

## 术前宫颈癌容积旋转调强与固定野动态调强技术剂量对比

李明,王忠明,赵军,周杰,马建华

连云港市第二人民医院放疗科,江苏 连云港 222023

**【摘要】目的:**比较容积旋转调强(VMAT)和固定野动态调强放疗(DIMRT)技术在术前宫颈癌放疗中的剂量学差别。**方法:**选取10例接受放疗的术前宫颈癌患者,勾画靶区,用Eclipse 11.0计划系统设计双弧VMAT计划和5野DIMRT计划,比较两者靶区的适形度指数(CI)和均匀性指数(HI)、危及器官的剂量学差别、加速器跳数和照射时间。**结果:**双弧VMAT计划与5野DIMRT计划的CI( $0.78\pm0.05$ ,  $0.84\pm0.03$ ;  $P>0.05$ )和HI( $0.05\pm0.00$ ,  $0.05\pm0.00$ ;  $P>0.05$ )统计学无显著性差异,膀胱的 $V_{40}$ 、 $V_{45}$ 、 $V_{50}$ 和小肠的 $V_{20}$ 、股骨头、骨盆剂量有显著性差异之外,其它指标未有显著性差异。**结论:**VMAT和DIMRT技术两者均能很好达到临床剂量学的要求,但在保护正常器官方面,VMAT比DIMRT技术更优或相当,VMAT技术在减少加速器跳数和照射时间方面优势明显。

**【关键词】**宫颈癌;容积旋转调强;固定野动态调强;加速器跳数

**【中图分类号】**R445.4;R737.33

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2019)01-0029-04

## Dose comparison of preoperative volumetric modulated arc therapy and dynamic intensity-modulated radiotherapy for cervical cancer

LI Ming, WANG Zhongming, ZHAO Jun, ZHOU Jie, MA Jianhua

Department of Radiotherapy, the Second People's Hospital of Lianyungang, Lianyungang 222023, China

**Abstract: Objective** To compare the dosimetric differences between volumetric modulated arc therapy (VMAT) and dynamic intensity-modulated radiotherapy (DIMRT) in preoperative radiotherapy for cervical cancer. **Methods** Ten patients receiving preoperative radiotherapy for cervical cancer were selected. After target areas were delineated, double-arc VMAT plan and 5-field DIMRT plan were designed with Eclipse 11.0 planning system. The conformity index and homogeneity index of target areas, dosimetric differences of organs-at-risk, monitor units and treatment time were compared. **Results** The conformity index and homogeneity index were similar in double-arc VMAT plan and 5-field DIMRT plan ( $0.78\pm0.05$  vs  $0.84\pm0.03$ ,  $P>0.05$ ;  $0.05\pm0.00$  vs  $0.05\pm0.00$ ,  $P>0.05$ ). No significant differences were found in dosimetric indexes, except the  $V_{40}$ ,  $V_{45}$ ,  $V_{50}$  of bladder, the  $V_{20}$  of small intestine, the dose of femoral head and pelvis. **Conclusion** Both VMAT and DIMRT can meet the requirements of clinical dosimetry. VMAT is equivalent or superior to DIMRT in protecting normal organs. Moreover, VMAT technology has significant advantages in reducing monitor units and shortening treatment time.

**Keywords:** cervical cancer; volumetric modulated arc therapy; dynamic intensity-modulated radiotherapy; monitor unit

### 前言

宫颈癌是女性生殖系统最常见的恶性肿瘤之一,放射治疗是宫颈癌的主要治疗手段,随着放疗技术的不断进步,调强放疗(IMRT)取代了常规放疗和三维适形放疗,不仅提高了治疗的精度,而且降低了正常组织

的照射剂量,减少了放疗相关的不良反应的发生<sup>[1]</sup>。但IMRT也有一定的缺陷,比如治疗时间较长,增加了误差<sup>[2]</sup>。容积旋转调强(VMAT)是IMRT的新形式,机架运动的时候,多叶光栅(MLC)叶片也不停运动形成各种形状、剂量率、机架旋转速度都是变化的。VMAT是更加复杂的IMRT,已经应用在许多肿瘤的治疗上,包括前列腺癌、食管癌和脑瘤上,均取得了较好的疗效<sup>[2-4]</sup>。现在有一些文章比较7野、9野IMRT和VMAT在剂量学方面的差异<sup>[5-6]</sup>。这里我们通过比较术前宫颈癌病人仰卧位双弧VMAT和5野固定野动态调强(DIMRT)技术在术前宫颈癌放疗中的剂量学差异,为临床应用提供參考。

**【收稿日期】**2018-08-11

**【基金项目】**连云港市卫生与计划生育委员会科技项目(201620)

**【作者单位】**李明,硕士研究生,副主任技师,研究方向:生物医学工程、医学物理, E-mail: 447105659@qq.com

**【通信作者】**马建华,硕士研究生,副主任医师,研究方向:肿瘤放射治疗, E-mail: jianhuamama@126.com

## 1 材料与方法

### 1.1 病人选择

回顾性选取在连云港市第二人民医院放疗中心接受调强放射治疗的宫颈癌患者10例作为研究对象,年龄47~66岁,中位年龄57岁;分期ⅡB有7例,ⅢB有3例。

### 1.2 定位方法

患者均采用仰卧位,真空垫体膜固定,在自由呼吸状态下应用东软CT模拟机行放疗前定位,扫描层厚为0.5 cm。扫描图像通过瓦里安 Aria 网络系统传输到Eclipse11治疗计划系统(TPS)。

### 1.3 靶区勾画和处方剂量要求

要求靶区勾画由同一位放疗医师完成,医生在TPS上勾画肿瘤靶区(GTV),临床靶区(CTV)包括肿瘤、子宫体、宫旁、部分阴道、骶内、骶外、骶前、闭孔及髂总淋巴结,危及器官包括小肠、直肠、膀胱、骨盆和股骨头。计划靶区(PTV)为CTV在脚头方向外放10 mm,左右前后外放5~10 mm。危及器官限量:小肠 $V_{50}<10\%$ 、 $V_{52}<0\%$ ,直肠 $V_{50}<50\%$ ,膀胱 $V_{50}<50\%$ ,骨盆 $V_{30}<50\%$ ,股骨头 $V_{50}<5\%$ 。

### 1.4 治疗计划设计

物理师采用瓦里安Eclipse11计划系统,选择6 MV X射线制定计划。VMAT计划采用2个全弧,旋转角度为逆时针 $179^{\circ}\sim 181^{\circ}$ ,再顺时针 $181^{\circ}\sim 179^{\circ}$ 。DIMRT选用等角度5个固定野动态调强,机架角度分别为 $70^{\circ}$ 、 $125^{\circ}$ 、 $180^{\circ}$ 、 $235^{\circ}$ 、 $290^{\circ}$ 。单次剂量2.0 Gy,

5次/周,要求95%PTV达到50 Gy。PTW729和Octavius 4D验证计划。

### 1.5 计划评价

通过剂量体积直方图(DVH)评估靶区和危及器官的剂量分布。将处方剂量归一到95%的PTV体积,两种计划的靶区和危及器官分别进行分析和评价。(1)PTV的评价指标:靶区适形度指数(CI)和均匀性指数(HI)评估靶区剂量分布,CI采用Vant'Riet公式<sup>[7]</sup>, $CI = (TV_{RI}/TV) \times (TV_{RI}/V_{RI})$ ,其中,TV为靶体积,TV<sub>RI</sub>为95%处方等剂量线包绕的靶体积,V<sub>RI</sub>为处方等剂量线包绕的体积,CI的值为0~1,CI值越接近1说明靶区适形性越好。靶区剂量HI参考ICRU 83号报告, $HI = (D_{2\%} - D_{98\%})/D_{50\%}$ ,其中D<sub>2%</sub>、D<sub>98%</sub>、D<sub>50%</sub>分别为2%、98%和50%的PTV体积接受的剂量<sup>[8]</sup>,D<sub>2%</sub>为靶区最大近似剂量,D<sub>98%</sub>为靶区近似最小剂量,D<sub>50%</sub>为近似靶区平均剂量,HI值越小说明靶区剂量分布越均匀。(2)危及器官评价指标:膀胱、直肠、股骨头、骨盆和小肠的V<sub>20</sub>、V<sub>30</sub>、V<sub>40</sub>、V<sub>45</sub>、V<sub>50</sub>。

### 1.6 统计学方法

本研究采用SPSS 17.0统计软件对计划所得数据进行录入和分析,定量资料用均数±标准差表示, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 等剂量分布比较

横断面比较,两者差异不大,如图1所示。

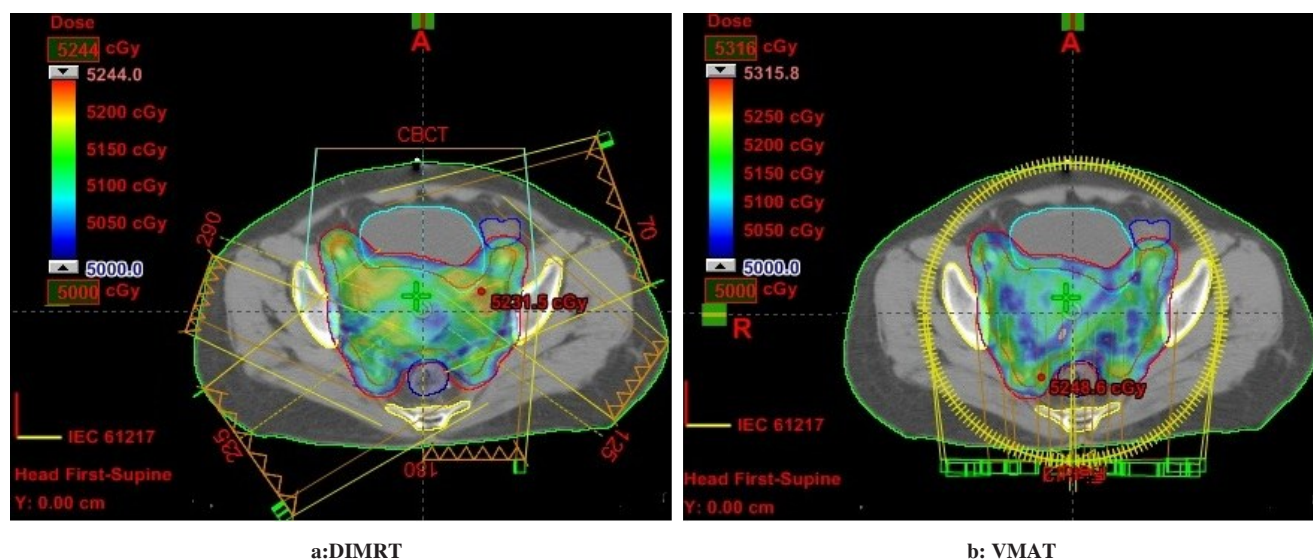


图1 两种计划横断面对比图

Fig.1 Cross section comparison between DIMRT plan and VMAT plan

DIMRT: Dynamic intensity-modulated radiotherapy; VMAT: Volumetric modulated arc therapy

## 2.2 靶区的CI和HI比较

双弧VMAT计划与5野DIMRT计划CI( $0.78 \pm 0.05$ ,  $0.84 \pm 0.03$ ;  $P > 0.05$ )和HI( $0.05 \pm 0.00$ ,  $0.05 \pm 0.00$ ;  $P > 0.05$ )差异在统计学上无显著意义。

## 2.3 机器跳数时间比较

双弧VMAT计划和5野DIMRT计划的机器跳数分别为( $440.6 \pm 24.8$ )和( $1\ 209.6 \pm 97.2$ ) MU, 5野DIMRT计划的机器跳数是VMAT计划跳数的近3

倍。5野DIMRT计划的治疗时间是VMAT计划跳数的2倍左右。

## 2.4 危及器官剂量评价

比较双弧VMAT计划与5野DIMRT计划膀胱、左右股骨头、骨盆和小肠的 $V_{20}$ 、 $V_{30}$ 、 $V_{40}$ 、 $V_{45}$ 、 $V_{50}$ ,结果表明,膀胱的 $V_{40}$ 、 $V_{45}$ 、 $V_{50}$ 和小肠的 $V_{20}$ 、左右股骨头、骨盆剂量差异在统计学上有显著意义之外( $P < 0.05$ ),其他指标差异在统计学上未有显著性意义(表1)。

表1 DIMRT和VMAT计划危及器官剂量比较( $n=10$ , %)

Tab.1 Dose comparison of organs-at-risk between DIMRT and VMAT ( $n=10$ , %)

Organs-at-risk	Plan	$V_{20}$	$V_{30}$	$V_{40}$	$V_{45}$	$V_{50}$
Bladder	DIMRT	$99.86 \pm 0.46$	$97.18 \pm 3.48$	$89.71 \pm 7.56$	$76.64 \pm 12.01$	$31.95 \pm 17.87$
	VMAT	$99.72 \pm 0.88$	$93.60 \pm 5.85$	$81.36 \pm 10.76$	$68.37 \pm 11.04$	$30.62 \pm 17.34$
Rectum	DIMRT	$100.00 \pm 0.00$	$100.00 \pm 0.00$	$99.34 \pm 1.07$	$93.11 \pm 5.71$	$30.51 \pm 12.09$
	VMAT	$100.00 \pm 0.00$	$100.00 \pm 0.00$	$97.90 \pm 5.26$	$90.78 \pm 9.17$	$33.22 \pm 8.92$
Femoral-L	DIMRT	$100.00 \pm 0.00$	$91.34 \pm 9.12$	$43.67 \pm 17.11$	$10.85 \pm 6.59$	$0.97 \pm 1.46$
	VMAT	$99.07 \pm 1.96$	$71.14 \pm 14.78$	$22.41 \pm 12.29$	$8.86 \pm 6.30$	$0.52 \pm 1.05$

## 3 讨论

宫颈癌的放疗包括体外照射和腔内放疗,目前国际妇产科联盟认可的治疗方案为盆腔外照射45~54 Gy,同时应用腔内照射<sup>[9]</sup>。外照射调强放疗则通过MLC进一步优化射束剂量,不但靶区和肿瘤大小相契合,同时能最大程度减少危及器官和正常组织的照射剂量,有效提高肿瘤的治疗增益比<sup>[10-13]</sup>。然而,IMRT技术在临床应用中也存在一定问题,如治疗时间较长,可能导致肿瘤相对生物效应降低;机器跳数增加,接受低剂量照射的正常组织多,也有导致第二原发肿瘤的风险,患者治疗时间长,舒适感降低,可能导致摆位误差增大等<sup>[14-16]</sup>。VMAT作为IMRT和弧形治疗有机的结合,兼有调强治疗剂量分布的“优”和弧形治疗的“快”,是现今最先进的一种放射治疗技术。它们是建立在Otto<sup>[17]</sup>提出的容积弧形调强放射治疗理论基础上的的一种新的调强放疗技术,它利用单弧或多弧,通过优化机架旋转的角度、调整MLC的形状及输出剂量率,对靶区进行强度调制。与传统静态调强放疗相比,VMAT具有适形度更高、机器跳数少、治疗时间减少等优点。Renard等<sup>[18]</sup>数据显示,旋转调强放疗技术用于治疗宫颈癌时能将治疗时间从IMRT的12 min缩短至3 min,机器跳数从962.2 MU减少至376.5 MU。

Macchia等<sup>[19]</sup>对30例高危子宫内膜癌术后患者采取VMAT治疗,与30例既往予三维适形计划放疗的患

者进行对比,结果表明,VMAT组PTV的CI更好,对小肠、直肠、膀胱的保护更好,有效减少急性胃肠道反应。Cozzi等<sup>[20]</sup>比较宫颈癌单弧VMAT和5野IMRT剂量学差异,发现VMAT比IMRT减少直肠、小肠和膀胱照射剂量的同时,改善靶区剂量分布,提高靶区适形性和均匀性。Guy等<sup>[21]</sup>为10例宫颈癌患者分别制定3组放疗计划:三维适形、静态调强和VMAT,分别比较了直肠、膀胱、小肠和阴道的受量。可以得出结论:除了阴道,其他风险器官静态调强和VMAT较三维适形组均有明显优势,在小肠的 $V_{20}$ 比较上,VMAT则更优于静态调强。Zhang等<sup>[5]</sup>比较了7野IMRT和单弧VMAT计划,和Guy等<sup>[22]</sup>比较了IMRT和单弧VMAT计划得到相似的结论,CI和HI差异均无统计学意义,但时间和机器跳数都明显减少。我们得到了相似的结论,但由于方法以及所用的加速器、计划系统算法不同,结果有一定的差异。

## 4 结论

宫颈癌的放疗技术正在不断进步,三维适形放疗优于普通二维放疗,IMRT则无论在靶区优化和正常器官保护方面均优于三维适形放疗。新的VMAT技术在治疗时间、机器跳数及膀胱、直肠、骨盆骨髓、股骨头、小肠受量等方面有一定优势,是放疗科医生的较优选择。因为其还处于发展阶段,算法仍有待改进,患者的疗效是否得到改善也需要医生长时间的观察和研究。



致谢:感谢连云港市第二人民医院放疗科的全体同仁对工作的支持与帮助。

## 【参考文献】

- [1] HANSEN H, HOGADLL C, ENGELHOLM S. Radiation therapy without cisplatin for elderly cervical cancer patients[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 90(1): 484-485.
- [2] WOLFF D, STIELER F, WELZEL G, et al. Volumetric modulated arc therapy (VMAT) vs serial tomotherapy, step-and-shoot IMRT and 3D-conformal RT for treatment of prostate cancer[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(3): 226-233.
- [3] 高瀚, 贾鹏飞, 陈炳森, 等. 食管癌 VMAT 与 IMRT 剂量比较的 Meta 分析[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2017, 26(9): 1055-1061.  
GAO H, JIA P F, CHEN B S, et al. Dosimetric comparison between volumetric-modulated arc therapy and intensity-modulated radiotherapy for esophageal cancer: a Meta-analysis [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2017, 26(9): 1055-1061.
- [4] 宋婷婷, 盛晓芳, 汪洋, 等. Compass 剂量验证系统在 VMAT 脑肿瘤床同步追量中的应用[J]. *中国医学物理学杂志*, 2016, 33(10): 1012-1016.  
SONG T T, SHENG X F, WANG Y, et al. Application of Compass dose verification system in tumor bed synchronous integrated boost radiation of VMAT for brain tumor[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2016, 33(10): 1012-1016.
- [5] ZHANG R H, FAN X M, BAI W W, et al. Implementation of constant dose rate and constant angular spacing intensity modulated arc therapy for cervical cancer by using a conventional linear accelerator [J]. *Chinese Medical Journal*, 2016, 129(3): 284-288.
- [6] 杨勤, 李贵玲, 陈秘, 等. 宫颈癌容积旋转调强与固定野九野调强计划对比研究[J]. *中国医师杂志*, 2015, 17(4): 501-505.  
YANG Q, LI G L, CHEN M, et al. Comparison of volumetric-modulated arc therapy (VMAT) with nine-field dynamic intensity-modulated radiation therapy (IMRT) for cervical cancer [J]. *Journal of Chinese Physician*, 2015, 17(4): 501-505.
- [7] FEUVRET L, NOEL G, MAZERON J J, et al. Conformity index: a review[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 64(2): 333-342.
- [8] LISTED N. Prescribing, recording, and reporting photon beam intensity modulated radiation therapy (IMRT)[J]. *J ICRU*, 2010, 10(1): 1-106.
- [9] LEZAL D G, CAMPBELL S. Global strategies for the treatment of early-stage and advanced cervical cancer [J]. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 2015, 12(28): 781-786.
- [10] THAM I W, HEE S W, YEO R M, et al. Treatment of nasopharyngeal carcinoma using intensity-modulated radiotherapy-the national cancer centre Singapore experience[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 75(5): 1481-1486.
- [11] KAM M K, TEO P M, CHAU R M, et al. Treatment of nasopharyngeal carcinoma with intensity-modulated radiotherapy: the Hong Kong experience[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2004, 60(5): 1440-1450.
- [12] HUNT M A, ZELEFSKY M J, WOLDEN S, et al. Treatment planning and delivery of intensity-modulated radiation therapy for primary nasopharynx cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2001, 49(3): 623-632.
- [13] 邓海军, 赵艳群, 罗文娟, 等. 宫颈癌术后 IMRT 和 VMAT 放疗技术剂量学研究[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2017, 24(10): 708-713.  
DENG H J, ZHAO Y Q, LUO W J, et al. Research of postoperative patients with cervical cancer dosimetry of IMRT and VMAT radiotherapy technology[J]. *Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment*, 2017, 24(10): 708-713.
- [14] GUCKENBERGER M, RICHTER A T. Is a single arc sufficient in volumetric-modulated arc therapy (VMAT) for complex-shaped target volumes?[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(2): 259-265.
- [15] MURRAY L J, THOMPSON C M, JOHN L, et al. Radiation-induced second primary cancer risks from modern external beam radiotherapy for early prostate cancer: impact of stereotactic ablative radiotherapy (SABR), volumetric modulated arc therapy (VMAT) and flattening filter free (FFF)[J]. *Phys Med Biol*, 2015, 60(3): 1237-1247.
- [16] 董晓琪, 冯革, 尹策, 等. 宫颈癌 VMAT 与静态 IMRT 所致全身剂量当量比较[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2017, 26(6): 667-670.  
DONG X Q, FENG G, YIN C, et al. Comparison of whole-body equivalent doses from volumetric modulated arc therapy and static intensity-modulated radiotherapy for cervical cancer [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2017, 26(6): 667-670.
- [17] OTTO K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc[J]. *Med Phys*, 2008, 35(1): 310-317.
- [18] RENARD O S, RUNAUD C B, HUGER S, et al. Dosimetric comparison between the intensity modulated radiotherapy with fixed field and Rapid Arc of cervix cancer[J]. *Cancer Radiother*, 2012, 16(3): 209-214.
- [19] MACCHIA G, CILLA J, MORGANTI A G, et al. Adjuvant volumetric-modulated arc therapy with simultaneous integrated boost in endometrial cancer, planning and toxicity comparison [J]. *Acta Oncol*, 2014, 53(2): 251-258.
- [20] COZZI L, DINSHAW K A, SHRIVASTAVA S K, et al. A treatment planning study comparing volumetric arc modulation with RapidArc and fixed field IMRT for cervix uteri radiotherapy [J]. *Radiother Oncol*, 2008, 89(2): 180-191.
- [21] GUY J B, FALK A T, AUBERDIAC P, et al. Dosimetric study of volumetric arc modulation with RapidArc and intensity-modulated radiotherapy in patients with cervical cancer and comparison with 3-dimensional conformal technique for definitive radiotherapy in patients with cervical cancer[J]. *Med Dosim*, 2015, 73(6): 255-259.
- [22] GUY J B, ALEXANDER T, FALK M D, et al. Dosimetric study of volumetric arc modulation with RapidArc and intensity-modulated radiotherapy in patients with cervical cancer and comparison with 3-dimensional conformal technique for definitive radiotherapy in patients with cervical cancer[J]. *Med Dosim*, 2016, 41(1): 9-14.

(编辑:陈丽霞)