

# 自动计划在宫颈癌调强放疗中的应用研究

廖超龙 秦 俭 吴丹玲\*

(广西壮族自治区人民医院肿瘤放疗科, 南宁市 530021)

**【摘要】 目的** 通过对比宫颈癌调强中自动计划(AP)方式与手工计划(MP)在计划靶区(PTV)和危及器官(OAR)的剂量学差异,探讨宫颈癌自动计划方式的可行性。**方法** 选取接受术前调强放疗治疗的10例宫颈癌患者,进行CT模拟定位、靶区和危及器官勾画,用Pinnacle<sup>3</sup> 9.10治疗计划系统(TPS)对每一组CT图像同时设计AP与MP。在PTV的95%体积达到处方剂量的前提下,比较两种调强计划的剂量体积直方图(DVH),分析靶区均匀性指数(HI)、适形度指数(CI)、OAR受照剂量以及计划时间。**结果** AP与MP计划相比,在肿瘤区计划靶区(PGTV)的平均剂量Dmean稍有优势,在临床计划靶区(PCTV)的适形度上稍差,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。两种计划所有OAR的剂量学参数比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。在优化时间上AP明显优于MP,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** AP在保证计划一致性的同时节省了优化时间,能够提高计划效率。

**【关键词】** 宫颈癌;调强放疗;自动计划;手动计划

**【中图分类号】** R 737.33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-6575(2017)04-0455-05

DOI:10.11864/j.issn.1673.2017.04.02

## Application of automatic planning to intensity-modulated radiotherapy for cervical cancer

LIAO Chaolong, QIN Jian, WU Danling\*

(Department of Oncology and Radiation, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530021, China)

**【Abstract】 Objective** To compare the dosiology of planning target volume(PTV) and organ at risk(OAR) between automatic planning(AP) and manual planning(MP) of intensity-modulated radiotherapy(IMRT), thus to explore the feasibility of AP for cervical cancer. **Methods** Ten patients with cervical cancer who received preoperative IMRT were enrolled. CT simulation, target and OAR delineation were conducted. AP and MP were designed at the same time in each set of CT images using Pinnacle<sup>3</sup> 9.10 therapy planning system. On the basis of 95% PTV receiving prescription dose, the dose volume histogram was compared between the two intensity-modulated plans. Homogeneity index(HI), conformity index(CI), radiation dose of OAR and planning time were analyzed. **Results** The mean dose of the planning gross target volume was slightly superior but the conformity of planning clinical target volume was worse in AP compared to MP( $P < 0.05$ ). There were no significant differences in the dosiology parameters of all OARs between the two plans( $P > 0.05$ ). The optimization time of AP was significantly superior to that of MP( $P < 0.05$ ). **Conclusion** AP not only maintains the conformity of planning but also can shorten the optimization time and improve the planning effectiveness.

**【Key words】** Cervical cancer; Automatic planning; Manual planning

宫颈癌是妇科常见的恶性肿瘤,将近80%的宫颈癌患者需要接受放射治疗(简称放疗)<sup>[1]</sup>。调强放射治疗已经成为目前国内放疗的主要方式,在提高靶区剂量的同时能够很好地保护正常器官,降低危机器官的受照剂量<sup>[2]</sup>。以往静态调强治疗计划主要以手工设计射野角度、子野数量、最小子野面积、靶区剂量及权重因子、危

机器官耐受量及权重因子等,该方式极大地考验物理师或剂量师的经验,投入的时间与精力直接影响计划的优异。近年开始出现带自动计划(AP)功能的治疗计划系统(TPS),目前能够实现AP的方式主要有:①基于计算机循环优化算法,如pinnacle auto planning;②基于经验计划的AP<sup>[3]</sup>,如瓦里安的eclipse rapid plan;③通过自编程序使用脚本程序达到AP的功能<sup>[4-5]</sup>。本文基于pinnacle<sup>3</sup> 9.10 TPS,通过对10例宫颈癌患者的计划,对

\* 通信作者

比分析 AP 与手工计划(MP)的截面剂量、剂量体积直方图(DVH)差异以及优化时间对比,讨论 AP 的可行性。

### 1 资料与方法

1.1 研究对象 选取 2016 年 2 月 1 日至 2017 年 3 月 1 日在广西壮族自治区人民医院接受术前调强放射治疗的 10 例同步加量治疗的宫颈癌患者,且经过至少 3 位有放疗资质的医生审核靶区与评估计划。根据 FIGO 分期, I B 2 期 1 例、II A 期 2 例、II B 期 6 例、III B 期 1 例。

1.2 CT 模拟定位 患者采用俯卧头脚位,使用俯卧腹部体架,胸腹热塑膜,手臂上举于头顶。定位前 2 h 口服肠道显影造影剂,90 min 后饮用清水 500 mL,憋尿 0.5 h 以上,待膀胱充盈时用 CT 模拟定位机进行增强扫描。扫描层厚 4 mm,范围自第二腰椎(L2)上缘至坐骨结节下缘 2~5 cm。

1.3 靶区 勾画宫颈肿瘤区(GTV)临床靶区(CTV)涵盖 GTV 及淋巴引流区,包括髂内、髂外、闭孔和骶前淋巴结区域。GTV、CTV 外扩 5 mm 作为计划靶区 PGTV

(Plan GTV)和 PCTV(Plan CTV)。危及器官(OAR)包括膀胱、小肠、直肠、骨髓、左右股骨头。

1.4 剂量及评价 处方剂量及 OARs 限量靶区处方剂量如下:PGTV 5 300 cGy/25 次;PCTV 4 500~4 750 cGy/25 次。要求靶区 95% 以上靶区体积达到处方剂量。OARs 评价指标参考 QUANTEC<sup>[6]</sup> 标准,评价平均剂量 Dmean,体积评价指标采用 V10、V20、V40 和 V45(接受 xGy 照射的体积)。

#### 1.5 计划设计

1.5.1 AP 所有 AP 基于 Elekta Synergy 加速器设计。在 TPS 中打开模板库调取已经设计好的 AP 流程模板,模板中规定靶区单次处方剂量为 PGTV 200 cGy, 95% 体积达到,共 25 次;采用 5 野照射,角度分别为:220、280、0.80、140;X 射线能量为 6 MV,总子野数≤30 个,最小子野面积≥10 cm<sup>2</sup>,最小子野跳数≥6 MU;计算网格为 0.4×0.4×0.4 cm<sup>3</sup>;剂量算法为自适应卷积算法,优化方式为直接机器参数优化(DMPO)。靶区及 OAR 优化参数设置如图 1。

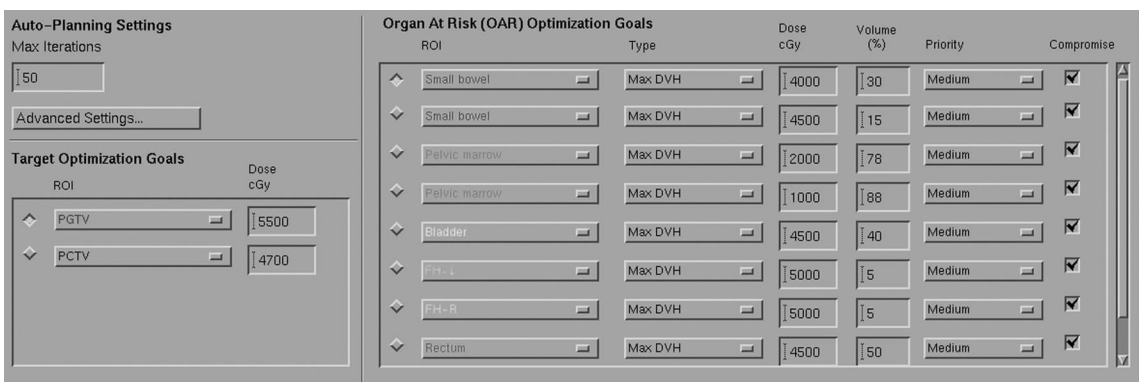


图 1 优化参数设置

1.5.2 MP 所有 MP 由一名经验丰富的物理师完成。射野角度、子野总数、最小子野面积、子野跳数与 AP 相同;目标参数根据临床经验设置,并在计划过程中反复修改,然后反复再优化,直到继续优化至再无十分明显的改善为止。

1.6 计划评估 由主任医师对计划的截面剂量分布以及 DVH 进行评估,以确定所有计划的靶区以及 OARs 限量都能达到临床要求。然后根据 ICRU83 号报告文件,使用靶区最大受照剂量 Dmax、最小受照剂量 Dmin、平均受照剂量 Dmean 计算靶区剂量均匀指数(HI),公式如下:

$$HI = (Dmax - Dmin) / Dmean$$

Dmax 定义为 2% 靶区体积所接受的照射剂量, Dmin 定义为 98% 靶区体积所接受的照射剂量, Dmean 定义为 50% 靶区体积所接受的照射剂量。HI 数值越小说明靶区均匀性越好。

计算适形指数(CI):

$$CI = (VT_{ref} / VT) \times (VT_{ref} / V_{ref})$$

VT<sub>ref</sub> 为参考等剂量线所包绕的靶体积, VT 为靶体积, V<sub>ref</sub> 为参考等剂量线下的总体积, CI 值区间范围 0~1, 越接近 1 表示靶区适形度越好。

膀胱与直肠 V50≤50%; 小肠(包含肠系膜) V45≤195cc; 骨髓 V10≤90%, V20≤80%; 左右股骨头 V50≤5%; 同时评估所有靶区的平均剂量 Dmean。

1.7 统计学方法 采用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据分析。两种调强计划剂量差异采用独立样本 t 检验方法,数据结果用(x±s)表示。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 靶区和危及器官截面剂量分布 如图 2 所示为中心截面等剂量线分布, AP 与 MP 相比较,对比 4 000 cGy(浅蓝色)、4 600 cGy(玫红色)等剂量线发现适形度基本相同, PGTV(红色靶区)处方剂量 5 300 cGy(黄色), 在 AP 中的适形度要略好于 MP。

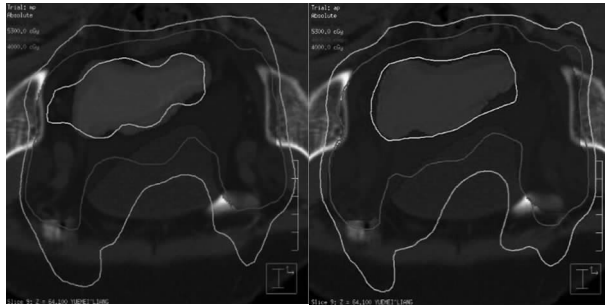
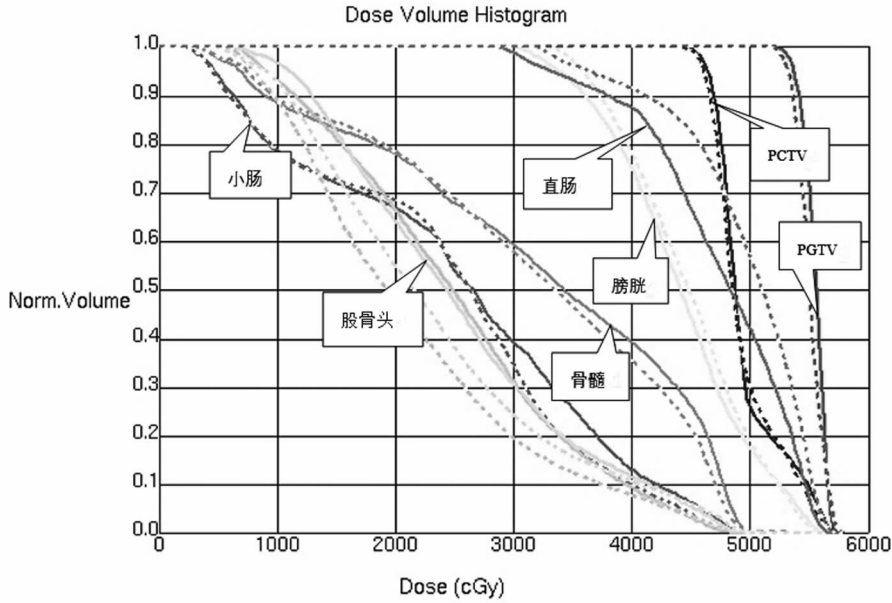


图2 某患者 AP(左)计划与 MP(右)计划中的剂量线分布

AP 与 MP 对比,发现 PGTV、PCTV、膀胱、骨髓的曲线基本重合, AP 中直肠的保护效果更好,小肠在左右股骨头稍高于 MP。见图3。



注: -代表 AP;...代表 MP

图3 AP 与 MP 中靶区与危及器官 DVH 图对比

2.2 两种计划方式的靶区剂量参数比较 AP 与 MP 相比,靶区 PGTV 在平均剂量差异中有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),相比之下 AP 的靶区均值 Dmean 更高,表明 AP 能够更好地达到靶区剂量;靶区 PCTV 在 CI 差异中有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),表明 MP 中 PCTV 靶区适形度更好;其余对比项比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表1、表2。

表1 AP 与 MP 两种方式对靶区 PGTV 受照剂量比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

参数	n	AP	MP	t 值	P 值
Dmin (cGy)	10	5652.00 ± 67.22	5603.40 ± 69.09	1.594	0.128
Dmax (cGy)	10	5263.50 ± 44.47	5272.10 ± 15.57	-0.577	0.571
Dmean (cGy)	10	5511.90 ± 39.93	5471.10 ± 39.65	2.293	0.034
HI	10	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.01	1.374	0.186
CI	10	0.80 ± 0.05	0.84 ± 0.05	-1.667	0.113

表2 AP 与 MP 两种方式对靶区 PCTV 受照剂量比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

参数	n	AP	MP	t 值	P 值
Dmin (cGy)	10	5597.10 ± 71.16	5561.90 ± 76.75	1.064	0.302
Dmax (cGy)	10	4544.50 ± 90.80	4520.60 ± 96.05	0.572	0.575
Dmean (cGy)	10	4897.50 ± 70.42	4885.80 ± 65.29	0.385	0.705
HI	10	0.22 ± 0.03	0.21 ± 0.03	0.131	0.897
CI	10	0.80 ± 0.02	0.83 ± 0.02	-2.789	0.012

2.3 两种计划方式的危及器官剂量参数比较 AP 与 MP 相比,所有危及器官的剂量学参数结果比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表 3。

表 3 AP 与 MP 两种方式对危及器官受照剂量比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

参数	n	AP	MP	t 值	P 值
<b>膀胱</b>					
V50(%)	10	15.02 ± 8.73	15.04 ± 9.87	-0.005	0.996
Dmean(cGy)	10	4345.52 ± 258.91	4359.46 ± 201.54	-0.134	0.895
<b>直肠</b>					
V50(%)	10	31.83 ± 12.63	38.72 ± 9.24	-1.391	0.181
Dmean(cGy)	10	4477.62 ± 442.21	4726.08 ± 220.80	-1.590	0.129
<b>小肠</b>					
V45(cc)	10	59.50 ± 31.32	56.21 ± 29.24	0.242	0.811
Dmean(cGy)	10	2304.54 ± 588.69	2410.37 ± 612.64	-0.394	0.698
<b>骨髓</b>					
V10(%)	10	90.23 ± 3.65	89.24 ± 1.69	0.775	0.448
V20(%)	10	79.75 ± 5.46	78.07 ± 3.19	0.839	0.412
Dmean(cGy)	10	3299.42 ± 174.14	3244.04 ± 143.33	0.776	0.448
<b>左股骨头</b>					
V50(%)	10	0.02 ± 0.06	0.05 ± 0.09	-0.869	0.396
Dmean(cGy)	10	2410.66 ± 294.94	2653.97 ± 485.42	-1.355	0.192
<b>右股骨头</b>					
V50(%)	10	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.02	-1.203	0.245
Dmean(cGy)	10	2389.84 ± 290.85	2623.47 ± 471.42	-1.334	0.199

2.4 两种计划方式的优化时间比较 AP 的优化时间为(40.2 ± 7.7) min,远少于 MP 的(108.5 ± 22.0) min,差异有统计学意义( $t = 9.264, P < 0.001$ ),且 AP 没有进行人工再次修正。

### 3 讨论

调强技术应用在宫颈癌治疗中能够很好地满足靶区的适形度,且使靶区剂量分布均匀,能够很好地保护正常组织并减少并发症的发生<sup>[7]</sup>。AP 功能是一种不断进行优化的算法,能够自动生成靶区、危及器官的辅助结构,并根据用户设定的优先级以及靶区与 OAR 之间的妥协关系来自动确定所有参数的权重值,在反复的运算中找到一个较为平衡的解,其模板参数可以在使用中随时修改保存,提高计划的效率。

本研究结果表明,AP 与 MP 相比,PGTV 在 Dmax、Dmin、HI 和 CI 方面差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),在 Dmean 的差异有统计学意义( $P < 0.05$ );PCTV 在 Dmax、Dmin、Dmean 和 HI 方面,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );在 CI 方面,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );说明 AP 对于 PGTV 高剂量靶区具有更好的效果;但在 PCTV 靶区适形度上,MP 稍有优势。OAR 中膀胱 V50、Dmean,直肠 V50、Dmean,小肠 V40、V45、Dmean,骨髓 V10、V20、Dmean 和左右股骨头 V50、Dmean,其受照剂量比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

AP 相比于 MP 可以在保证计划质量的前提下极大地减少计划优化时间。Kusters 等<sup>[8]</sup>研究认为 AP 计划在头颈部肿瘤中的计划时间能从 MP 计划的 4 h 缩减至 0.5 h 以内。Hazel 等<sup>[9]</sup>研究认为在头颈部计划中 AP 能在提高计划质量的同时节省优化时间,AP 能够得到可以接受的 DVH 结果,但是建议继续进行 MP 调整以达到更好效果。

综上所述,AP 不同于基于数据库模型的自动计划系统,其不需要建立数据库模型,同一个模板可以随时修改使用,在保证计划效果一致性的前提下优化的时间更少,提高了计划的效率。本研究的 AP 没有进行 MP 再优化,而在实际工作中需要根据使用者的经验来判断是否需要在 AP 优化完成之后进一步进行 MP 调整,以达到最佳的计划效果。

### 参 考 文 献

[1] 杜霄勤,安菊生,吴令英,等. 子宫颈癌体外放疗新进展[J]. 中华妇产科杂志,2013,48(9):710-713.

[2] 肖 锋,李云海,王洪林,等. 宫颈癌术后保护骨髓的调强放疗剂量学研究[J]. 中国癌症杂志,2013,23(3):200-206.

[3] 黄付静,马长升,祝爱峰,等. 基于先验知识的宫颈癌调强计划自动优化的可行性研究[J]. 中华肿瘤防治杂志,2015,22(23):1833-1836.

统计学差异,因此他认为腰背筋膜损伤组患者术后残留的疼痛较无腰背筋膜损伤组患者更为严重。随着年龄的增长,身体协调性及视力、肌力下降,老年人受伤几率增大,腰部肌肉、筋膜和韧带等软组织损伤后,引起局部继发病理性变化,刺激周围神经引起疼痛,同时因痛致痉,肌肉血管痉挛,局部缺血、缺氧,致痛性代谢产物增加从而加重疼痛感觉。筋骨并重是中医骨伤重要原则,骨折伴有软组织损伤,通常骨折的疼痛程度较为严重,在早期骨与软组织均有损伤的情况下,患者及医生的关注重点在骨骼上,在骨折经处理后,原来被掩盖的软组织损伤疼痛表现出来,发生术后残余痛。

本组患者均为老年人,通常存在一定的既往腰痛史,如椎间盘退变、小关节增生、韧带肥厚、肌肉劳损等退行性变,袁强等<sup>[15]</sup>认为当患者存在上述退行性变时,对于骨折时的疼痛判断,存在一定误诊。故在临床中,对于疼痛是否来源于骨折,需去伪存真,多方面考虑。

综上所述,椎体成形术后残余痛有一定的发生率,我们认为体重指数、BMD、椎体中间高度恢复、诱因是引起椎体成形术后残余腰痛的主要因素,这对预防及处理术后残余痛发生提供了重要依据。

### 参 考 文 献

[1] Jeon TS, Kim SB, Park WK. Lordoplasty: an alternative technique for the treatment of osteoporotic compression fracture[J]. Clin Orthop Surg, 2011, 3(2): 161 - 166.

[2] 董继胜,董力军,闫兵勇,等. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松椎体压缩性骨折的疗效观察[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(8): 748 - 751.

[3] Klazen CA, Lohle PN, de Vries J, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial[J]. Lancet, 2010, 376(9746): 1085 - 1092.

[4] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊治指南(2011年)[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2011, 4(1): 2 - 17.

[5] Yan Y, Xu R, Zou T. Is thoracolumbar fascia injury the

cause of residual back pain after percutaneous vertebroplasty? A prospective cohort study. [J]. Osteoporos Int, 2015, 26(3): 1119 - 1124.

[6] Liliang PC, Lu K, Shen SH. Persistent back pain after percutaneous vertebroplasty [J]. Pain Med, 2015, 16(3): 554 - 555.

[7] Lin CC, Shen WC, Lo YC, et al. Recurrent pain after percutaneous vertebroplasty [J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 194(5): 1323 - 1329.

[8] 行勇刚,张贵林,田伟. 骨质疏松性椎体压缩骨折患者术后腰背疼痛原因分析[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(29): 2342 - 2345.

[9] 樊继波,覃勇,李莎,等. 体重指数与女性骨质疏松症关系的 Logistic 回归分析[J]. 中国骨质疏松杂志, 2011, 17(8): 683 - 686.

[10] 沈煜,冯明利,徐军,等. 老年骨质疏松性椎体压缩性骨折部位和腰椎骨密度对下腰部疼痛的影响[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(23): 1818 - 1820.

[11] Gaitanis IN, Carandang G, Phillips FM, et al. Restoring geometric and loading alignment of the thoracic spine with a vertebral compression fracture: effects of balloon (bone tamp) inflation and spinal extension [J]. Spine J, 2005, 5(1): 45 - 54.

[12] Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture [J]. JAMA, 2001, 285(3): 320 - 323.

[13] Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, et al. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14): 1631 - 1638.

[14] 徐人杰,朱国清,蔡小强,等. 椎体成形术后残留腰背痛与腰背筋膜损伤的相关性研究[J]. 中国骨与关节外科, 2012, 5(5): 389 - 393.

[15] 袁强,王华栋,吕艳伟,等. 197例严重骨质疏松胸腰椎骨折患者外伤史和疼痛部位分析[J]. 山东医药, 2014, 54(44): 5 - 7.

(收稿日期:2017-04-17 修回日期:2017-06-11)

(上接第 458 页)

[4] 何垠波,张隆彬,肖江洪,等. 鼻咽癌自动调强放疗计划设计的可行性[J]. 生物医学工程学杂志, 2015, 32(6): 1288 - 1293.

[5] 柏朋刚. 基于数据驱动的鼻咽癌调强计划自动化设计[J]. 医疗装备, 2013, 26(2): 6 - 9.

[6] Marks LB, Yorke ED, Jackson A, et al. Use of normal tissue complication probability models in the clinic [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 76(3 Suppl): S10 - S19.

[7] 李兴兰,盛修贵. 子宫颈癌调强放疗的研究进展[J]. 中

华妇产科杂志, 2014, 49(9): 710 - 712.

[8] Kusters M, Bzdusek K, Kumar P, et al. SU-E-T-590: Automatic IMRT Planning in Pinnacle: A Study in Head - And - Neck Cancer [J]. Med Phys, 2013, 40(6 Part 20): 341.

[9] Hazell I, Bzdusek K, Kumar P, et al. Automatic planning of head and neck treatment plans [J]. J Appl Clin Med Phys, 2016, 17(1): 5901.

(收稿日期:2017-04-22 修回日期:2017-06-20)