

单中心上下半野调强放射治疗的物理剂量验证

曾 彪, 张九堂, 席许平

湖南省肿瘤医院/中南大学湘雅医学院附属肿瘤医院, 湖南 长沙 410013

【摘要】目的:通过检测单中心上下半野调强放射治疗在各个层面的剂量分布,验证单中心上下半野技术进行调强放疗的可行性,并为单中心上下半野调强放射治疗的临床应用提供剂量学依据。**方法:**选择 10 例胸中上段的食管癌病人,制定单中心上下半野调强放疗计划。在所有的治疗计划方案中,上半段靶区采用上半野调强照射,下半段靶区采用下半野调强照射;然后对治疗计划进行验证,使用指形电离室进行中心点剂量验证、使用胶片剂量仪进行衔接层面的相对剂量验证、使用 Mapcheck 进行冠状面的相对剂量验证,对单中心上下半野调强放射治疗进行物理剂量验证。**结果:**10 例中上段食管癌患者的中心点剂量验证结果显示,偏差度全部<3%,符合临床要求;衔接层面的胶片验证结果显示剂量符合度很好,剂量验证通过;在冠状面的剂量验证中,10 例患者的所有照射野的剂量符合率在 95%以上,达到剂量通过标准。3 种剂量验证方式均显示该技术通过验证。**结论:**从 10 例患者的验证结果来看,利用单中心上下半野技术进行调强放射治疗的剂量能够达到验证标准,满足临床的需要,可以用于临床治疗。

【关键词】单中心上下半野技术; 调强放疗; 剂量验证

【DOI 编码】doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2015.01.005

【中图分类号】R144

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)01-18-04

Physical Dose Verification of the Mono-isocenter Irradiation Technique in IMRT

ZENG Biao, ZHANG Jiu-tang, XI Xu-ping

Department of Radiation Therapy, Hunan Cancer Hospital & The Affiliated Cancer Hospital of Xiangya Medical College, Central South University, Changsha 410013, China

Abstract: Objective To verify the feasibility of the mono-isocenter technique used in the intensity-modulated radiotherapy (IMRT) with the verification for the dose distribution of the mono-isocenter irradiation technique and provide the dosimetry basis for clinical application of intensity-modulated radiotherapy dosimetry used with the mono-isocenter technique. **Methods** 10 patients with upper & mid esophagus cancer were selected and the intensity-modulated radiotherapy plan used with the mono-isocenter technique was designed. In all the treatment plans, the first half target used half field intensity-modulated radiation in the up area while the second half target also uses half field intensity-modulated radiation but in the down area. Then all the treatment plans were under verification. Three ways for dose verification, one was the point dose verification used with the ion-chamber; the another was the relative dose verification of interface slice used with the film dosimeter; and the third one is the relative dose verification of the coronal plane used with the Mapcheck dosimeter. Then, we did all the dose verifications of intensity-modulated radiotherapy used with the the mono-isocenter irradiation technique. **Results** The point dose verification results show that the degree of deviation of all is less than 3% in all the fields of 10 patients with upper & mid esophagus cancer. The film verification shows that the conformity is good, thus the verification passes. As for dose verification in the coronal plane, the passing rate is above 95% of all verification. Three dose verification methods have shown the passes of the verification with the mono-isocenter technique in the intensity-modulated radiotherapy. **Conclusion** The dose verification results of 10 patients with upper & mid esophagus cancer show that the use of the intensity-modulated radiotherapy with the mono-isocenter irradiation technique has achieved the clinical verification standards and meets the clinical needs, which means this technique can be used in the clinical radiotherapy .

Key words: the mono-isocenter irradiation technique; intensity modulated radiation therapy; dose verification

【收稿日期】2014-07-09

【基金项目】湖南省科学技术厅科技计划(2014SK3086)

【作者简介】曾彪,男(汉族),湖南武冈人,湖南省肿瘤医院物理师,清华大学硕士,从事放射物理和放疗技术方面的研究。E-mail: zengbiao008@163.com。

【通讯作者】张九堂,男,硕士,湖南省肿瘤医院放疗综合科主任。E-mail: jiutz@163.com。

前言

在放射治疗中,对于某些类型的肿瘤,如胸中上段食管癌,靶区深度变化显著,导致放疗中靶区剂量分布不均匀^[1]。调强放疗技术能更好的提高靶区的剂量和靶区的适形度,但是会让肺组织受到过多的低剂量照射^[2-4]。如果采用单中心上下半野技术,靶区的上段采用半野调强放射治疗技术,靶区的下段采用少量半野调强放射治疗,既能够提高患者靶区剂量,又能够避免肺的低剂量区的出现。在这项技术用于临床之前,我们通过检测点剂量和各个层面的剂量分布,为该技术的临床可行性进行物理剂量验证。

1 材料与方法

1.1 实测出加速器独立准直器的到位精度引起的剂量“欠位”大小

本研究采用的单中心上下半野技术,只有一个中心,上面的靶区采用上半野照射,下面的靶区采用下半野照射,由于加速器独立准直器的运动本身存在在机械误差,即在上下半野联合处,由于系统误差原因,可能存在不超过 2 mm 的过剂量区或者欠剂量区。为解决这一问题,需要采取方案实测出 Varian600CD 加速器独立准直器 0 位时,有多少毫米的欠位或者过位。然后在半束野设置时,准直器位置不设在 0 位,而设在测量出来的欠位或者过位处。这样治疗计划能够消除热点或冷点,满足临床的要求。

1.2 单中心上下半野调强放射治疗的构成

单中心上下半野的照射如图所示,上段是某个射野的上半野照射,下段是某个射野的下半野照射。两个半野在中心点出衔接;即上半野, $Y_2=0$ cm;下半野, $Y_1=0$ cm。相对于传统的调强放疗,单中心上下半野调强的准直器范围是受到限制的,半野调强中,另一半的准直器在 0 位,准直器和 MLC 叶片不能自动跟随。

1.3 治疗计划的设计

选择 10 例中上段食管癌病人,在 CT 模拟机做体位固定,进行颈部胸部 CT 扫描,局域网传送 CT 扫描图像,医生勾画肿瘤靶区。使用 XIO 治疗计划系统(TPS), Varian600cd 加速器, 6 MV X 线。对每例患者制定一种单中心上下半野调强计划。调强计划全部采用静态调强 Step and Shot 方式, 5 野、3 野方式全部采取等均分野^[5]。PTV 处方剂量均为 60 Gy 分 30 次。要求 PTV 达到 100% 处方剂量的体积达到 95%, PTV 的 110% 处方剂量的体积 < 10%, 靶区外的任何地方不能出现 >110% 处方剂量, PTV 内不存在冷点,食管壁上不存在热点。脊髓最大量小于 42 Gy, 肺的 V20 小于 28%。均采用卷积叠加算法进行剂量计算。

1.4 中心点剂量验证方法

在 CT 上扫描固体水体模,在固体水体模的电离室插杆中插入 PTW 0.6 cc Farmer 型电离室,将固体水

体模 CT 影像经过网络传输至 Xio 治疗计划系统,用 TPS 软件功能勾画出外轮廓 Body, 以及电离室灵敏体积,命名为 GTV。选择 10 例病人的单中心上下半野照射的计划移植至固体水体模。将计划命名为 Absolute_QA。加速器的中心为电离室的灵敏体积中心,然后在治疗计划系统上计算剂量分布,保存为一个 QA 计划,记录等中心点的剂量值。由于所选用的电离室体积比较大,绝对剂量验证时通过剂量体积直方图读取 GTV 的平均值,得到需验证的计划中心点的剂量。

1.5 衔接层面相对剂量验证方法

剂量测量在固体水体模中进行。将 EDR2 胶片置于固体水体模中,胶片与射线束中心轴垂直,源片距为 100,胶片位于等中心位置,对称光野开到 20 cm×20 cm 后,将其中一准直器置于位置 0.1 cm 处,即以半野曝光,曝光跳数为 100 Mu,然后保持同样条件,另一准直器开到 0 cm 处,也以半野曝光,同样曝光 100 Mu。再用另一张 EDR2 胶片,以相同的条件全开野曝光。曝光后冲洗胶片并用黑度计 FDM300 测量胶片黑度,因为胶片上的每个点都是在相同的物理条件上照射得出的,又是在相同的冲洗条件下得出的,所以胶片黑度的变化就可以认为是剂量的变化。

1.6 使用 Mapcheck 进行冠状面的相对剂量验证

冠状面的相对剂量验证我们采用 Mapcheck 剂量仪进行。Mapcheck 是二维半导体剂量矩阵,自带有剂量分析软件,把治疗计划系统冠状面剂量分布图与 Mapcheck 实测分布图对比,采用多种数据分析方法,能得出具体的剂量偏差数据。

2 结果

从我们 10 例患者的验证结果来看,单中心上下半野照射的剂量能够达到验证标准,满足临床的需要。10 例中上段食管癌患者的单中心上下半野照射的中心点剂量验证结果如表 1 所示,偏差度全部 <3%,符合临床要求,验证通过。衔接层面的胶片验证结果如图 1 所示,衔接层面的剂量是均匀的,没有冷点和很高剂量的热点。在冠状面的剂量验证中,我们科室设定的标准是 Mapcheck 验证符合率 (3 mm, 3% 标准)全部 ≥95% 为验证通过。结果如图 2 和表 2 所示。

3 讨论

单中心上下半野调强放疗跟传统调强放疗相比,同样只有一个中心,只需要一次摆位,并没有增加放疗技师的工作时间和病人的治疗时间。但是对病人的靶区的剂量提高以及正常器官的保护非常有利。是一种操作性强的日常治疗。

一项放射治疗技术要得到开展,剂量的精确性是必须要得到保证的^[6]。影响单中心上下半野照射剂量精度的因素很多,主要涉及的是患者的摆位误差,半野衔接层面的剂量准确性,以及半野调强中子野散射

表 1 10 例病人中心点的绝对剂量偏差表

Tab.1 The Absolute Dose Deviation of the Isocenter of Ten Patients

Case number	D _{mean}	D _p	Errors
1	209.1	213.2	1.96%
2	210.4	216.1	2.7%
3	216.0	213.1	-1.3%
4	212.2	217.5	2.5%
5	202.2	206.2	1.98%
6	210.1	213.8	1.66%
7	220.4	216.5	-1.8%
8	206.0	208.1	1.0%
9	208.2	210.5	1.1%
10	212.2	210.2	-0.9%

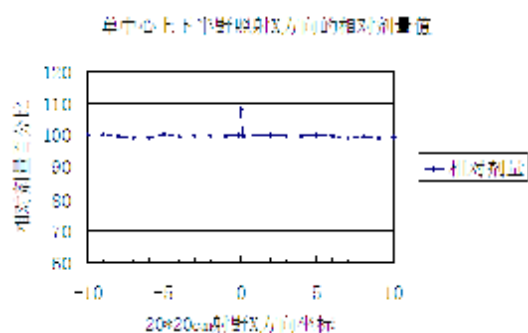


图 1 单中心上下半野照射 X 方向的相对剂量值

Fig.1 The Relative Dose Value of X Direction of the Mono-isocenter Irradiation Technique

表 2 冠状面的相对剂量通过率表

Tab.2 The Relative Dose Pass Rate of Coronal Plane

Case Number	3 mm/3% pass rate	4 mm/4% pass rate
1	97.8%	99.1%
2	97.7%	99.2%
3	96.8%	99.5%
4	97.2%	99.9%
5	97.8%	99.5%
6	98.7%	99.4%
7	96.8%	99.8%
8	97.3%	99.5%
9	98.4%	100%

剂量的准确性,子野照射实施时叶片的位置精度,加速器跳数的剂量线性等等,所有的因素综合起来会导致放射治疗计划显示的剂量分布和病人真正照射时的实时剂量分布有差异^[10]。如果误差在许可范围之类,就可以实施放疗,如果这个误差很大,则这个计划不能临床放疗,必须找到原因并解决,重新验证通过之后,才能用于临床放疗。所以我们只有通过剂量学验证才能保证单中心上下半野照射的准确实施。

单中心上下半野照射不但要像传统适形治疗一样,要验证病人的治疗摆位,还要验证病人所接收的剂量。特别是衔接层面的剂量学验证。病人的剂量学验证是单中心上下半野照射运用到中上段食管癌放射治疗中的一个重要的课题,是单中心上下半野照射过程中不可缺少的重要步骤。

对衔接层面的剂量验证中,还可以加入衔接层面的绝对剂量验证。在仿真人体模型的衔接层面中加入热释光粒子,进行剂量验证。但是由于没有热释光剂量仪,以及热释光的校准比较麻烦,这项工作暂时没有进行。下一步准备使用热释光剂量仪进行这项工作。对衔接层面的相对剂量验证中,由于条件限制,没有用免冲洗的 EBT 胶片以及 FilmQA 软件来分析一下胶片剂量数据。传统胶片冲洗受很多条件的限制,虽然我们做了严格的质量控制,但是相对来说,误差还是较大。

【参考文献】

- [1] 崔念基,卢泰祥,邓小武.实用临床放射肿瘤学[M].广州:中山大学出版社,2005.
Cui NJ, Lu TX, Deng XW. Practical clinical radiation oncology [M]. Guangzhou: Sun Yat-sen university press, 2005.
- [2] Nomura M, Kodaira T, Furutani K, et al. Predictive factors for radiation pneumonitis in oesophageal cancer patients treated with chemoradiotherapy without prophylactic nodal irradiation [J]. Br J Radiol, 2012, 85(1014): 813-818.
- [3] Wang D, Shi J, Liang S, et al. Dose-volume histogram parameters for

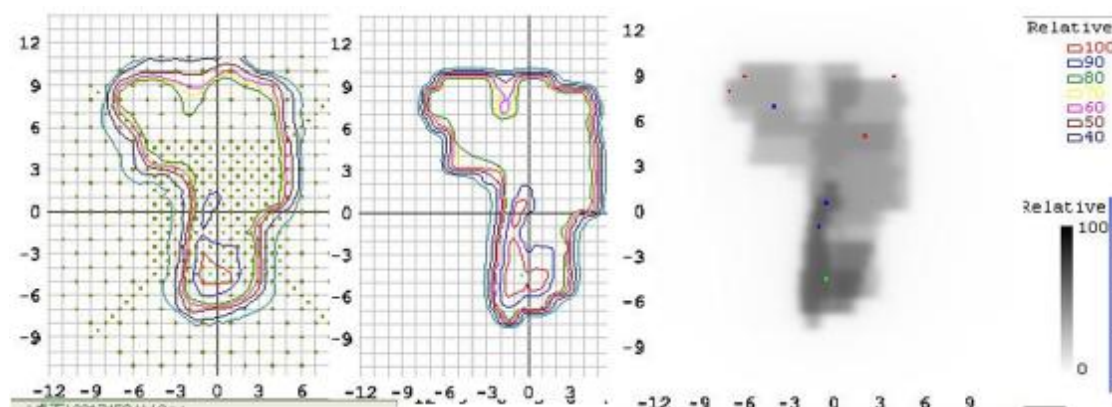


图 2 冠状面剂量分布图

Fig.2 Dose Distributions of Coronal Plane

- predicting radiation pneumonitis using receiver operating characteristic curve[J]. *Clinical and Translational Oncology*, 2013: 1-6.
- [4] Schallenkamp JM, Miller RC, Brinkmann DH, et al. Incidence of radiation pneumonitis after thoracic irradiation: Dose-volume correlates [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 67(2): 410-416.
- [5] 曾彪, 鲁旭尉. 核通调强放疗计划系统的临床应用[J]. *医疗装备*, 2010, 23(005): 6-8.
- Zeng B, Lu XW. The clinical application of Intensity-modulated radiotherapy plan system of oncentra masterplan [J]. *Medical Equipment*, 2010, 23(005): 6-8.
- [6] 胡逸民, 张红志, 戴建荣. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999.
- Hu YM, Zhang HZ, Dai JR. Tumor radiation physics [M]. Beijing: Atomic energy press, 1999.
- [7] 沈文同, 涂彧, 王建华, 等. 调强适形放射治疗的剂量学验证 [J]. *辐射防护*, 2007, 27(5): 257-263.
- Shen WT, Tu Y, Wang JH, et al. The intensity modulated conformal radiotherapy dosimetry verification [J]. *Journal of Radiation Protection*, 2007, 27(5): 257-263.
- [8] 孙文钊, 张丹丹, 邓小武. 半导体和电离室探头在直线加速器数据测量中的比较与分析[J]. *中国医学物理学杂志*, 2014, 31(1): 9.
- Sun WZ, Zhang DD, Deng XW. Analysis and comparison of Data of Linear Accelerators Measured with Diode and Ionization Detector[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2014, 31(1): 9.
- [9] 狄小云, 陈维军. 单中心上下半野照射鼻咽癌颈部剂量分布的研究 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2002, 11(3): 159-161.
- Di XY, Chen WJ, et al. Dosimetry of mono-isocenter irradiation technique in radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2002, 11(3): 159-161.
- [10] 陈进琥, 尹勇. 颈段食管癌固定野调强与旋转调强放疗计划比较研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2010, 19(5): 429-430.
- Chen JH, Yin Y, et al. Application of IMAT versus fixed-gantry IMRT in cervical esophageal cancer: A comparison in dosimetry and implementation[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2010, 12(5): 429-430.

(上接第 16 页)

- sign, DOI: 10.1016/j.fusengdes. 2014. 05. 003.
- [11] 曾勤, 卢磊, 李莹, 等. 蒙特卡洛粒子输运计算自动建模程序 MCAM 在 ITER 核分析建模中的应用[J]. *原子核物理评论*, 2006, 23(2): 138-141.
- Zeng Q, Lu L, Li Y, et al. Application of automatic modeling code for Monte Carlo particle transport for ITER nuclear analysis [J]. *Nuclear Physics Review*, 2006, 23(2): 138-141.
- [12] 吴宜灿, 李莹, 卢磊, 等. 蒙特卡洛粒子输运计算自动建模程序的研究与发展[J]. *核科学与工程*, 2006, 26(1): 20-27.
- WU YC, LI Y, Lu L, et al. Research and development of the automatic modeling system for Monte Carlo particle transport simulation[J]. *Nuclear Science and Engineering*, 2006, 26(1): 20-27.
- [13] 吴宜灿, 李国丽, 陶声祥, 等. 精确放射治疗系统 ARTS 的研究与发展[J]. *中国医学物理学杂志*, 2005, 22(6): 683-690.
- Wu YC, Li GL, Tao SX, et al. Research and development of precision radiation therapy system ARTS [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2005, 22(6): 683-690.
- [14] Wu YC, Song G, Cao RF, et al. Development of accurate/advanced radiotherapy treatment planning and quality assurance system(ARTS) [J]. *Chinese Physics C*, 2008, 32(Suppl.II): 177-182.
- [15] Cao RF, Wu YC, Pei X, et al. Multi-objective optimization of inverse planning for accurate radiotherapy [J]. *Chinese Physics C*, 2011, 35(3): 313-317.
- [16] Zheng HQ, Sun GY, Li G, et al. Photon dose calculation method based on Monte Carlo finite-size pencil beam model in accurate radiotherapy[J]. *Commun Comput Phys*, 2013, 14(5): 1415-1432.
- [17] 金浩宇, 周凌宏, 陈光杰, 等. 一种高能 X 射线任意形状射野剂量计算模型的建立方法[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2006, 26(3): 277-280.
- Jin HY, Zhou LH, Chen GJ, et al. A dose calculation model for arbitrary fields of photon beam[J]. *Chin J Radiological Medicine and Protection*, 2006, 26(3): 277-280.