

两种优化技术在宫颈癌术后IMRT计划中的比较

刘致滨, 王占宇, 龙雨松

广西医科大学第四附属医院肿瘤科, 广西 柳州 545005

【摘要】目的:比较两步法(Two Step Progress, TSP)与直接子野优化(Direct Aperture Optimization, DAO)在宫颈癌术后调强放射治疗(IMRT)计划的计划质量和执行效率上的差异。**方法:**选取20例宫颈癌术后照射的放疗患者,行CT图像扫描后勾画靶区及危及器官,分别用两种优化方法制定IMRT计划,比较两个计划的靶区适形度和均匀性、危及器官受量、机器跳数和子野数的差异。**结果:**DAO计划中靶区PTV₁、PTV₂的适形指数和均匀性要优于TSP计划。两种计划中左右股骨头受照剂量V₄₀和D_{mean}差异无统计学意义。而在直肠、膀胱、小肠的受照剂量V₄₀和D_{mean}差异有统计学意义,且DAO计划均比TSP计划受照剂量低。DAO计划机器跳数平均减少17.4%,同时子野数也平均减少了25.6%。**结论:**虽然两种计划都能满足临床要求,但是DAO技术在靶区治疗和执行效率上有明显的优势,显著减少了机器跳数和子野数,缩短治疗时间。

【关键词】直接子野优化;两步法;调强放射治疗;宫颈癌

【中图分类号】R737.33;R730.55

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)04-0534-03

Comparing two optimization techniques in the intensity-modulated radiation therapy plan for cervical cancer

LIU Zhi-bin, WANG Zhan-yu, LONG Yu-song

Department of Oncology, The Fourth Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Liuzhou 545005, China

Abstract: Objective To compare the quality and execution efficiency of two step progress (TSP) with direct aperture optimization (DAO) in the intensity-modulated radiation therapy (IMRT) plan for cervical cancer. **Methods** Twenty cervical cancer patients underwent postoperative irradiation were randomly selected. The organs at risk were delineated after the CT images scan. Two different optimization techniques, TSP and DAO, were respectively applied to design IMRT plans. And the conformity index (CI), homogeneity index (HI), doses to organs at risk, monitor units and the number of segments were compared between these two plans. **Results** Compared with the TSP plan, the CI and HI of the planning target volume (PTV), PTV₁ and PTV₂, in DAO plan were better. No significant differences were found in the V₄₀ and D_{mean} of the femoral heads between two plans. But the V₄₀ and D_{mean} of the rectum, bladder and small intestine in the DAO plan were lower than those in TSP plan, with significant statistical differences. The monitor units in DAO plan averagely decreased by 17.4% and the number of segments also averagely decreased by 25.6%. **Conclusion** Both these two plans can satisfy the clinical requirements. But the DAO technique has obvious advantages in the treatment for target regions and execution efficiency, significantly reducing machine units and the number of segments, shortening the treatment delivery time.

Key words: direct aperture optimization; two step progress; intensity-modulated radiation therapy; cervical cancer

前言

宫颈癌是我国女性最常见的恶性肿瘤之一。早期宫颈癌患者通常需要行子宫切除和淋巴结清扫术。若手术后根据病理报告显示盆腔有高危复发风

险,则需行术后放疗^[1-2]。通过术后放疗提高肿瘤的局部控制率及患者的生存率。调强放射治疗(IMRT)是目前宫颈癌术后放疗的主要方法^[3-4]。IMRT就是通过一系列非均匀射野从不同的方向或连续旋转来治疗患者,经过优化的射野可以使得靶区得到高剂量照射而周围的正常组织的受照剂量可以接受。射野的优化过程即逆向计划的设计过程,通过调整子野的权重或强度,达到满足预期的剂量分布要求。不同

【收稿日期】2015-01-05

【作者简介】刘致滨(1987-),男,硕士,主要从事放射治疗物理研究。
Tel:07723809755;E-mail: lzbin2008@sina.com。

的子野优化技术会导致计划的靶区剂量分布质量和计划执行效率也各不相同。本文研究的是两步优化法(Two Step Progress, TSP)和直接子野优化(Direct Aperture Optimization, DAO)在宫颈癌术后IMRT计划中的比较。TSP是先优化各射束的方向产生理想的剖面剂量分布,然后转换为加速器照射时所需要的MLC的叶片序列^[4-8]。先设定最大子野允许数,不是通过优化射野得到强度分布,而是直接优化子野的形状和权重^[9-10]。通过对宫颈癌术后IMRT计划在相同的处方剂量以及正常组织限量的情况下,比较两种优化技术对IMRT计划质量和执行效率上的差异。

1 材料与方法

1.1 临床资料

随机选取2012年10月~2013年8月期间20例宫颈癌术后预防照射的女性患者,中位年龄54.5岁。患者手术方式为广泛子宫切除和盆腔淋巴结清扫术,无明显肿瘤肉眼残留。通过CT模拟定位后生成的三维图像用于放射治疗计划的设计。

1.2 CT模拟定位

全部病人采取仰卧位,用热塑膜固定并在体膜上做好标记。于扫描前1 h嘱咐患者口服造影剂后憋尿以保证膀胱充盈。按照头脚方向行CT增强扫描,扫描层厚为5 mm,范围为L₃椎体至阴道口下端。扫描后将CT增强影像数据通过网络传送到Oncentra治疗计划系统工作站上。

1.3 靶区勾画

靶区勾画需要逐层在CT图像上勾画靶体积。根据ICRU 62号报告,宫颈癌术后临床靶体积(CTV)包括阴道上端一半及残端、阴道旁软组织及盆腔淋巴引流区,范围为上界达第4~第5腰椎间、下界达闭孔下缘。考虑到摆位及机械误差,在三维方向上外放得到PTV₁、PTV₂。正常器官包括小肠、膀胱、直肠及两侧的股骨头。

1.4 计划设计

给予靶区PTV₁、PTV₂处方剂量50 Gy,1次/d,每周5次。正常器官限量为:直肠V₄₀≤45%、膀胱V₄₀≤50%、股骨头V₄₀≤5%以及小肠V₅₀≤5%。所有的计划都在Oncentra V4.3工作站上完成。两种优化技术设计的IMRT计划在同一个患者均采用相同的照射野数、照射中心、射野入射角度以及治疗床角度。20例计划都采用9野静态IMRT计划,均匀布野的方案,子野角度分别为200°、240°、280°、320°、0°、40°、80°、120°、160°。所有病例的计划选择在医科达Precise

加速器的6 MV X线执行照射。

1.5 计划评价

通过剂量体积直方图对两种IMRT计划质量进行比较,包括靶区剂量分布、均匀性指数(HI)、适形度指数(CI)、以及危及器官的受量。同时对两种计划的执行效率进行比较,主要考虑计划的机器跳数和子野数。

1.6 统计学方法

采用SPSS 13.0统计软件,采用配对 t 检验进行数据统计和分析,显著性水平 $\alpha=0.05$ 。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 计划质量

两种IMRT计划的计划靶区在处方剂量覆盖率均超95%,达到临床要求。在计划靶区PTV₁、PTV₂的适形度和均匀性上,DAO计划均好于TSP计划,且差异有统计学意义,如表1。

表1 两种计划的靶区剂量分布比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Dose distribution comparison of target regions ($\text{Mean}\pm\text{SD}$)

Project		TSP	DAO	P value
PTV ₁	CI	0.53±0.10	0.64±0.04	<0.05
	HI	0.15±0.06	0.08±0.02	<0.05
PTV ₂	CI	0.56±0.08	0.70±0.02	<0.05
	HI	0.12±0.05	0.05±0.01	<0.05

Note: TSP: Two step progress; DAO: Direct aperture optimization; CI: Conformity index; HI: Homogeneity index

DAO计划中PTV₁、PTV₂的CI较TSP计划分别由0.53、0.56提高至0.64、0.70($P<0.05$)。对于靶区的均匀性比较,DAO计划的PTV₁、PTV₂的HI由0.15、0.12改善至0.08、0.05($P<0.05$),使得靶区剂量分布更加均匀。

2.2 危及器官剂量分析

两种计划左右股骨头受照剂量V₄₀和D_{mean}差异无统计学意义。而直肠、膀胱、小肠的受照剂量V₄₀和D_{mean}差异有统计学意义,且DAO计划均比TSP计划受照剂量低,见表2。

2.3 执行效率

相比传统的TSP法,DAO技术优化技术所得的机器跳数平均减少188 MU,只相当于TSP计划的82.6%($P<0.05$)。而子野数则平均减少16.6个,减少了25.6%($P<0.05$)。比较结果如表3。

表 2 两种计划的危及器官剂量比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Dose comparison of organs at risk (*Mean±SD*)

Quantitative metric		TSP	DAO	P value
Rectum	V ₄₀	35.2±6.6	30.4±4.80	<0.05
	D _{mean}	36.9±12.1	32.8±8.9	<0.05
Bladdde	V ₄₀	40.6±8.4	37.9±6.1	<0.05
	D _{mean}	37.7±1.8	35.2±1.6	<0.05
Small intestine	V ₄₀	11.4±5.6	9.2±4.0	<0.05
	D _{mean}	23.1±6.1	21.2±5.2	<0.05
Left femoral head	V ₄₀	3.5±1.4	3.3±1.1	>0.05
	D _{mean}	27.8±3.5	27.4±3.1	>0.05
Right femoral head	V ₄₀	3.4±1.6	3.1±1.5	>0.05
	D _{mean}	27.3±3.6	26.9±3.5	>0.05

Note: V₄₀: The volume percent of the organ receiving irradiation of 40 Gy;
D_{mean}: The mean dose of the whole target volume

表 3 两种计划的执行效率比较 ($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of execution efficiency (*Mean±SD*)

Quantitative metric	TSP	DAO	P value
Monitor units	1081.00±98.10	893.00±105.20	<0.05
Segments number	64.80±1.48	48.20±1.64	<0.05

3 讨论

目前 IMRT 技术已经成为临床上最常用的放疗技术,应用到全身多个部位的肿瘤治疗。IMRT 通过对不同方向入射的照射野进行优化,使得形成非均匀的照射野强度,从而使得复杂的肿瘤靶区获得预期的剂量,同时靶区附近的正常组织接受较低的照射剂量。射野的优化过程即逆向计划的设计过程。传统的 TSP 涉及了很多与叶片排序的问题,由于需要将强度分布转换到可执行的子野序列,对强度分级的离散处理,小野的剂量学等问题,所以计算得到的剂量和照射剂量存在较大的误差,而且产生较多的小跳数子野,使得治疗时间延长。而直接子野优化不考虑叶片的序列问题,同时优化时已经考虑了 MLC 的限制,子野权重可以连续变化无需离散化处理,生成的计划可以直接实施照射。通过研究比较,DAO 计划使得机器跳数和子野数大幅减少,可以进一步降低散射线的影响,减少了正常组织的低剂量照射体积,降低了再次致癌机率^[11-15]。

总之,宫颈癌术后患者采用 DAO 技术可以获得比 TSP 更好的治疗计划,在计划质量和执行效率上有显著提高,机器跳数明显降低,治疗时间明显缩短。

【参考文献】

[1] De Boer JC, Hei J, Men BJ. A new approach to off-line setup directions: Combining safety with minimum [J]. Med Phys, 2002, 29(9): 1998-2012.

[2] Meijer GJ, Rasch C, Remmeijer P, et al. Three-dimensional analysis of delineation errors, setup errors, and organ motion during radiotherapy of bladder cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 55(5): 1277-1287

[3] Mundt AJ, Lujan AE, Rotmensch J, et al. Intensity-modulated whole pelvic raditherapy in women with gynecologic malignancies[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(5): 1330-1337.

[4] Portelance L, Chao C, Crisby PW, et al. Intensity modulated radiation therapy reduces small bowel, rectum and bladder doses in patients with cervical cancer receiving pelvic and para- aortic irradiation[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2001, 51(1): 261-266.

[5] Bratengeier K. 2-Step IMAT and 2-Step IMRT: A geometrical approach[J]. Med Phys, 2005, 32(3): 777-785.

[6] Dobler B, Pohl F, Bogner L, et al. Comparison of direct machine parameter optimization versus fluence optimization with sequential sequencing in IMRT of hypopharyngeal carcinoma[J]. Radiat Oncol, 2007, 6(2): 33-36.

[7] 马燕, 庞晓琳, 何 妨, 等. 两步优化与直接子野优化计划系统直肠癌 VMAT 计划的比较[J]. 广东医学, 2014, 35(1): 93-95.
Ma Y, Pang XL, He F, et al. Compare of two step progress and direct aperture optimization with the volumetric modulated ARCtherapy for rectum cancer[J]. Guangdong Medical Journal, 2014, 35(1): 93-95.

[8] Webb S. The physical basis of IMRT and inverse planning[J]. Br J Radiol, 2003, 76(10): 678-689.

[9] Graft DL, Hong TS, Shih HA, et al. Improved planning time and plan quality through multicriteria optimization for intensity-modulated radiotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 82(1): 83-90.

[10] 李光俊, 吴 魁, 姜庆丰, 等. Monaco 计划系统中设置参数对容积旋转调强放射治疗计划质量的影响[J]. 华西医学, 2010, 25(12): 2133-2137.
Li GJ, Wu K, Jiang QF, et al. Impacts of parameter settings on the quality of plans for the volumetric modulated arc therapy with Monaco treatment planning system[J]. West China Medical Journal, 2010, 25(12): 2133-2137.

[11] Hall EJ. Intensity-modulated radiation therapy, protons, and the risk of second cancers[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 65(1): 1-7.

[12] Pigachev A, Li JG, Boyer AL, et al. Role of beam orientations optimization in intensity- modulated radiation therapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2001, 50(2): 551-560.

[13] Shepard DM, Eral MA, Li XA, et al. Direct aperture optimization: A turnkey solution for step and shoot IMRT[J]. Med Phys, 2002, 29(6): 1007-1008.

[14] Siebers JV, Lauterbach M, Keall PJ, et al. Incorporating multi-leaf collimator leaf sequencing into iterative IMRT optimization[J]. Med Phys, 2002, 29(6): 952-959.

[15] 曹彦坤, 迟子锋, 焦广青, 等. 食管癌 IMRT 计划设计降低子野数及 MU 数方法研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(2): 2460-2463.
Cao YK, Chi ZF, Jiao GQ, et al. Study of reducing the number of segments and MUs of esophageal carcinma IMRT plans[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2011, 28(2): 2460-2463.