

头部立体放射治疗中两种固定方式的精度比较

王美娇,周舜,岳海振,于松茂,吴昊,王海洋,张艺宝

北京大学肿瘤医院暨北京市肿瘤防治研究所放疗科/恶性肿瘤发病机制及转化研究教育部重点实验室,北京 100142

【摘要】目的:比较双面网和单面网两种固定方式对头部立体定向放射治疗病例摆位精度的影响。**方法:**选取40例头部立体定向放射治疗患者,分为对照组(传统单面网固定)和试验组(新型双面网固定)。获取患者治疗前锥形束CT图像,记录按照骨性标志配准误差并进行统计学分析。**结果:**两组摆位误差在左右(Lat)、进出(Lng)、升降(Vrt)、俯仰(Pitch)、翻转(Roll)、旋转(Rtn)各方向平均数±标准差表示为:对照组(0.26±0.15) cm、(0.13±0.10) cm、(0.19±0.13) cm、(1.40±0.75)°、(1.31±0.65)°、(1.00±0.60)°;试验组(0.07±0.08) cm、(0.14±0.13) cm、(0.09±0.09) cm、(0.73±0.62)°、(0.72±0.58)°、(0.66±0.52)°。两组数据使用曼恩-惠特尼U检验,Lat、Vrt、Pitch、Roll、Rtn方向有统计学差异($P<0.05$),Lng方向无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**相对于单面网,双面网固定方式在头部立体定向放射治疗中减小了患者的摆位误差,提高了治疗精度,可使患者获益。

【关键词】立体定向放射治疗;摆位误差;单面网;双面网

【中图分类号】R811.1;R312

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2020)03-0270-03

Comparison of setup accuracy between two immobilization techniques in stereotactic body radiotherapy for head cancer

WANG Meijiao, ZHOU Shun, YUE Haizhen, YU Songmao, WU Hao, WANG Haiyang, ZHANG Yibao

Key Laboratory of Carcinogenesis and Translational Research (Ministry of Education/Beijing)/Department of Radiotherapy, Peking University Cancer Hospital & Institute, Beijing 100142, China

Abstract: Objective To compare the differences of setup accuracy in stereotactic body radiotherapy for head cancer using two different immobilization techniques, namely single shell positioning system (SSPS) and double shell positioning system (DSPS). **Methods** Forty patients treated with stereotactic body radiotherapy for head cancer were divided into two groups and then immobilized with SSPS (control group) and DSPS (experimental group). After that the pre-treatment cone beam CT images were obtained, the setup errors were acquired through image registration based on bony landmarks for statistical analysis. **Results** The setup errors ($Mean\pm SD$) in lateral (Lat), longitudinal (Lng), vertical (Vrt), Pitch, Roll and rotation (Rtn) directions in control group were (0.26±0.15) cm, (0.13±0.10) cm, (0.19±0.13) cm, (1.40±0.75)°, (1.31±0.65)° and (1.00±0.60)°, respectively, and those in experimental group were (0.07±0.08) cm, (0.14±0.13) cm, (0.09±0.09) cm, (0.73±0.62)°, (0.72±0.58)° and (0.66±0.52)°, respectively. The results of Mann-Whitney U test showed that there were statistical differences between two groups in Lat, Vrt, Pitch, Roll and Rtn directions ($P<0.05$), but not in Lng direction ($P>0.05$). **Conclusion** Compared with SSPS, DSPS reduces the setup errors in stereotactic body radiotherapy for head cancer and improves treatment accuracy, thereby bringing benefits to patients.

Keywords: stereotactic body radiotherapy; setup error; single shell positioning system; double shell positioning

【收稿日期】2019-09-03

【基金项目】首都卫生发展科研专项(首发2018-4-1027);北京市自然科学基金(7172048, 1184014);教育部科技发展中心产学研创新基金-“智融兴教”基金(2018A01019);国家自然科学基金(11505012);四川省科技计划资助项目(2018HH0099);北京市属医院科研培育计划项目(PX2019042, PX2016060);北京市医院管理局“青苗”计划专项经费(QML20171104)

【作者简介】王美娇,硕士,助理工程师,研究方向:医学物理, E-mail: 18301663962@163.com

【通信作者】张艺宝,博士,高级工程师,硕士生导师,研究方向:医学物理, E-mail: ybzhang66@163.com

前言

立体定向放射治疗过程中,患者摆位的精确性和重复性决定了剂量投递的准确性^[1-4]。较大的摆位误差不仅能够影响靶区剂量的覆盖率^[5-7],同时可以导致周围正常组织的受照剂量和辐射损伤风险的增加^[8]。为减少摆位误差的剂量学影响,提高患者摆位的重复性,在头部立体定向放射治疗过程中,临床上多采用热塑网对患者头部进行固定^[9-11]。常见的热塑头网固定方式分为单面网方式(Single Shell Positioning System, SSPS)与双面网方式(Double

Shell Positioning System, DSPS)两种,其中前者配合固定头枕一起使用,后者使用可支撑头部的个性化头网替代固定头枕^[12]。除此之外,DSPS方式由于塑形时牵拉较少,其冷却后不易变形,在一定程度上提高了患者头颈部的舒适性,保证了摆位重复性,同时缓解了由患者不舒适引起的焦虑情绪^[13]。为明确两种固定方式对摆位误差的影响,进一步提高头部立体定向放射治疗的精确性,本研究通过比较两种固定方式下患者治疗前在线获取的锥形束CT(Cone Beam CT, CBCT)与定位CT图像的三维配准结果^[14-15],分析两组固定方式对头部立体放射治疗摆位精度的差异。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取40例头部立体放射治疗患者,均签署知情同意书。其中男27例,女13例。入组条件:患者意识清醒,能够自主运动,无蓄留长发。该试验按照固定方式不同,随机分为单面网固定组和双面网固定组,其中双面网固定组为试验组,传统单面网固定组为对照组。治疗体板均采用Orfit碳纤维治疗床板,且床板与Varian IGRT 六维治疗床相对固定。两组患者均采用仰卧位。单面网制作过程中,根据患者舒适度选择相对应的标准头枕;双面网制作中,根据患者头颈部轮廓制作个体化的塑形头网。

1.2 CBCT 图像获取及配准

在Varian Edge加速器上,患者治疗前行CBCT扫描,扫描条件为100 kV、150 mAs^[16]。扫描完成后,按照Lat(左右)、Lng(进出)、Vrt(升降)、Pitch(俯仰,即沿人体长轴头脚方向的倾斜)、Roll(翻转,沿身体长轴方向的旋转)、Rtn(旋转,沿身体水平方向的旋转)对图像按照骨性标志进行三维刚性配准,配准区覆盖CBCT图像中全部头盖骨。配准结果代表摆位误差结果,所有取值均取绝对值,不考虑方向问题。

1.3 统计学方法

对6个维度的配准误差绝对化后利用SPSS 25.0进行统计学分析。数据呈非正态性分布,使用曼恩-惠特尼U检验, $P<0.05$ 差异为有统计学意义。

2 结果

不同固定方式下摆位误差结果见表1。经曼恩-惠特尼U检验,两种固定方法在Lat、Vrt、Pitch、Roll、Rtn方向的差异有统计学意义($P<0.05$),而在Lng方向上无统计学差异($P=0.808$)。其中在各个旋转方向(Pitch、Roll、Rtn)上,双面网组误差显著小于单面网

组,其中Pitch方向平均值减少 0.67° ,Roll方向平均值减少 0.59° ,Rtn方向平均值减少 0.34° ;在Lat、Vrt线性方向上,双面网组误差显著小于单面网组,其中Lat方向减少0.19 cm,Vrt方向减少0.10 cm。图1展示了两组固定方式摆位误差的分布情况,其中横线代表中位数,箱图的上下界分别代表上、下四分位数。

表1 不同固定方式下摆位误差比较($n=20, \bar{x} \pm s$)
Tab.1 Comparison of setup errors in different immobilization groups ($n=20, \text{Mean} \pm SD$)

| 方向 | 单面网固定组 | 双面网固定组 | P 值 |
|---------|-----------|-----------|-------|
| Lat/cm | 0.26±0.15 | 0.07±0.08 | 0.000 |
| Lng/cm | 0.13±0.10 | 0.14±0.13 | 0.808 |
| Vrt/cm | 0.19±0.13 | 0.09±0.09 | 0.000 |
| Pitch/° | 1.40±0.75 | 0.73±0.62 | 0.000 |
| Roll/° | 1.31±0.65 | 0.72±0.58 | 0.000 |
| Rtn/° | 1.00±0.60 | 0.66±0.52 | 0.007 |

Lat:左右;Lng:进出;Vrt:升降;Pitch:俯仰,即沿人体长轴头脚方向的倾斜;Roll:翻转,沿身体长轴方向的旋转;Rtn:旋转,沿身体水平方向的旋转

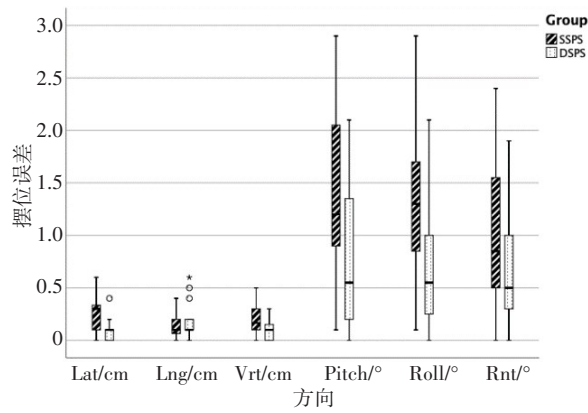


图1 两组固定方式摆位误差的分布情况
Fig.1 Distribution of set-up errors using two immobilization techniques

3 讨论

本研究比较两种不同固定方式对于头部立体定向放射治疗摆位精度的影响,结果提示双面网由于其个体化的塑形特点提高了头部放疗摆位的Lat、Vrt、Pitch、Roll、Rtn方向的精确性,这与Meunier等^[17]研究结果存在部分一致性。不同之处在于,前研究指出双面网提高了Pitch方向的摆位精度,但没有提高Roll、Rtn方向的摆位精度。放疗摆位过程中,旋转方向的误差也会影响线性方向的误差,从而降低摆位的精确性^[18-19]。

在双面网的制作过程中,本研究强调了前侧面网与鼻骨、眼眶限等面部轮廓的贴合度,同时强调后侧枕网对枕骨附近骨性标志的塑形。这些塑形后的面网轮廓提高患者头枕部位置的重复性,增加了患者的舒适性,缩小了旋转方向的误差。另一方面,由于双面网在冷却完成后回缩较小,因此其结构相对稳定,这也间接提高了摆位的重复性及舒适性^[20]。

本研究结果中,两种固定方式下Lng线性方向的摆位误差未见统计学差异,但其误差幅度均相对较大。在头部摆位误差的研究中,Oh等^[10]指出使用二维kV影像配准,Lng的摆位误差高于其他线性方向,Lng方向PTV需扩大至0.35 cm。另一方面,Meunier等^[17]研究指出传统单面网固定Lng的摆位误差为(0.23±0.21) cm,双面网固定Lng的摆位误差为(0.07±0.15) cm,幅度与本研究相近,说明双面网固定在Lng方向可达到较高的摆位精度。在头部放疗摆位过程中,患者在仰卧位下Lng方向调整较为困难。究其原因是因为在仰卧位时体位的调整主要依靠患者自主的挪动。在患者自主运动过程中,其颈部曲度变化较大,下颌骨难以固定,这些变化不仅影响了头部的旋转误差,同时间接影响了Lng等线性方向的误差^[21]。有研究表明提高面网与患者面部的贴合度,个性化设计头部支撑装置,可进一步缩小患者摆位误差^[17]。

综上所述,相对于单面网,双面网在头部立体定向放射治疗中减小了患者的摆位误差,提高了治疗精度,对保证患者的治疗质量具有重要意义,应予以优先使用。

【参考文献】

- [1] BELL K, LICHT N, RÜBE C, et al. Image guidance and positioning accuracy in clinical practice: influence of positioning errors and imaging dose on the real dose distribution for head and neck cancer treatment[J]. *Radiat Oncol*, 2018, 13(1): 190.
- [2] DAWSON S L, JAFFRAY D A. Advances in image-guided radiation therapy[J]. *Med Dosim*, 2007, 31(1): 3-11.
- [3] VERELLEN D, RIDDER M D, LINTHOUT N, et al. Innovations in image-guided radiotherapy[J]. *Nature Rev Cancer*, 2008, 7(12): 949.
- [4] JAFFRAY D. 110 invited image-guided radiation therapy-from current concept to future perspectives[J]. *Eur J Cancer*, 2011, 47(Suppl 1): S27-S28.
- [5] STROOM J C, HEIJMEN B J. Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report[J]. *Radiother Oncol*, 2002, 64(1): 75-83.
- [6] GOYAL S, KATARIA T. Image guidance in radiation therapy: techniques and applications[J]. *Radiol Res Pract*, 2014, 2014: 1-10.
- [7] HAUSTERMANS K, JOYE I. When should IGRT be done?[Z]// *Multidisciplinary Management of Rectal Cancer*. 2018.
- [8] KANAI T, FURUICHI W, MORI S. Evaluation of patient positional reproducibility on the treatment couch and its impact on dose distribution using rotating gantry system in scanned carbon-ion beam therapy[J]. *Phys Med*, 2019, 57: 160-168.
- [9] ZHANG S Y, ZHU G Y, LI G, et al. Application of stereotactic body radiation therapy to cancer liver metastasis[J]. *Cancer Lett*, 2015, 379(2): 225-229.
- [10] OH S A, YEA J W, KANG M K, et al. Analysis of the setup uncertainty and margin of the daily exactrac 6D image guide system for patients with brain tumors[J]. *PLoS One*, 2016, 11(3): e0151709.
- [11] OJERHOLM E, ANDERSON N, PATEL K, et al. Impact of image guidance during whole-brain radiation therapy[J]. *Pract Radiat Oncol*, 2016, 6(6): e345-e351.
- [12] MAIL N, AL-GHAMDI S M, CHANTEL C, et al. Customized double-shell immobilization device combined with VMAT radiation treatment of basosquamous cell carcinoma of the scalp[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2019, 20(2): 84-93.
- [13] NIXON J L, CARTMILL B, TURNER J, et al. Exploring the prevalence and experience of mask anxiety for the person with head and neck cancer undergoing radiotherapy[J]. *J Med Radiat Sci*, 2018, 65(4): 282-290.
- [14] STAYMAN J W, ZBIJEWSKI W, OTAKE Y, et al. Penalized-likelihood reconstruction for sparse data acquisitions with unregistered prior images and compressed sensing penalties[G]// *SPIE Medical Imaging*. 2011.
- [15] ZHANG Y, YIN F F, SEGARS W P, et al. A technique for estimating 4D-CBCT using prior knowledge and limited-angle projections[J]. *Med Phys*, 2013, 40(12): 121701.
- [16] OLIVER J A, ZEIDAN O A, MEEKS S L, et al. The Mobius AIRO mobile CT for image-guided proton therapy: characterization & commissioning[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2017, 18(3): 130-136.
- [17] MEUNIER C, WERGIFOSSE V, PAUVERT M, et al. Comparison of setup accuracy, intrafraction movement and comfort for two stereotactic masks[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(4): 149-162.
- [18] CHANG J. A statistical model for analyzing the rotational error of single isocenter for multiple targets technique[J]. *Med Phys*, 2017, 44(6): 2115-2123.
- [19] INFUSINO E, TRODELLA L, RAMELLA S, et al. Estimation of patient setup uncertainty using BrainLAB Exatrac X-Ray 6D system in image-guided radiotherapy[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(2): 99-107.
- [20] 张寅, 李明辉, 罗京伟. 肿瘤放疗热塑膜伸缩特性的测试[J]. *中国医疗设备*, 2018, 33(7): 30-32.
- [21] ZHANG Y, LI M H, LUO J W. Measurement of the shrinkage of thermoplastic mask in radiation therapy[J]. *China Medical Devices*, 2018, 33(7): 30-32.
- [21] HOUWELING A C, VAN DER MEER S, VAN DER WAL E, et al. Improved immobilization using an individual head support in head and neck cancer patients[J]. *Radiother Oncol*, 2010, 96(1): 100-103.

(编辑:黄开颜)