

射波刀颅骨追踪俯卧位与仰卧位治疗精度对比

赵瑞, 李莎, 陆军, 高行新, 王震岳, 李俊杰
解放军兰州总医院放疗科, 甘肃 兰州 730050

【摘要】目的:探讨射波刀颅骨追踪俯卧位与仰卧位治疗精度的差异,为射波刀颅骨追踪俯卧位治疗提供理论依据。**方法:**分别对安装有EBT3免冲洗胶片的头颈模体采用俯卧位与仰卧位进行CT扫描、计划设计和模拟射波刀治疗。采用E2E软件分析曝光后的EBT3免洗胶片,对比射波刀颅骨追踪俯卧位与仰卧位治疗精度。**结果:**头颈模体俯卧位与仰卧位的治疗精度分别为0.81和0.72 mm,均满足ACCURAY公司提供的0.90 mm的治疗标准,两者治疗精度仅差0.09 mm,可认为头颈模体颅骨追踪俯卧位与仰卧位具有同等的照射精度。**结论:**当患者无法进行仰卧位颅骨追踪射波刀治疗时,可以采用俯卧位颅骨追踪方式进行治疗。

【关键词】射波刀;颅骨追踪;俯卧位;仰卧位;治疗精度

【中图分类号】R730.55

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)08-0790-04

Skull tracking accuracy of prone and supine positions in Cyberknife treatment: a comparison study

ZHAO Rui, LI Sha, LU Jun, GAO Xingxin, WANG Zhenyue, LI Junjie

Department of Radiation Oncology, Lanzhou General Hospital of Chinese PLA, Lanzhou 730050, China

Abstract: Objective To compare the differences in skull tracking accuracy between prone and supine positions in Cyberknife treatment, and to provide the theory basis for Cyberknife treatment in prone position for skull tracking. **Methods** CT scans were performed, and the treatment plans were designed and executed for the head and neck phantom with EBT3 film in prone and supine positions, respectively. The EBT3 films after exposure were analyzed with E2E software to compare the Cyberknife treatment accuracy between prone and supine positions for skull tracking. **Results** The treatment accuracies for head and neck phantom in prone and supine positions were 0.81 and 0.72 mm, respectively, better than the treatment standard provided by ACCURAY company (0.90 mm). The treatment accuracy difference between prone and supine positions was only 0.09 mm, therefore, the treatment accuracies of prone and supine positions were considered equal. **Conclusion** When patients cannot receive Cyberknife treatment for skull tracking in supine position, Cyberknife treatment can be applied for patients in prone position.

Keywords: Cyberknife; skull tracking; prone position; supine position; treatment accuracy

前言

射波刀是一种新型的全身肿瘤立体定向放射外科治疗设备^[1],通过一对与水平面成45°的kV级X线球管及与之相对应的一对41 cm×41 cm落地式平板探测器采集图像,并与治疗前计划系统重建影像进行配准,实现治疗前影像引导摆位和治疗中位置偏差的修正,通过射波刀治疗床及6个自由度机械臂实现患者摆位和治疗误差的修正,从而使患者获得亚毫米级的高精度治疗^[2-5]。在颅内肿瘤射波刀治疗

中,患者常规采用仰卧位进行定位和治疗,但少数患者由于其疾病的特殊性,无法仰卧,只能采用俯卧位进行治疗。目前国内已有学者利用头颈模体对射波刀颅骨追踪治疗精度进行研究,取得良好的验证效果^[6-7],但其验证及评价仅局限于头颈模体仰卧位测试^[8]。头颈模体俯卧位颅骨追踪治疗精度到底如何,目前不得而知。本研究利用头颈模体,对颅骨追踪仰、俯卧位治疗精度进行测试和对比,以期为患者射波刀颅骨追踪俯卧位治疗提供理论依据^[9]。

1 材料与方法

1.1 材料

G4射波刀(ACCURAY公司,美国);MultiPlan

【收稿日期】2017-03-30

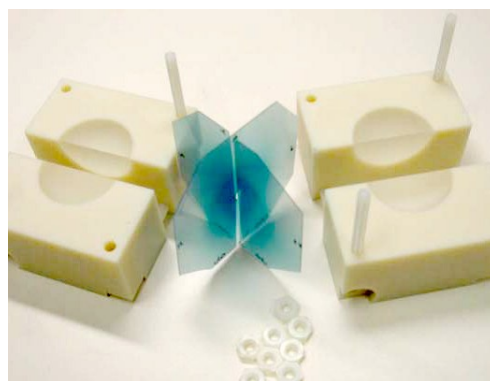
【作者简介】赵瑞,男,副主任技师,研究方向:放射治疗技术,E-mail: zrznl318@sina.com

4.0 治疗计划系统;美国 CIRS 公司仿真头颈模体和球方模体(图 1);EBT3 免洗胶片^[10];Aquilionone 320 排/

640 层容积 CT(东芝公司,日本);爱普生 V700 扫描仪;E2E 分析软件。



a: Head and neck phantom



b: Ball cube

图1 头颈和球方模体

Fig.1 Head and neck phantom and ball cube

1.2 模体制做

头颈模体底端呈立方形状,平时呈稳定自然仰卧状态,仰卧无需头枕及热塑膜固定;头颈模体俯卧位放置时,其俯卧状态无法自然保持,需借助船型枕及热塑膜固定。为保证头颈模体俯卧时的稳定性,热塑膜塑形时,需包绕头颈模体底端。

1.3 头颈模体 CT 扫描

打开头颈模体头颅顶部,安装球方模体,并按 E2E 验证要求,球方模体安装 EBT3 胶片。为防 CT 扫描增加 EBT3 胶片本底灰雾,CT 扫描时,EBT3 胶片为废旧胶片。CT 扫描条件:120 kV、500 mA,扫描层厚 1 mm,无间隔序列,分别扫描仰卧位及俯卧位头颈模体。因射波刀治疗计划系统仅接收采用仰卧位扫描协议的 CT 图像,所以头颈模体俯卧位扫描时,其体位选项仍使用仰卧位。

1.4 制定头颈模体计划

将 CT 扫描图像导入 MultiPlan 4.0 治疗计划系统,TREATMENT 模式制定治疗计划,3D 魔棒自动勾画球方模型圆形靶区,颅骨配准,等中心计划,准直器 30 mm,剂量 600 cGy,70%剂量曲线 420 cGy。分别制定仰卧与俯卧位射波刀治疗计划,计划授权,传输至数据管理系统备用。

1.5 头颈模体计划执行

取出头颈模体球方内废弃 EBT3 胶片,重新安装全新 EBT3 胶片。胶片安装时避免玷污,影响正常测量。常规射波刀治疗摆位,X 射线影像参数:115 kV、100 mA、100 ms、颅骨追踪算法参数 Brightness Window 预置参数为 100%,分别执行头颈模体仰卧位及俯卧位计划。仰卧位计划准备执行时,6

个自由度摆位误差分别为 RIGHT 0.0 mm、SUP 0.1 mm、ANT 0.0 mm、Roll L 0.2°、H-D 0.3°、CCW 0.1°;俯卧位计划准备执行时其 6 个自由度摆位误差分别为 RIGHT 0.0 mm、SUP 0.1 mm、POS 0.0 mm、Roll L 0.0°、H-D 0.2°、CW 0.1°^[11-12]。

2 胶片扫描及分析结果

2.1 胶片扫描

取出头颈模体 EBT3 胶片,同样避免 EBT3 胶片玷污。连同同一批次全新胶片做为本底胶片沿 EPSON V700 扫描仪一侧纵向放置,胶片放置平整,用直尺使胶片一侧边缘平齐。图像扫描选用灰度 16 bit、分辨率 300 dpi,关闭自动校准、锐化等功能,俯卧及仰卧位图像均保存为单张 BMP 格式(图 2)。



图2 胶片扫描图像

Fig.2 Scanned image of EBT3 film

2.2 E2E 软件分析

把保存BMP图像导入E2E软件,设定胶片类型为

EBT3规格,胶片尺寸默认EBT3胶片规格,图像分辨率同样设置为300 dpi,阈值70%,标准E2E执行分析(图3)。

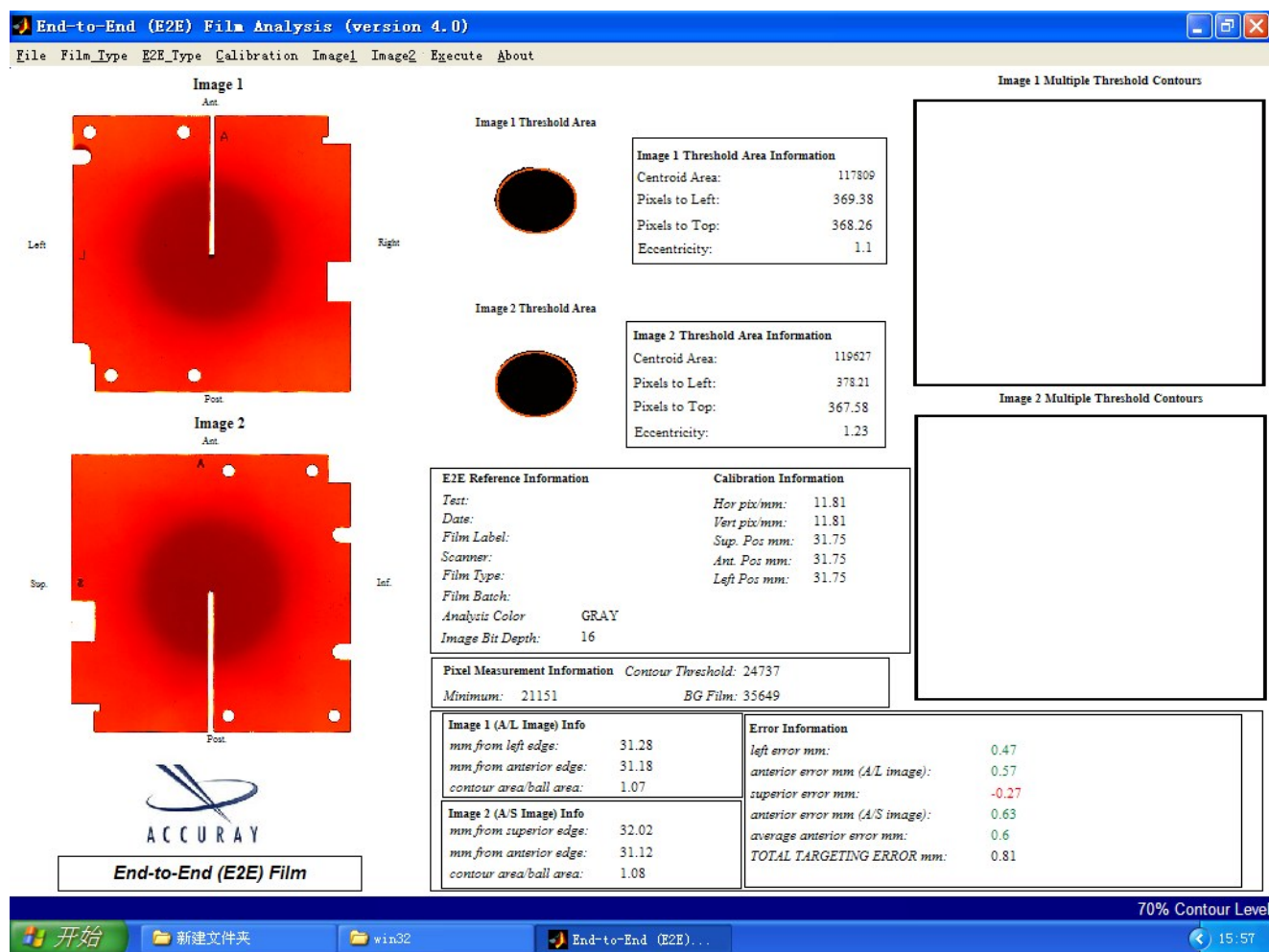


图3 E2E软件分析

Fig.3 Analysis of E2E software

2.3 头颈模体仰卧与俯卧测量结果

由表1可见,头颈模体颅骨追踪俯卧位与仰卧位各方向治疗相对于0刻度误差相当。俯卧位S方向治疗精度出现了反向治疗偏移,因此与仰卧位S方向治疗精

度相比,出现0.33 mm差距,但其数值不管与A方向或L方向相比,相对于0刻度仍是一个较小的偏移,且俯卧位与仰卧位总偏差相比,仅相差0.09 mm,可认为头颈模体颅骨追踪俯卧位与仰卧位具有同等的治疗精度。

表1 头颈模体颅骨追踪俯卧位与仰卧位治疗精度(mm)

Tab.1 Treatment accuracy of skull tracking for head and neck phantom in prone and supine positions (mm)

Position	Left error	Anterior error (A/L)	Superior error	Anterior error (A/S)	Average anterior error	Total error
Supine position	0.56	0.42	0.06	0.47	0.44	0.72
Prone position	0.47	0.57	-0.27	0.53	0.60	0.81
D-value	0.09	-0.15	0.33	-0.06	-0.16	-0.09

3 讨论

E2E分析是利用X线胶片感光特性记录球方剂

量来测定目标定位的精确性^[13],验证和评价CT扫描、治疗计划制定、影像处理、机械臂定位、加速器性能等患者定位和治疗中的所有步骤,反映整个射波

刀治疗流程的精确性^[14]。使用E2E软件分析时需注意其测试结果精确性与胶片扫描及E2E软件参数设定是否得当相关(选择何种扫描仪、胶片放置是否平整、图像位深和扫描分辨率的设定是否准确、有无使用图像优化等都会影响其测试精度);此外,在E2E软件分析中胶片类型选择是否正确、球方尺寸的设定是否准确、图像分辨率与扫描时分辨率是否一致、图像有无旋转,这些因素均会对E2E软件分析精度造成不同程度的影响。

射波刀作为一种高精度的放射治疗设备,最早起源于颅内肿瘤的治疗,对于一些不能手术、解剖学位置较深的脑瘤可获得明显的治疗效果,在脑瘤治疗中占有比较重要的作用。颅骨追踪是通过对颅骨X线影像特征点的偏移、旋转计算得出患者6个自由度体位误差^[15]。ACCURAY公司射波刀治疗指南之所以要求颅骨追踪治疗采用仰卧位,一方面是基于面颅部分集中了较多的X线影像特征,方便颅骨追踪算法的使用;另一方面仰卧位为人体比较舒适和自然的体位,易于长时间的射波刀治疗。另外,射波刀治疗指南要求头颅CT扫描定位颅顶和鼻尖均需超出图像视野1 cm,考虑颅顶或鼻骨可能参与了6个自由度误差上下和前后位移的判定,这与脑组织致死剂量低,为防止颅骨追踪单独选用X线影像特征点计算而出现放疗意外有关,和颅骨追踪算法配合起到双层保险作用。

ACCURAY公司对于射波刀颅骨追踪验证模体建议治疗精度0.9 mm以上,尽管本次研究颅骨追踪俯卧位取得了满意的E2E测试结果,但E2E测试结果是建立在静态模体之上,与现实中的患者治疗状态仍存在较大的差异,如CT扫描和治疗中患者无意识的微动情况是仿真体模无法体现的。在基于人性伦理考虑不能真正人体验证情况下,尤其是对于俯卧位这种非常规体位,长时间治疗过程中势必会发生较大的移动,因此在患者能够正常仰卧的情况下应当尽量避免使用。若患者受病理状况所限仅能采用俯卧位治疗,在治疗计划制定时应当充分考虑大分割条件下患者移动对治疗靶区、正常组织的影响,以便在最大程度杀灭肿瘤组织的同时尽量减少正常组织的损伤;为使颅骨追踪算法使用较多面颅X线影像特征点,CT中心调正应在满足追踪定位要求情况下,包括尽量多的面颅骨性组织;在治疗计划实施过程中,应适时减小影像追踪时间间隔,有效降低患者异动给射波刀治疗带来的意外风险。

【参考文献】

[1] 陈光耀. CyberKnife放射外科治疗规范[M]. 上海: 学林出版社,

2008: 23-30.

CHEN G Y. Cyberknife radiosurgery treatment guidelines [M]. Shanghai: Academia Press, 2008: 23-30.

- [2] CHANG S D, MAIN W, MARTIN D P, et al. An analysis of the accuracy of the CyberKnife: a robotic frameless stereotactic radiosurgical system[J]. Neurosurgery, 2003, 52(1): 140-146.
- [3] 赵瑞, 李莎, 陆军, 等. 射波刀治疗中应注意的影像引导定位问题[J]. 中国医疗设备, 2015, 30(9): 44-46.
- ZHAO R, LI S, LU J, et al. Problems about image-guided locating in CyberKnife treatment[J]. China Medical Device, 2015, 30(9): 44-46.
- [4] 李玉, 徐慧军, 张素静, 等. G4射波刀照射精度的验证与评价[J]. 中国现代医生, 2012, 50(15): 112-115.
- LI Y, XU H J, ZHANG S J, et al. Verification and evaluation of G4 Cyberknife geometric targeting accuracy[J]. China Modern Doctor, 2012, 50(15): 112-115.
- [5] QUINN A M. CyberKnife: a robotic radiosurgery system[J]. Clin J Oncol Nurs, 2002, 6(3): 149-156.
- [6] 徐慧军, 段学章, 徐飞, 等. 射波刀脊柱追踪仰卧与俯卧位照射精度的对比[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25(2): 133-135.
- XU H J, DUAN X Z, XU F, et al. Comparison of the spine tracking accuracy between supine and prone position setups in CyberKnife treatment[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2016, 25(2): 133-135.
- [7] 关佳恒, 胡立宏, 王顺, 等. 射波刀治疗精度的验证与分析[J]. 医疗装备, 2015, 28(8): 48-49.
- GUAN J H, HU L H, WANG S, et al. Verification and analysis of G4 Cyberknife treatment accuracy[J]. Chinese Journal of Medical Device, 2015, 28(8): 48-49.
- [8] DIETERICH S, PAWLICKI T. Cyberknife image-guided delivery and quality assurance[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 71(Suppl 1): S126-S130.
- [9] MARTINOTTI A, VITE C, INVERNIZZI M, et al. Implementation of a patient specific plan QA method with radiochromic films for Cyberknife treatments: preliminary results[J]. Journal of Radiosurgery & SBRT, 2013, 2(Suppl): 64.
- [10] CRIJNS W, MAES F, VAN DER HEIDE U A, et al. Calibrating page sized Gafchromic EBT3 films[J]. Med Phys, 2013, 40(1): 012102.
- [11] 赵瑞, 王震岳, 李莎, 等. 脊柱追踪相关参数对射波刀定位误差影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(5): 504-507.
- ZHAO R, WANG Z Y, LI S, et al. Effects of spine tracking parameters on the positioning errors of Cyberknife [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2016, 25(5): 504-507.
- [12] 牛保龙, 鞠忠建, 戴相昆, 等. 六维颅骨追踪技术在头部肿瘤放射治疗过程中体位误差的研究[J]. 中国医学装备, 2017, 14(3): 32-36.
- NIU B L, JU Z J, DAI X K, et al. A study of position errors in radiotherapy of brain tumor with Cyberknife 6D skull tracking technology[J]. China Medical Equipment, 2017, 14(3): 32-36.
- [13] LEE S, NGUYEN N, LIU F, et al. SU-E-T-19: a new End-To-End test method for ExacTrac for radiation and plan isocenter congruence[J]. Med Phys, 2014, 41(6): 225-225.
- [14] DIETERICH S, CAVEDON C, CHUANG C F, et al. Report of AAPM TG 135: quality assurance for robotic radiosurgery[J]. Med Phys, 2011, 38(6): 2914-2936.
- [15] FU D S, KUDUVALLI G, MITROVIC V, et al. Automated skull tracking for the CyberKnife (R) image-guided radiosurgery system [C]//Medical Imaging 2005: Visualization, Image-Guided Procedures, and Display, 2005: 366-377.

(编辑: 谭斯允)