

论 著

应用千伏级锥形束CT对非小细胞肺癌立体定向放疗PTV外放边界研究

中国医科大学附属盛京医院放疗中心 (辽宁 沈阳 110022)

王思阳 徐 飞 贾明轩

【摘要】目的 应用Elekta Synergy加速器的千伏级锥形束CT(KV-CBCT)(kilovoltage cone-beam computed tomography)精确量化分析非小细胞肺癌患者在立体定向放射治疗中的体位变化情况,为临床医生设计非小细胞肺癌立体定向放疗计划时临床靶体积CTV(clinical target volume, CTV)到计划靶体积PTV(planning target volume, PTV)的外放数据提供参考。**方法** 选取2013年3月-2014年2月使用ELEKTA Synergy加速器进行放射治疗的10例非小细胞肺癌的患者,在放射治疗前进行千伏级锥形束CT即KV-CBCT的扫描,获得患者在X轴左右(left-right, LR),Y轴头脚(superior-inferior, SI)和Z轴前后(anterior-posterior, AP)三个方向的摆位误差数据,并对误差进行校正,然后进行统计学的比较。**结果** 患者在左右(X),头脚(Y),前后(Z)三个方向上的摆位误差分别为 (0.34 ± 0.21) cm, (0.47 ± 0.17) cm和 (0.37 ± 0.19) cm。校正后的摆位误差在X, Y和Z三个方向上分别为 (0.09 ± 0.14) cm, (0.11 ± 0.15) cm和 (0.06 ± 0.12) cm,得出X, Y, Z方向的Mptv 值分别为X为0.41cm, Y为0.58cm, Z为0.43cm。**结论** 通过KV-CBCT对非小细胞肺癌立体定向放疗摆位误差的校正,可以缩小各种系统误差和随机误差,为临床医生制定放疗计划时提供扩边数据。

【关键词】 SBRT, KV-CBCT; 非小细胞肺癌; 摆位误差

【中图分类号】 R734.2

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.02.013

通讯作者: 王思阳

Study on the Margin of PTV using KV-CBCT for Non-small Cell Lung Cancer with Stereotactic Body Radiation Therapy

WANG En-yang, XU Fei, JIA Ming-xuan. Department of Radiation Oncology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110022, Liaoning Province, China

[Abstract] Objective To quantitative analyze the change of the position accurately using Elekta synergy accelerator by KV-CBCT (kilovoltage cone-beam computed tomography) for patients of non-small cell lung cancer(NSCLC) with stereotactic body radiation therapy(SBRT), design plan of NSCLC with SBRT from CTV to PTV to offer reference to external data, to provide for a reasonable margin of PTV the basis for clinical doctors. **Methods** To collect from March 2013 to February 2014, using Elekta synergy accelerator radiotherapy for 10 cases of patients with NSCLC, using KV-CBCT scans before radiotherapy, acquired the XVI were registered to planning CT and the set up errors were obtained on the X axis (left-right, LR), the Y axis (superior-inferior, SI) and Z axis (anterior-posterior, AP) and the errors correction, then compared statistically. **Results** The set up errors on the X axis (left-right, LR), the Y axis (superior-inferior, SI) and Z axis (anterior-posterior, AP) were (0.34 ± 0.21) cm, (0.47 ± 0.17) cm and (0.37 ± 0.19) cm, in three dimensional directions, respectively; the set up errors correction on X, Y, Z were (0.09 ± 0.14) cm, (0.11 ± 0.15) cm and (0.06 ± 0.12) cm, respectively. According to vanHerk formula $Mptv = 2.5 \Sigma + 0.7 \sigma$, calculated Mptv of X, Y, Z were 0.41cm, 0.58cm, 0.43 cm directions, respectively. **Conclusion** By the KV-CBCT for set up errors correction of NSCLC with SBRT, can greatly reduce all kinds of system error and random error, to provide the margin data when design the radiotherapy plan. According to the results of residual set up errors evaluation, 0.6cm should be applied to the margin of PTV.

[Key words] SBRT; KV-CBCT; Non-small Cell lung Cancer; Set Up Errors

体部立体定向放射治疗(Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT)是利用高度精准的放疗技术,利用新型直线加速器将CT整合其中,将多源、多线束或多野三维空间聚焦的高能射线聚焦于体内某一靶区,使病灶组织受到高剂量照射方式聚焦到肿瘤部位,达到消灭根治肿瘤的目的^[1]。非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)是肺癌中的常见的种类,早期NSCLC的标准治疗仍然为手术切除,但也有很多患者因内科原因不适合手术治疗,此时SBR成为根治性治疗的首选,且具较少副作用、费用较低、与外科手术有相似的局部控制率和长期生存率等特点,且属于无创治疗^[2-3]。SBRT技术对放疗设备的要求非常高,我们医院使用的是ELEKTA公司的Synergy型加速器同时带有图像引导系统IGRT(Image Guided Radiation Therapy)的机载KV-CBCT(kilovoltage cone-beam computed tomography),通过量化分析非小细胞肺癌患者的体位变化情况,为在SBRT治疗时形成合理的计划靶体积PTV外放边界提供依据。

1 材料与方 法

1.1 患者资料 笔者选取2013年3月~2014年2月共10例非小细胞肺癌并接受SBRT的患者,全部患者均采用低温热塑膜固定。其中男性8

例, 女性2例。

1.2 治疗方法 所有患者均采用ELEKTA Synergy 加速器进行SBRT治疗, 同时在每次治疗前, 均使用ELEKTA公司的IGRT系统即XVI(X-ray volume images)工作站进行图像采集。其图像采集参数: 机架扫描旋转角度 360° , 速度 $180\text{deg}/\text{min}$, 电压: 120KV , 电流: 40mA , M20准直器, F0过滤板, 单次扫描剂量是 $20\text{mGy}\sim 22\text{mGy}$, 每次扫描可采集660帧图像, 图像重建矩阵数为: 512×512 。同时固定装置与治疗床采用硬连接, 记录首次复位后的床值, 保证重复摆位准确。取其仰卧位进行CT模拟定位, CT为Philips16排CT, 采用 5mm 薄层扫描, CT扫描后将图像传输至Oncentra治疗计划系统进行计划设计^[4]。每例患者在治疗前将计划CT图像传至KV-CBCT成像的工作站上(图1-3), 作为该系统图像配准的参考图像。在进行CT定位时, 在患者的体表热塑膜的上下两端用记号笔标记两条线, 以保证患者重复摆位的准确。在患者行KV-CBCT扫描前, 需要人工选取计划CT影像配准的范围作为Clipbox(患者需要进行图像配准的区域)的范围, 此次图像配准参考的解剖结构为治疗靶区等中心所在层面的椎体和肋骨。患者完成摆位后, 进行首次KV-CBCT扫描, 得到冠状、矢状和横断面的图像, 将获得的图像与计划的CT图像进行基于骨性结构的自动图像配准(图4-6), 得出患者在左右(left-right, LR), 头脚(superior-inferior, SI)和前后(anterior-posterior, AP)三个方向上的摆位误差数据, 若某一方向上的误差 $>2\text{mm}$, 则移动治疗床进行误差调整, 调整后再次进行KV-CBCT扫描, 将获得

的图像与计划的CT图像进行再次配准, 并给予校正。所有进入研究的患者, 每次治疗均重复上述过程。所有患者的单次平均治疗时间为: $(20.5\pm 2.3)\text{min}$ 。所有患者治疗的剂量分割情况是 $50\text{Gy}/5\text{f}$ 。

1.3 统计方法 采用SPSS 13.0(SPSS Inc., Chicago, USA)软件分析患者在进行SBRT治疗前左右, 头脚和前后方向上的摆位误差, 根据Stroom等^[5,6]的定义: 个体系统误差以该患者每次摆位误差平均值表示, 个体随机误差以该患者每次摆位误差标准差表示; 个体系统误差和随机误差均数分别表示群体系统误差和随机误差。其中 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

千伏级锥形束CT引导非小细胞肺癌立体定向放疗在校正前的摆位误差在LR, SI和AP上分别为: $(0.34\pm 0.21)\text{cm}$, $(0.47\pm 0.17)\text{cm}$ 和 $(0.37\pm 0.19)\text{cm}$ 。校正后的摆位误差在LR, SI和AP上分别为 $(0.09\pm 0.14)\text{cm}$, $(0.11\pm 0.15)\text{cm}$ 和 $(0.06\pm 0.12)\text{cm}$ 。根据vanHerk等^[5,6]摆位扩边公式 $M_{\text{ptv}}=2.5\Sigma+0.7\sigma$, 计算得出X、Y、Z 方向的 M_{ptv} 值分别为X为 0.41cm , Y为 0.58cm , Z为 0.43cm , 见表1。

3 讨 论

放射治疗是目前非小细胞肺

癌的主要治疗手段之一, 在放疗过程中, 利用功能影像与CT解剖影像相结合, 不但提高了肿瘤靶区的勾画精度, 而且, 还能利用功能影像显示的靶区细胞的生物学特性, 进行生物功能图像引导的剂量雕刻治疗, 这是放射治疗发展过程的一个重要转折点。对局部晚期非小细胞肺癌而言, 采用累及野照射的方式优于选择性淋巴结照射^[7]。利用4D-CT图像引导的个体化靶区勾画、锥形束CT图像引导放疗和自适应放疗技术的应用, 进一步提高了非小细胞肺癌放疗的精度, 可望减少放射性肺炎等正常组织损伤、提高肿瘤控制率和改善疗后生存质量。图像引导下放射治疗(image-guided radiotherapy, IGRT)是在三维放疗技术的基础上加入了时间因数的概念^[8], 在分次治疗摆位时(或)治疗中采集图像和(或)其他信号, 引导并监测和校正放疗时肿瘤和正常组织运动引起的误差, 实时监测肿瘤或其标志物^[9], 经过逐步调节使放射治疗实际照射情况接近理想的放疗计划状态, 实现高精度的放射治疗。KV-CBCT的图像自动配比过程是采用最大共有信息算法, 取决于患者的骨性标记^[10]。同时, 非小细胞肺癌的患者存在呼吸运动, 心脏跳动等不可避免的生理运动, 如果能采用呼吸门控技术, 那么患者的摆位误差有可能会进一步减小。

在本研究中, 校正前在头脚方向上即Y方向上的误差最大, 最为可能的原因是患者随着治疗时

表1 8例患者校正前后摆位误差比较

轴位	校正前摆位误差	校正后摆位误差
X (cm)	0.34 ± 0.21	0.09 ± 0.14
Y (cm)	0.47 ± 0.17	0.11 ± 0.15
Z (cm)	0.37 ± 0.19	0.06 ± 0.12

注: X表示左右方向, Y表示头脚方向, Z表示前后方向

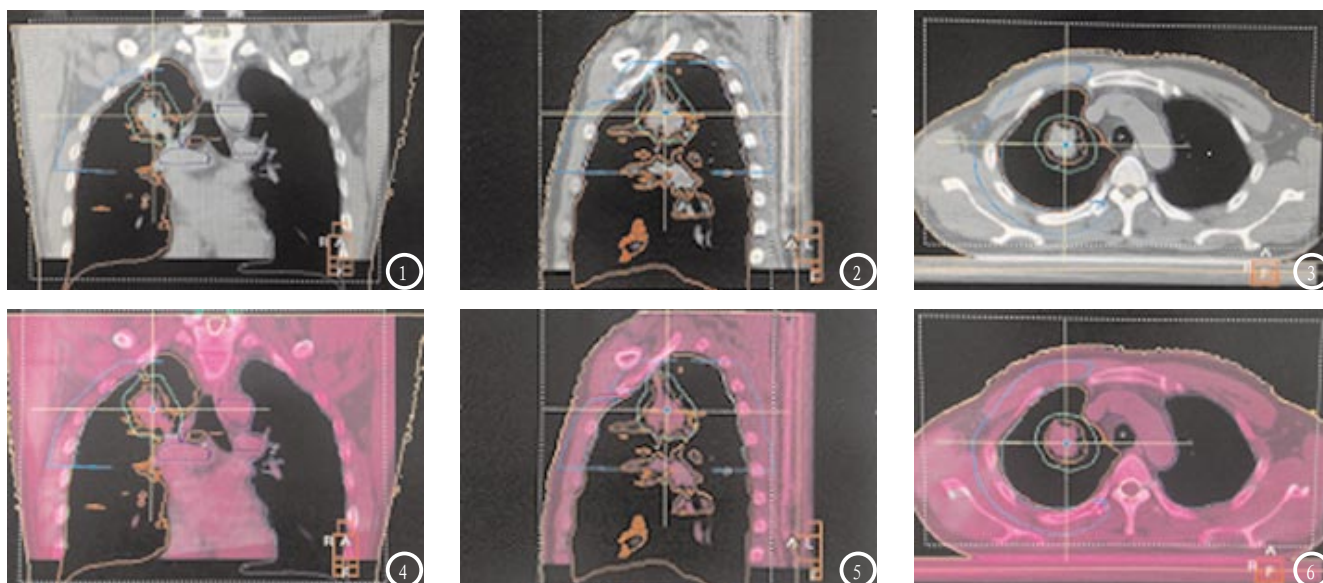


图1-3为计划CT图像。图4-6为X线容积图像与计划CT图像匹配后的图像。

间的延长,皮肤标记的模糊以及其体重的减少,而且由于胸部呈圆筒状且皮下脂肪比较多,使得其身体与热塑膜之间的相对位置很难保持一致,误差也随着治疗时间的延长而变大,应加强后期的监测^[11]。因为KV-CBCT在直线加速器上的应用,显著提高了图像引导放疗的精度,而且该系统的射线利用率较高,患者接受的射线剂量较少,所以PTV的外放边界可以适当缩小。

本次研究采用ELEKTA Synergy加速器的机载的KV-CBCT图像引导系统,通过其对放疗摆位中出现的误差的在线测量,分析了非小细胞肺癌进行SBRT治疗时的摆位误差,提高了放射治疗的精确性,降低了周围正常组织的剂量受量,充分保护了正常组织,降低了SBRT的副反应,为临床确定SBRT治疗的PTV的外放边界提供依据和参考。综合多种因素,非小细胞肺癌立体定向放疗PTV外放边界应为0.6cm。

参考文献

- [1] 夏廷毅. SBRT临床应用结果的思考[J]. 医疗装备杂志, 2009, 22(7): 1-5.
- [2] 张雪, 高媛, 许庆勇. 立体定向放射治疗 I 期非小细胞肺癌的临床研究进展[J]. 实用肿瘤学杂志, 2014, 28(5): 460-464.
- [3] 王艳阳, 傅小龙, 夏冰, 等. 肺癌锥形束CT图像引导放疗最优图像配准方法的筛选与评价[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(1): 61-64.
- [4] Rietzel E, Pan T, Chen GT, et al. Four dimensional computed tomography image formation and clinical protocol[J]. MedPhys, 2005, 32(4): 874-889.
- [5] Stroom JC1, de Boer HC, Huizenga H, et al. Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 1999; 43(4): 905-919.
- [6] Stroom JC, Heijmen BJ. Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report. Radiother Oncol. 2002; 64(1): 75-83.
- [7] 郭庆志, 吴梅娜, 安彤同, 等. 322例非小细胞肺癌骨转移临床特点及治疗的回顾性分析[J]. 中国肺癌杂志, 2014, 17(9): 656-662.
- [8] Nagata M, Kudoh S, Mitsuoka S, et al. Skeletal-related events in advanced lung adenocarcinoma patients evaluated EGPR mutations[J]. Osaka City Med J, 2013, 59(1): 45-52.
- [9] 戴建荣, 胡逸民. 图像引导放疗的实现方式[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(2): 132-135.
- [10] 于金明, 袁双虎. 图像引导放射治疗研究及其发展[J]. 中华肿瘤杂志, 2006, 28(2): 81-83.
- [11] Nguyen NP, Kratz S, Chi A, et al. Feasibility of image-guided radiotherapy and concurrent chemotherapy for locally advanced nonsmall cell lung cancer. Cancer Invest. 2015; 33(3): 53-60.

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2016-01-12