

论著·临床研究

基于 CBCT 探究 2 种固定方式在肺癌调强放疗的精确度

吴其弟¹, 潘 燧^{2△}, 李俊铭³

(广东省人民医院/广东省医学科学院放射治疗科, 广东 广州 510000)

[摘要] **目的** 利用锥形束 CT(CBCT)研究肺癌患者调强放疗时应用多模块板外加背托、臀托及臂托辅助定位的优势。**方法** 回顾性分析 2016 年 1 月至 2021 年 6 月该科使用体膜外加普通体板固定及体膜+多模块体板(臀托、背托及臂托)固定肺癌患者行调强放疗治疗时的摆位数据。分别收集 2 种固定方式在治疗前及治疗期间 CBCT 拍摄的验证图像与定位时的 CT 图像进行匹配的验证数据。分别统计其 X(左右)、Y(头脚)、Z(腹背)轴 3 个方向的误差数据,并进行统计分析。**结果** 360 例患者共收集 1 863 幅 CBCT 图像数据。普通体板外加体膜固定及多模块体板固定在首次治疗前的摆位误差数据分别为左右方向(1.01 ± 2.28)mm 和 (0.18 ± 1.37)mm、头脚方向(0.91 ± 2.78)mm 和 (0.65 ± 2.03)mm、腹背方向(1.58 ± 1.80)mm 和 (0.74 ± 1.57)mm。其中在腹背方向差异有统计学意义($P < 0.001$)。治疗期间的摆位误差数据分别为左右方向(0.02 ± 1.83)mm 和 (0.01 ± 2.13)mm、头脚方向(0.51 ± 2.76)mm 和 (0.30 ± 2.20)mm、腹背方向(0.57 ± 1.59)mm 和 (0.39 ± 1.22)mm。其中腹背方向、左右方向比较,差异有统计学意义($P = 0.020, 0.009$)。**结论** 多模块体板外加背托、臀托及臂托辅助定位固定的肺癌调强放疗的患者相对于普通体板固定能够提高摆位精度,特别能减少腹背方向的摆位误差。

[关键词] 锥形束 CT; 肺癌调强放疗; 体板; 多模块体板; 摆位误差

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2023.05.017 **中图法分类号:**R730.8

文章编号:1009-5519(2023)05-0798-04 **文献标识码:**A

**Exploring the accuracy of two fixation methods in intensity modulated
radiotherapy for lung cancer based on CBCT**

WU Qidi¹, PAN Yi^{2△}, LI Junming³

(Department of Radiation Therapy, Guangdong Provincial People's Hospital/Guangdong
Academy of Medical Sciences, Guangzhou, Guangdong 510000, China)

[Abstract] **Objective** To study the advantages of multi-module plate plus back, hip and arm support in intensity modulated radiotherapy for lung cancer patients by conical beam CT (CBCT). **Methods** The position data of patients with lung cancer who received intensity modulated radiotherapy from January 2016 to December 2021 were analyzed retrospectively when they were fixed with body membrane plus ordinary body plate and body membrane plus multi-module plate (hip, back and arm support). The verification data of the matching between the verification images taken by CBCT before and during the treatment and the CT images at the time of positioning were collected respectively. The error data of X (left and right), Y (head and foot) and Z (abdominal and dorsal) axis were respectively collected, and statistical data were analyzed. **Results** A total of 1 863 CBCT images were collected from 360 patients. The positioning errors of conventional body plate with external body membrane fixation and multi-module fixation before the first treatment were (1.01 ± 2.28) mm and (0.18 ± 1.37) mm in the left and right direction, (0.91 ± 2.78) mm and (0.65 ± 2.03) mm in the head and foot direction, and (1.58 ± 1.80) mm and (0.74 ± 1.57) mm in the abdominal and dorsal direction, respectively. The difference in the abdominal and dorsal direction was statistically significant ($P < 0.001$). The positioning errors during the treatment were (0.02 ± 1.83) mm and (0.01 ± 2.13) mm in the left and right direction, (0.51 ± 2.76) mm and (0.30 ± 2.20) mm in the head and foot direction, and (0.57 ± 1.59) mm and (0.39 ± 1.22) mm in the abdominal and dorsal direction, respectively. There were significant differences in the direction of abdominal and dorsal, left and right ($P = 0.020, 0.009$). **Conclusion** Multi-module

plate plus back support, hip support and arm support assisted positioning fixation for lung cancer patients with intensity modulated radiotherapy can improve the positioning accuracy, especially reduce the positioning error in the abdominal and dorsal direction.

[Key words] Conical beam CT; Intensity modulated radiotherapy for lung cancer; Body plate; Multi-module body plate; Positioning error

肺癌现位居我国恶性肿瘤发病首位。2020 年全球癌症流行病学调查显示,肺癌是全世界发病率第二和死亡率第一的恶性肿瘤。2015 年我国新发肺癌病例约为 78.7 万例,发病率为 57.26/10 万,中标率为 35.96/10 万^[1]。现阶段放疗是治疗肺癌的关键方法之一。随着放疗技术的发展,体位的固定技术也在不断地提高和改善。“三高一低”,即高精度、高剂量、高治疗增益比^[2]已成为放疗工作中追求的方向。本次回顾性研究的目的是分析多模块板+臂托、背托和臀托辅助定位在肺癌放疗中的优势。本文所述的多模块板是一种有插槽的体板,可在其上组装定位时所需的组件。计算其相对应靶区外扩,为临床的治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2016 年 1 月至 2021 年 6 月在本科收治经组织病理确诊的肺癌患者共 360 例,所有患者均采用调强放疗。其中男 301 例,女 59 例;年龄 31~79 岁,中位年龄 59 岁。按照国际抗癌联盟第八版 TNM(tumor node metastasis)分期标准^[3],其中 III 期 41 例,II 期 99 例,I 期 220 例。卡氏评分(KPS 评分)平均 75 分。无放疗绝对禁忌证。腺癌 221 例,鳞癌 139 例。其中普通体板外加体膜固定的患者 182 例,患者取仰卧位于体板之上,双手上举交叉后握于头侧的抓棍。自然呼吸下采用热塑性体膜连接体板固定胸部。多模块体板外加体膜固定的患者共 178 例。所谓多模块板是指普通体板通过凹槽固定外加的肩托、背托及臀托泡沫垫模块。患者取仰卧位于背托之上,双手上举自然搭在肩托上后握于头侧抓棍,双腿搭于臀托之上,自然呼吸下采用热塑性体膜连接体板固定胸部。

所有患者均接受调强放疗。其中共收集普通体板的锥形束 CT(CBCT)摆位验证图像 954 幅,治疗期间的图像 742 幅。多模块板的 CBCT 图像共 909 幅,其中治疗期间的图像共 717 幅。

1.2 方法

1.2.1 CT 定位扫描 定位时 182 例患者采用仰卧位,平躺于定位板上,双手上举交叉握于上方抓棍。头自然平卧于标准头枕上。在水平面激光灯位于腋中线,矢状面激光灯位于体中线,横断面激光灯位两乳头连线附近,3 个激光线的交点处标记皮肤上的原

点。使用热塑性体膜固定,15 min 热塑体膜冷却固定后,贴上定位铅点,标注为 CT 扫描的原点。另外 178 例患者仰卧多模块板背托上,双臂上举自然搭于臂托握住上方抓棍,双腿自然搭于臀托上,臀托、背托及肩托固定于多模块板上,其他固定方式一样。均采用 GE 大孔径 CT 定位,扫描层厚为 2.5 mm,重建层厚 2.5 mm。扫描上界至下颌骨,下界至第二腰椎下。扫描结束后均传至 VARIAN Eclipse 计划系统由主治医师和主任医师共同勾画靶区和危及器官,再由物理师设计行调强放疗计划设计。设计好的计划必须经主管医生确认及上机前的剂量验证后方可执行。

1.2.2 图像及数据采集、计算计划靶区外扩 两组患者均采用二次摆位技术即首先将患者定位时皮肤标记的原点对好激光灯,套膜后再移床到治疗点。首次治疗及治疗期间均采用 CBCT 进行验证,拍摄验证片。扫描电压为 80 kV,扫描电流为 25 mA,采用 Half Full Fan Bow-Tie 滤过板,扫描角度为 181°~179°。拍完验证片后与 CT 定位的图像行系统的灰度匹配校准。匹配范围包括整个 CBCT 拍摄的范围。对其匹配的结果收集其 X(左右)、Y(头脚)、Z(腹背)轴 3 个方向的误差数据。治疗期间每周行 1 次 CBCT 验证。也同样收集以上 3 个方向的数据。

收集不同固定方式下首次 CBCT 的摆位误差数据,分析患者 CT 定位后到上机治疗的重复性。首次 CBCT 后,主管医生会根据图像调整,拟合合适的误差。治疗师在拟合后的误差下标记以后的治疗点。治疗期间,治疗师通过对激光灯与治疗点重合确定治疗位置。收集治疗期间的 CBCT 数据,观察不同固定方式的治疗期间的摆位重复性。

分别计算两组固定方式的各个方向的系统误差标准差(Σ)和随机误差标准差(σ)并根据 VAN HERK 等^[4]的推理公式[靶区外扩值(PTV)= $2.5\Sigma-0.7\sigma$]计算相对应的 PTV,其中: Σ 代表系统误差,即所有误差的平均值; σ 代表随机误差,即分次摆位误差的标准差^[5]。

1.3 统计学处理 采用 SPSS20.0 对两组定位方式的统计数据进行分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 种固定方式摆位误差数据比较 首次 CBCT

普通体板在腹背、头脚、左右 3 个方向的摆位误差为 (1.58±1.80)、(0.91±2.78)、(1.01±2.28)mm, 臂托、多模块体板固定的摆位误差为 (0.74±1.57)、(0.65±2.03)、(0.18±1.37)mm。见表 1。治疗期间普通体板在腹背、头脚、左右 3 个方向的摆位误差为 (0.57±1.59)、(0.51±2.76)、(0.02±1.83)mm, 多模块体板固定的摆位误差为 (0.39±1.22)、(0.30±2.20)、(0.01±2.13)。见表 2。

2.2 2 种固定方式的 PTV 比较 普通体板的 PTV 边界经计算在腹背、头脚、左右方向为 3.41、4.94、3.82 mm, 见表 3。多模块体板固定的 PTV 边界为 2.25、3.81、2.85 mm, 见表 4。

表 1 治疗前首次 CBCT 摆位误差情况 ($\bar{x}\pm s$, mm)

项目	腹背方向	头脚方向	左右方向
普通体板	1.58±1.80	0.91±2.78	1.01±2.28
多模块体板	0.74±1.57	0.65±2.03	0.18±1.37
<i>t</i>	-6.60	0.55	-1.62
<i>P</i>	<0.001	0.273	0.160

表 2 治疗期间 CBCT 摆位误差情况 ($\bar{x}\pm s$, mm)

项目	腹背方向	头脚方向	左右方向
普通体板	0.57±1.59	0.51±2.76	0.02±1.83
多模块体板	0.39±1.22	0.30±2.20	0.01±2.13
<i>t</i>	-2.33	-1.60	-2.61
<i>P</i>	0.020	0.108	0.009

表 3 普通体板各个方向的 Σ 和 δ

方向	Σ	δ	PTV 边界
腹背	1.04	1.15	3.41
头脚	1.58	1.41	4.94
左右	1.23	1.07	3.82

表 4 多模块体板各个方向的 Σ 和 δ

方向	Σ	δ	PTV 边界
腹背	0.76	0.50	2.25
头脚	1.23	1.05	3.81
左右	0.94	0.71	2.85

3 讨 论

机器与计算机的逐步的精确放疗时代, 放疗疗效受摆位误差影响的特点越发明显^[6]。摆位误差相比放疗的靶区勾画、计划设计对精确治疗的影响更大^[7]。因此提高摆位技术, 减少摆位误差是提高放疗精度最有效的手段。本研究肺癌调强放疗时, 受呼吸影响大, 周围危及器官多, 容易产生放射性肺炎等特

点, 放疗过程中的摆位误差因素具体表现在以下几个方面: (1) 由于呼吸、心跳及大血管波动、体形的变化等会导致胸部轮廓的改变, 造成分次治疗间的误差^[8]; (2) 患者定位时未在一个舒适自然的体位, 导致治疗时很难重复回定位时的位置; (3) 皮肤定位原点活动度大, 造成治疗师重复摆位的困难。本文通过回顾性分析本科使用过的 2 种肺癌调强放疗的固定方式。从以上 3 个方面对 2 种固定方式首次摆位误差及治疗期间的摆位误差进行分析, 探究多模块体板外加臂托、背托及臀托辅助体膜固定的优势, 计算该特异性固定方式下的摆位误差、系统误差和随机误差, 并以此为基础分析最终的 PTV 边界反馈于临床。最终达到提高治疗疗效及减少并发症^[9]的目的。

本研究多模块体板在肺癌放疗时采用臂托、臀托及背托外加体膜的固定方式。首先, 由表 1、2 可知, 其在各个方向的摆位误差均值均要小于普通体板外加体膜的固定方式。在首次 CBCT 验证及治疗期间, 腹背方向的摆位误差均小于普通体板固定的患者且有统计学差异。作者分析, 由于患者定位和治疗期间双手需上举抓棍, 保持这样的姿势直到定位或单次放疗结束, 当患者长时间保持这样的姿势时会使患者手臂酸痛, 常常会不自觉挪动身体。特别是定位时体膜冷却时间都要大于 15 min。臀托为上举的双手提供一个支撑, 提高了患者的舒适度, 从而提高了皮肤上标记的定位原点的稳定性。这与何叶等^[10]的研究结果是一致的, 特别是腋中线附近的定位原点(腹背方向)受双臂活动度的影响较大, 更能从中获益。其次, 现多数研究表明, 放疗分次间误差, 体部可达 5~40 mm。因此, 对两组体板固定方式的肺癌患者治疗期间的摆位误差数据进行分析, 发现只在头脚方向无统计学差异, 作者认为多模块体板外加臂托、背托及臀托的辅助定位, 其在 3 个方向都应该是优于普通体板的, 但由于肺癌的呼吸活动引起的误差主要是头脚方向且没有相对应的呼吸门控设施, 是导致该方向无统计学差异的主要原因。通过计算前后 2 种固定方式的系统误差和随机误差, 计算相应的 PTV 边界。多模块体板加臂托、臀托及背托辅助定位的固定方式在各个方向都要小于单纯体板加体膜的固定方式, 这与作者的判断是吻合的。综上所述, 多模块体板加臂托、背托及臀托辅助定位的肺癌调强放疗相对普通体板, 具有分次间治疗重复性高, 腹背方向误差差异小和 PTV 边界小等特点。

从舒适度角度来分析, 相对于普通体板, 作者认为多模块体板用于肺癌调强放疗固定时, 其背托、臀托及臂托采用泡沫垫的材料, 当患者躺在这些相对单纯体板有一定弹性的材料上定位放疗时, 提高了患者

的舒适度。且在患者的身高差异方面,使用臀托垫腿时,作者及同事们都会将臀托移到臀部处并记下相应的刻度,臀托的最高点位于膝关节处。不同身高的患者对应不同的刻度,具有个体差异性,这些因素都提高了摆位精度。

目前,有发泡胶、负压真空袋等辅助固定方式应用于肺癌调强放疗^[11-12]用来减少摆位误差。真孔袋在头脚方向的固定一直是短板,长期使用存在漏气、变形^[13]的风险。发泡胶固定时自动发泡填充一体成型,相对于真空袋不会对人体形成牵拉^[14]。但二者均相对于普通体板外加体膜固定都增加了患者的费用。本文多模块体板相对于发泡胶、负压真空垫等辅助定位方式,具有重复性高、易操作、易存放等特点,在不提高患者治疗费用的前提下,相比普通体板固定提高了摆位精度和重复性。对于个体化塑形制膜的发泡胶及真空垫,其在摆位误差上是否对多模块体板固定的患者存在统计学差异将是未来研究的重点。现阶段对于本科室及在使用该同样固定方式的其他同行科室,臀托、背托及臀托的辅助定位优于常规的普通体板定位。当使用前者定位调强放疗时,作者建议临床医生在勾画肺癌的 PTV 边界时可选择腹背、头脚及左右方向上为 3、4、3 mm。

参考文献

- [1] 郑荣寿,孙可欣,张思维,等. 2015 年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志,2019,41(1):19-28.
- [2] BENEDICT S H, YENICE K M, FOLLOWILL D, et al. Stereotactic body radiation therapy[J]. *Med Phys*, 2010, 37(8):4078-4100.
- [3] 崔鹤滕,冀寿健,徐倩,等. 国际抗癌联盟-美国癌症联合委员会第七版与第八版肺癌分期系统对肺神经内分泌肿瘤预后价值的验证[J]. 癌症进展,2019,17(22):2676-2681.
- [4] MONGIOJ V, ORLANDI E, PALAZZI M, et al. Set-up errors analyses in IMRT treatments for nasopharyngeal carcinoma to evaluate time-trends, PTV and PRV margins[J]. *Acta Oncologica*, 2011, 50(1):61-71.
- [5] 秦亮,赵迪. 红外定位系统在胸上段食管癌放射治疗中应用[J]. 生物医学工程与临床,2020,24(5):565-569.
- [6] VAN-HERK M. Different styles of image-guided radiotherapy[J]. *Semin Radiat Oncol*, 2007, 17(4):258-267.
- [7] HUNT M A, KUTCHER G J, SUMON C, et al. The effect of setup uncertainties on the treatment of nasopharynx cancer[J]. *Int J Rad Oncol Biol Phys*, 1993, 27(2):437-447.
- [8] 李云,王凡. 3 种配准方式下肺癌图像引导放射治疗摆位误差的比较[J]. 安徽医学,2019,40(6):603-605.
- [9] 李志聪,李陆军,向昭雄,等. 鼻咽癌 IMRT 两种不同体位固定方法的摆位误差分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2016,25(3):226-227.
- [10] 何叶,许青,胡晓钰,等. 基于 CBCT 影像研究胸部肿瘤放疗中手臂位置对于摆位及治疗的影响[J]. 中国癌症杂志,2019,29(12):961-964.
- [11] 刘美月,刘建平,胡万宁,等. 联合体位固定技术在肺癌放射治疗中的应用研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,2018,38(11):830-835.
- [12] 张英婷,刘炳忠,陈文芬,等. 聚氨酯发泡胶结合翼板个体化塑形与负压真空袋固定肺癌放疗摆位精度比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2018,27(3):299-302.
- [13] 陈炫光,刘慧,姚文燕,等. 探讨全身型真空袋在胸腹部肿瘤放疗体位固定中的优势[J]. 肿瘤预防与治疗,2021,34(1):70-74.
- [14] 杨瑾,周常锋,房建南,等. 基于 CBCT 探究聚氨酯发泡胶与负压真空垫在前列腺癌调强放疗中体位固定的精确度[J]. 岭南急诊医学杂志,2019,24(1):47-49.

(收稿日期:2022-06-01 修回日期:2022-10-15)