

改变多叶准直器角度对调强放疗计划效率的影响

陈恩乐¹, 吴 魁², 董 事¹, 邱恩毅¹, 陈增边¹, 沈 洁¹

1. 温州市中心医院放疗科, 浙江 温州 325000; 2. 浙江大学医学院附属第二医院放疗科, 浙江 杭州 310009

【摘要】目的:设计调强放疗计划时,多叶准直器(MLC)角度默认为0°。本文以食管癌为例,探讨调MLC角度对调强计划的子野数(静态调强)或控制点数(动态调强)和机器跳数的影响。**方法:**选择10例已放疗的食管癌患者CT图像作为研究对象,在MLC角度不变(0°)和MLC角度调整至叶片运行方向(X轴)与靶区长轴垂直时分别以静和动态调强方式设计计划,分别比较静和动态调强下两种准直器角度下计划子野数或控制点数和机器跳数差异。**结果:**MLC运行方向与靶区长轴垂直时与MLC角=0°时对比,子野数平均减少21±8,控制点数减少79±21,机器跳数平均减少幅度分别为130±31和89±19。子野数或控制点数和机器跳数均不同($P=0.000$)。**结论:**在食管癌调强放疗计划设计时调整MLC角度使其运行方向垂直于靶区长轴,在不影响靶区和危及器官受量情况下,可明显减少子野数或控制点数和机器跳数,提高加速器的治疗效率。

【关键词】食管癌;多叶准直器角度;子野数;控制点数;机器跳数

【中图分类号】R735.1;R815.2

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)03-0437-03

Impacts of the angle of multi-leaf collimator on efficiency of intensity-modulated radiation therapy

CHEN En-le¹, WU Kui², DONG Shi¹, QIU En-yi¹, CHEN Zeng-bian¹, SHEN Jie¹

1. Department of Radiotherapy, the Central Hospital of Wenzhou, Wenzhou 325000, China; 2. Department of Radiation Oncology, the Second Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310009, China

Abstract: Objective To investigate the impact of the angel of multi-leaf collimator (MLC) on the number of segments (static intensity-modulated radiation therapy, static (IMRT) or control points (dynamic IMRT) and monitor units by studying the case of esophageal carcinoma. When the IMRT plan was designed, the angel of MLC is 0° by default. **Methods** After radiotherapy, 10 CT images of patients with esophageal carcinoma were selected, static and dynamic IMRT plans were respectively designed when the MLC angle was at 0°, and MLC angle was adjusted to make the moving direction of leaves be perpendicular to the long axis of target volume. The number of segments, control points and machine units were compared between these two IMRT plans. **Results** Compared to the MLC with the angel of 0°, the number of segments and control points averagely decreased by 21±8 and 79±21, respectively. And the machine units averagely decreased by 130±31 and 89±19, respectively, when the moving direction of MLC was perpendicular to the long axis of target volume. The number of segments and control points, and machine units were significantly different ($P=0.000$). **Conclusion** In the IMRT plan for esophageal carcinoma, adjusting the direction of MLC to be perpendicular to the long axis of target volume, without affecting the target volume or organ dose, can obviously decrease the number of segments or control points and machine units and improve the treatment efficiency.

Key words: carcinoma of esophagus; multileaf collimator; segment; control point; machine unit

【收稿日期】2015-01-19

【作者简介】陈恩乐(1987-),男,E-mail: 15968755211@163.com。

【通信作者】沈洁,E-mail: jieshen111@gmail.com。

前言

调强放疗(IMRT)能让剂量的分布和靶区有很好的吻合,并使周围正常组织的剂量大大降低。当今

绝大多数放疗部门采用逆向计划设计和多叶准直器 (Multileaf Collimator, MLC) 的方式来实现 IMRT^[1]。与传统的适形放疗相比, 基于多叶准直器的逆向调强计划会产生大量的子野或控制点和更多的机器跳数 (MU), 导致了治疗时间的增加。

瓦里安直线加速器提供了静态和动态两种调强方式, 静态调强通过 MLC 形成多个子野 (Step and Shoot) 来实现, 动态调强通过 MLC 滑窗 (Sliding Window) 的方式来实现, 会产生多个控制点^[2]。不管哪种方式的调强都会较三维适形放疗产生更多的 MU。这不仅延长了治疗时间也增加了机器的损耗, 如何在不改变放疗剂量分布的同时能减少治疗时间是一个值得讨论的问题。射野方向观 (BEV) 下观察到某些角度下的 MLC 运动方向与靶区长轴并不垂直, 如果调整 MLC 角度, 使其垂直于靶区长轴, 会减少 x 方向铅门的距离。此时进行调强计划的优化, 产生的子野数或控制点数和 MU 会有一定程度的减少, 从而提高治疗效率。

1 材料与方法

1.1 研究对象

收集 2013 年 11 月~2014 年 6 月 10 例靶区长轴较长的食管癌患者, 且靶区长轴与 MLC 叶片方向尽量有较大的角度。

1.2 定位 CT 图像采集以及靶区和危及器官的勾画

在 GE 大孔径模拟 CT 上对患者治疗部位进行扫描, 至少向上和向下多扫 5 cm, 层厚 5 mm。患者采取仰卧位, 用热塑体模加以固定。CT 图像通过美国 Varian 公司 ARIA 局域网传输到 Eclipse10.0 三维治疗计划系统, 进行三维重建, 然后由放疗医生进行肿瘤靶区及危及器官的勾画。

1.3 治疗计划的设计

所有计划设计都在 Varian 公司的 Eclipse10.0 三维计划系统上进行, 在 Varian Trilogy 医用电子直线加速器上进行治疗, 带有 60 对叶片的 MLC (中间 40 对叶片在等中心处投影宽度为 5 mm, 两边 20 对为 1 cm)。采用 6 MV 光子束, 剂量率为 400 MU/min, 5~7 野调强放疗技术, 根据靶区和危及器官的位置关系适当调整射野角度。优化时, x 和 y 的 Smooth 分别为 40 和 30, 而在优化完成后, 通量转换成叶片序列时静态调强的 Segments 为 10。每例患者产生 4 个计划, 分别为 A: MLC 角度为 0° 时的静态调强; B: MLC 叶片方向与靶区长轴垂直时的静态调强; C: MLC 角度为 0° 时的动态调强; D: MLC 叶片方向与靶区长轴垂直时的动态调强。

1.4 计划评估

分别对 4 个组计划中的 A 与 B、C 与 D 进行比较。使 A、B 两组计划和 C、D 两组计划的靶区覆盖度 (D_{95} = 95% 的靶区体积所接受的剂量), 靶区适型度指数 CI^[3] 和靶区均匀性 HI^[4] 尽量一致, 以保证最后结果的可靠性, 其中:

$$CI = \frac{V_{T,ref} \times V_{T,ref}}{V_T \times V_{ref}} \times 100\%$$

$$HI = \frac{D_5}{D_{95}} \times 100\%$$

如图 1 所示, 准直器角度不同时铅门打开的距离不同, 导致叶片漏射不同, 以致两组计划危及器官受量不一致。但是要保证脊髓和肺在安全剂量以下。即脊髓最大剂量小于 45 Gy, 双肺 $V_{20} < 30$ 、 $V_{30} < 20$ 、平均剂量小于 17 Gy。

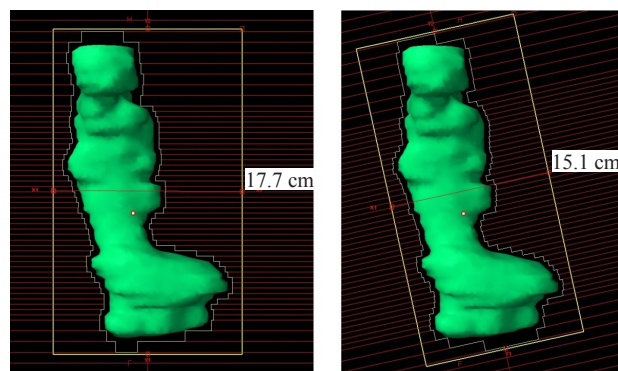


图 1 MLC 角度为 0° 和 MLC 叶片与靶区长轴垂直时铅门距离

Fig.1 The distance of lead door when MLC angle at 0° and adjust MLC angle to target long axis vertical respectively

对于调强放疗来说, 剂量率都一样的情况下, 计划在加速器上执行的效率由子野数或控制点数和 MU 数决定。因此分别比较 A 与 B 组的子野数和 MU 数, C 与 D 组的控制点数和 MU 数。

2 结果

从表 1 和表 2 中看出, 在改变 MLC 的角度使叶片运行方向与靶区长轴一致时, 子野数和 MU 数都明显减少, 而控制点数并没有减少。

表 1 静态调强子野数和 MU 数比较

Tab.1 Comparison of the number of segments and MU of static IMRT

	Group A (Gy)	Group B (Gy)	Reduced mean
Segments	177±15	156±10	21±8
MU	860±116	729±103	130±31

从表3和表4中看出,通过计划的优化,对照组靶区的适型度指数CI、靶区均匀性HI基本一致,所有计划都是以 D_{95} 归一到处方剂量,所以靶区覆盖度都是一致的,从而保证了表1和表2结果的可靠性。

表2 动态调强控制点数和MU数比较

Tab.2 Comparison of control point and MU of dynamic IMRT

	Group C(Gy)	Group D(Gy)	Reduced mean
Control point	751±108	672±101	79±21
MU	951±124	861±115	89±19

表3 静态调强靶区均匀性和靶区适形度指数比较

Tab.3 HI and CI of static IMRT

Group	Homogeneity index(HI)	Comformal index(CI)
A	1.15±0.02	0.78±0.09
B	1.15±0.03	0.78±0.08

表4 动态调强靶区均匀性和靶区适形度指数统计

Tab.4 HI and CI of dynamic IMRT

Group	Homogeneity index(HI)	Comformal index(CI)
C	1.10±0.03	0.80±0.08
D	1.10±0.04	0.80±0.08

3 讨论

瓦里安加速器提供的调强技术根据在射线出束的过程中MLC是否持续运动来定义静态和动态调强方式。静态调强时,MLC形成所需要的子野形状,射线出束到一定时间后停止,然后叶片形成新的子野形状再次照射,循环此过程直到所有的子野和射线出束结束,多个子野强度的叠加形成了所需要的强度分布。动态调强时叶片从左到右做变速运动,MLC开口形状在连续变化,射线不停地出束,从而形成调强。

调强设计是调强放疗的关键步骤^[5],计划的优劣直接影响到加速器执行效率及临床治疗效果。调强计划设计时首先要确定射野数目、角度、能量、MLC角度、剂量率等^[6],这些参数基本上都是凭经验予以确定,然后设定目标函数和约束条件,由计划系统计算得出最优方案,即最佳叶片系列(子野或控制点)和MU数。

近年来有学者做过射野数目和机架角度以及治疗床角度优化的相关研究^[7-9],同时也表明选择不同准直器角度对调强计划的质量有一定影响和临床意

义^[10-11]。本研究结果显示MLC角=0°时和MLC运动方向与靶区长轴垂直时对优化结果有一定的影响,在计划质量基本一致的情况下,MLC角度改变对生成的子野数或控制点数和机器总跳数有明显影响。

从射野方向观看各射野治疗过程中叶片都是从靶区左边运动到靶区右边,而每个射野对靶区的剂量贡献是一样的。当叶片运动方向与靶区长轴垂直时运动距离最小,也就说明了叶片此时生成的子野或者控制点和MU的利用效率高。

综上所述,在调强计划设计时,适当调整MLC角度使叶片运行方向与靶区长轴垂直,可以一定程度的减少子野数或控制点数和机器跳数,从而提高治疗效率。

【参考文献】

- [1] Samuelsson A, Karl-Axel J. Intensity modulated radiotherapy treatment planning for dynamic multileaf collimator delivery: influence of different parameters on dose distributions[J]. Radiother Oncol, 2003, 66: 19-28.
- [2] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 550-559.
Hu YM. Radiation oncology physics[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 550-559.
- [3] 庄志邈, 吕长兴, 刘俊. 颈段及胸上段食管癌调强放射治疗计划的比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(11): 2233-2235.
Zhuang ZM, Lü CX, Liu J. Comparison of intensity-modulated radiation therapy(IMRT) for cervical and upper thoracic esophageal carcinoma[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2010, 27(11): 2233-2235.
- [4] 胡寿浦. 剂量梯度在靶区剂量均匀性中的运用[J]. 中国医学物理学杂志, 1997, 14(4): 226-227.
Hu SP. The dose gradient in the application of target dose uniformity[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 1997, 14(4): 226-227.
- [5] Yu CX, Amies CJ, Svatos M. Planning and delivery of intensity modulated radiation therapy[J]. Med Phys, 2008, 35(12): 5233-5241.
- [6] Mattia M, Del GP, Caccia B. IMRT optimization: Variability of solutions and its radiobiological impact[J]. Med Phys, 2004, 31(5): 1052-1060.
- [7] 王闯, 戴建荣, 胡逸民. 射野方向优化方法[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2004, 13: 104-106.
Wang C, Dai JR, Hu YM. The method of beam angel optimization[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2004, 13: 104-106.
- [8] Wang C, Dai JR, Hu YM. Optimization of beam orientations and beam weights for conformal radiotherapy using mixed integer programming[J]. Phys Med Biol, 2003, 48: 4065-4076.
- [9] Stein J, Mohan R. Number and orientation of beams in intensity modulated radiation therapy[J]. Med Phys, 1997, 24: 149-160.
- [10] 余光伟, 王连聪, 李侠, 等. 多叶准直器参数对调强放疗计划的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19: 163-165.
Yu GW, Wang LC, Li X, et al. The effect of multi-leaf collimator parameters for IMRT[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19: 163-165.
- [11] Losasso T. IMRT delivery performance with a varian multileaf collimator[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 71: 85-88.