治疗床位置的差别。通过如下过程得到治疗床的系统误差:

(1)在患者体位固定架上选择一个特征性的参考点(要求此点可以在实际的固定架上明显识别,也能在患者CT定位影像上识别);

(2)将上述参考点在治疗机上摆位到等中心,记录摆位后的治疗床位置 x_0 、 y_0 、 z_0 (分别代表左右、上下、前后方向);

(3)对于第 i 个患者,先按正常的放疗模拟定位过程进行定位影像扫描,将定位影像传输到TPS并确定治疗等中心,然后在定位影像上测量出(1)中确定的参考点与治疗等中心点的距离 Δx_i 、 Δy_i 、 Δz_i ,即可以得到第 i 个患者的理论治疗床位置为 $P_i = P_0 + \Delta P_i$;

(4)由于所有患者在各个治疗分次中的治疗床位置都存储在记录验证系统中,这些位置的平均值与(3)中理论位置之差即为治疗床位置的系统误差。

4.治疗床位置的随机误差分析:笔者所在科室的患者治疗通过MOSAIQ(V2.4.1)网络系统进行治疗过程的记录验证。所有患者的治疗参数都存储在记录验证系统中,通过查看记录验证系统的历史治疗记录即可提取出与IGRT扫描日期相对应的日期上的治疗床位置,计算其标准差即得到治疗床位置的随机误差。

5.相关性分析:假定通过患者IGRT影像分析得到的第 i 个患者摆位误差中的系统误差和随机误差分别为 Σ_i 和 σ_i ,而实际治疗床位置误差中的系统误差和随机误差分别为 Σ'_i 和 σ'_i ,则患者摆位误差与治疗床位置误差的相关性可以通过二者的相关系数 R 来衡量。 R 取值在-1到1之间, $R=0$ 代表两种误差不相关; $|R|=1$ 代表两种误差完全相关(此时两种误差之间具有线性函数关系); $|R|<1$ 时,表示其中一种误差的变动会引起另一种误的部分变动,且 $|R|$ 越大影响越明显。

6.统计方法:采用SPSS 16.0软件计算摆位误差与实际治疗时治疗床位置误差二者的相关系数,以此分析二者的相关性, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1.患者放射治疗摆位误差与治疗床位置误差的

相关性:图1和图2是患者摆位误差与治疗床位置误差的相关性结果,图中的直线为相关系数的线性回归。系统误差与治疗床系统误差的 $R=0.36$ ($P=0.11$,图1),二者为中低度相关;随机误差与治疗床随机误差的 $R=0.83$ ($P=0.00$,图2),二者为强相关。

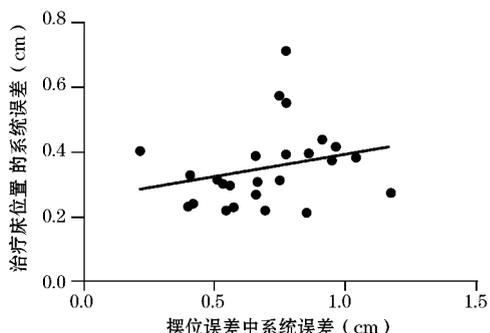


图1 25例胸腹部肿瘤患者放疗摆位误差中的系统误差与治疗床位置系统误差的相关性

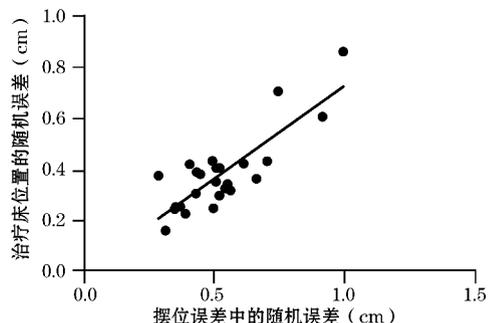


图2 25例胸腹部肿瘤患者放疗摆位误差中的随机误差与治疗床位置随机误差的相关性

2.随机误差的相关性在不同方向的变化:对于随机误差, x 、 y 、 z 方向上的 R 值分别为 0.79 ± 0.07 、 0.72 ± 0.09 、 0.65 ± 0.83 。 x 、 y 方向的相关性都接近强相关,而 z 方向的相关性稍弱于 x 、 y 方向。

3.治疗床位置的差别:图3中给出了由模拟定位过程确定的治疗床位置与患者各分次治疗时平均的治疗床位置之间差别。二者在 x 方向的差别 <0.9 cm,在 y 、 z 方向的差别 <0.6 cm。

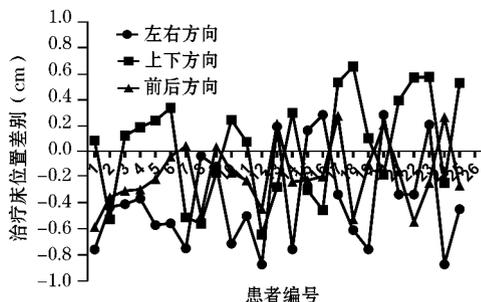


图3 25例胸腹部肿瘤患者不同方向TPS计算的治疗床位置与实际治疗床位置的差别

讨 论

目前的放疗通常采用体位固定板结合热塑膜的方式来保证患者在治疗过程中的体位重复性^[4]。其一般过程为:(1)将摆位固定装置安装于治疗床的规定位置;(2)技师对患者进行摆位(将患者体表摆位标记对齐到摆位固定装置上的参考标记),然后移动治疗床,将摆位固定装置的参考标记(及患者体表的摆位标记)对齐到摆位激光灯;(3)给患者固定好热塑膜,调整治疗床位置,将热塑膜上的等中心标记对齐到摆位激光灯;(4)通过射野影像或IGRT系统检查并修正摆位误差(摆位验证过程),然后实施治疗。在此过程中,由于患者的身体特征、肿瘤部位、对摆位过程的依从性等会有差异,于是在第2、3步中会引入不同的随机摆位误差,因而在第4步中就需要通过不同程度的治疗床位置调整来进行修正,所以患者的随机误差会与实际治疗时的治疗床位置的变化情况相关。

根据本研究结果,摆位误差中的随机误差与患者治疗时的治疗床位置随机误差有高度相关性。所以在治疗过程中就有可能通过记录验证系统记录的治疗床误差来了解患者随机误差的程度及变化情况,为患者治疗过程提供有用的参考信息。同时,在没有摆位验证影像的情况下,也有可能通过治疗床误差情况来适当了解患者在治疗过程中的随机摆位误差。

目前治疗计划设计中对于靶区边界的处理,通常是对同一部位的所有患者予以相同的外放边界^[5],由于这一做法没有考虑患者个体体位重复性的差别,体位重复性较差的患者,靶区漏照的风险会更大。借助本研究的结果,则有可能在患者治疗过程中,通过治疗床位置数据的统计结果来遴选出这一类患者并对其采取适当干预措施来降低上述风险。

患者在各个分次放疗中的摆位误差会随治疗过程变化而变化,研究者发展了不同的误差处理方法来减轻这些不断变化的误差对于治疗精度的影响^[6-7]。由于患者的系统误差通常相对稳定,误差变化主要来源于随机误差;而要准确了解随机误差就需要拍摄更多的摆位验证影像,从而大大增加工作量。本研究结果表明随机误差与治疗床位置的随机误差有高度相关性,从而有可能在实际治疗工作中将治疗床位置信息与摆位验证影像信息相结合,以探索得到更优化的误差处理方法。

在 x 、 y 、 z 三个方向的随机误差中, x 、 y 方向的相关性强于 z 方向;这可能是由于升床高度主要由患

者身体厚度决定,不容易受到摆位过程的影响,在升床方向通常需要调整患者体位的情况比较少,从而体位误差与治疗床位置误差之间表现出较低的相关性。此外,本结果显示患者在3个方向的平均随机误差中也是 z 方向的略小,应该也是基于上述原因。

目前放疗中通常将患者首次治疗的治疗床位置作为后续治疗的参考位置,这种做法在实际操作中虽然可行,但在逻辑上却有一定的问题。一方面,由于存在摆位误差,患者在不同的分次治疗中,治疗床位置之间彼此有一定的误差,但首次治疗与后续治疗在本质上并没有区别,所以将首次治疗的参数用作参考数据其实并不合理;另一方面,放射治疗是在患者模拟定位及计划设计过程中确定治疗实施参数(包括治疗床旋转角度),因而 x 、 y 、 z 三个方向的治疗床位置参数也应该是在模拟定位及计划设计过程中确定更加合理。

本研究设计了一个在治疗计划设计阶段确定出患者治疗床位置的方案。使得治疗床位置和治疗计划的其它参数一样,可以在治疗前完全由物理师确定,这样可以使得放疗流程更加顺畅,同时也能更好地控制患者治疗与定位时系统性的体位差别,提高治疗安全性^[8]。如果采用本研究中所使用的方法,另外再在体位固定架中的适当位置植入参考点,以便在TPS系统识中可以方便地别出参考点,这样就可以在用TPS设计治疗计划的同时设计好治疗床位置,使得本研究中使用的研究方法具有临床可适用性,可以极大地提高临床工作效率及安全性。

对于放疗中治疗床位置及其应用的研究目前还比较少,仅个别研究者报道了在非共面治疗中利用治疗床位置、机架等信息来保证在转动机架时的患者安全^[9],用治疗床位置信息辅助识别治疗错误^[5,9-10],以及对治疗过程中床位置变化进行统计学模拟以确定合适的理论治疗床位置及容限值,以改进误差容限的安全保障效果^[5]。本文报道了治疗床位置与摆位误差之间的相关性,并就其可能的临床应用做出了初步的估计,同时也介绍了一种在治疗计划设计时确定治疗床位置的方法及其在临床上的可能应用,希望对其他研究者有一定的参考作用。

参 考 文 献

- [1] 游爱敏,王秀玲,林院生.不同部位肿瘤放疗体位重复性分析[J].实用癌症杂志,2010,25(4):391-393. DOI:10.3969/j.issn.1001-5930.2010.04.021.
You AM, Wang XL, Lin YS. Analyses of the position reproducibilities of different region tumors [J]. Pract J Cancer, 2010, 25(4): 391-393. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5930.2010.04.

- [2] 李兴德,翟福山,张明云,等.胸部肿瘤患者体重指数对摆位误差的影响[J].中华放射肿瘤学杂志,2015,24(1):40-41.DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2015.01.011.
Li XD,Zhai FSH,Zhang MY, et al. Body mass index in patients with chest tumor effects on set-up errors [J].Chin J Radiat Oncol, 2015,24(1):40-41. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2015.01.011.
- [3] 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.DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.02.007.
Liang J, Zhang T, Zhang Y, et al. Cone-beam CT image registration of lung cancer [J].Chin J Radiat Oncol,2011,20(2):106-108.DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.02.007.
- [4] 陈国付,张飞燕,方临明,等.热塑膜体位固定技术在放疗中的应用[J].浙江临床医学,2011,13(11):1286-1287. DOI:10.3969/j.issn.1008-7664.2011.11.042.
Chen GF, Zhang FY, Fang LM, et al. Thermoplastic membrane immobilization technology and its application in radiation therapy [J].Zhejiang Clinl Med, 2011, 13(11):1286-1287. DOI:10.3969/j.issn.1008-7664.2011.11.042.
- [5] Hadley SW, Lam KL, Balter JM. Analysis of couch position tolerance limits to detect mistakes in patient setup [J].J Appl Clin Med Phys,2009,10(4):2864.DOI:10.1120/jacmp.v10i4.2864.
- [6] de Boer HCJ, Heijmen BJ.eNAL: an extension of the NAL setup correction protocol for effective use of weekly follow-up measurements [J].Int J Radiat Oncol Biol Phys,2007,67(5):1586-1595.DOI:10.1016/j.ijrobp.2006.11.050.
- [7] Wu QW, Lockman D, Wong J, et al. Effect of the first day correction on systematic setup error reduction [J]. Med Phys, 2007,34(5):1789-1796.DOI:10.1118/1.2727299.
- [8] de Kruijf WJM, Martens RJW.Reducing patient posture variability using the predicted couch position [J].Med Dosim,2015,40(3):218-221.DOI:10.1016/j.meddos.2014.12.002.
- [9] Becker SJ, Culberson W, Flynn R. Collision indicator charts for gantry-couch position combinations for Siemens ONCOR and Elekta Infinity linacs [J].J Appl Clin Med Phys,2013,14(5):278-283.DOI:10.1120/jacmp.v14i5.4355.
- [10] Patton GA, Gaffney DK, Moeller JH.Facilitation of radiotherapeutic error by computerized record and verify systems [J].Int J Radiat Oncol Biol Phys,2003,56(1):50-57.DOI:10.1016/S0360-3016(02)04418-8.

(收稿日期:2015-03-18)