

## 容积旋转调强与固定野调强在宫颈癌根治性放疗中的剂量学比较

刘培培 ,曹永珍

天津医科大学总医院肿瘤放射治疗科 天津 300052

**摘要:** 目的 比较容积旋转调强(VMAT)与7野固定野调强(7IMRT)两种放射治疗技术在中晚期宫颈癌放射治疗中的剂量学差异。方法 选取10例不适合行腔内照射的中晚期宫颈癌患者,分别制定7野调强放疗计划和容积旋转调强放疗计划。利用剂量体积直方图来统计GTV和PTV的相关参数、适行指数(CI)、均匀性指数(HI)、小肠、直肠、膀胱、股骨头正常组织的剂量体积参数,以及机器跳数(MU)及治疗时间。结果 VMAT技术GTV的平均剂量略高于7IMRT且具有统计学意义,GTV的 $D_2$ 、 $D_{98}$ 、CI、HI差异无统计学意义,PTV中的 $D_2$ 、 $D_{98}$ 、 $D_{mean}$ 、CI、HI差异均无统计学意义,VMAT技术直肠的 $V_{40}$ 、 $V_{46}$ 、 $D_{mean}$ 优于7IMRT且差异有统计学意义, $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 、 $V_{30}$ 差异无统计学意义,两种计划在小肠、膀胱、股骨头的剂量分布差异无统计学差异。VMAT技术机器跳数较7IMRT减少35.68%,平均治疗时间减少61.5%。结论 VMAT技术在剂量分布上与7IMRT相当或略优,但机器跳数和治疗时间明显减少。

**关键词:** 宫颈癌;固定野调强;容积旋转调强;剂量学

**Dosimetric Comparison of Volumetric Modulated Arc Therapy with Fixed Field Intensity modulated Radiotherapy for Cervical Carcinoma.** LIU Pei - pei ,CAO Yong - zhen. Departemet of Radiation Oncology ,General Hospital of Tianjin Medical University ,Tianjin 300052 China.

Corresponding Author: CAO Yong - zhen ,E - mail: cyz1956@ hotmail. com

**Abstract:** **Objective** To compare the dosimetric difference between volumetric modulated arc therapy (VMAT) and seven fixed field intensity modulated radiotherapy (7IMRT) in middle and advanced cervical carcimona. **Methods** Ten patients of middle and advanced cervical carcinoma who are unsuitable for brachytherapy for technical or medical reasons were enrolled in this study. Seven field IMRT and VMAT plans were generated for these patients. Dose volume histograms were adopted for the statistics of  $D_2$  , $D_{98}$  , $D_{mean}$  ,conformal index (CI) ,homogeneity index (HI) of GTV and PTV ,dose volumetric parameters of normal tissues ,the small intestine ,rectum ,bladder and femoral heads ,total accelerator output monitor units and total treatment time. **Results** The mean dose of the GTV for the VMAT plan is higher than that of the 7IMRT plan ,which has statistical significant differences. The  $D_2$  , $D_{98}$  ,CI ,HI of the GTV for both plans have no significant differences ,and still the  $D_2$  , $D_{98}$  , $D_{mean}$  ,CI ,HI of the PTV for the two plans have no significant differences. VMAT has a better sparing effect on the  $V_{40}$  , $V_{46}$  , $D_{mean}$  of the rectum and the two plans have no significant differences on the  $V_{10}$  , $V_{20}$  , $V_{30}$  ,of the rectum. And the effect of other sparing on the small intestine ,bladder and femoral heads is weak between VMAT and IMRT. The mean monitor units by VMAT is fewer by 35.68% in comparison with those of 7IMRT ,the treatment time by VMAT is shorer by 61.5% in comparison with that of 7IMRT. **Conclusion** VMAT achieves equal or better target coverage and organs at risk sparing while using fewer monitor units and less time.

**Key words** Cervical Carcinoma; Volumetric Modulated Arc Therapy; Fixed Field Intensity Modulated Radiotherapy; Dosimetrics

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004 - 714X(2015)02 - 04 - 0109

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.02.004

宫颈癌是妇科最常见的恶性肿瘤,严重危害了妇女的身体健康。放疗作为宫颈癌常用的治疗方法之一广泛用于各期宫颈癌的治疗,显著改善了其局部控制率及总生存率<sup>[1-2]</sup>。近年来随着放射治疗技术的发展,调强放射治疗(IMRT)技术应经广泛用于宫颈癌的放疗。调

强放射治疗可以调高靶区的适行度,减少周围正常器官的受照剂量。当前,弧形容积旋转调强放射治疗技术已得到越来越广泛的应用,此技术不同于固定野调强技术,该技术是在机架等中心旋转照射的同时,通过改变多叶准直器(MLC)射野形状、加速器输出计量率和(或)机架旋转速度,完成在不同射野方向上线束调整,实现逆向计划的优化强度分布,具有实现最优计划质量

作者简介:刘培培(1987-),女,山东人,硕士在读,研究方向为肿瘤放射治疗学。  
通讯作者:曹永珍,E-mail: cyz1956@ hotmail. com

和实施效率的可能性<sup>[3]</sup>。与固定野调强技术相比明显减少了治疗时间及机器跳数。本文主要对两种技术在宫颈癌根治性放疗中的应用进行剂量学比较。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2013 年 12 月 01 日至 2014 年 10 月 1 日接受宫颈癌根治性放疗的 10 例患者,年龄 45~73 岁,中位年龄 64 岁,均为 II B~III B 期,均行根治性放疗。患者采用仰卧位,热塑体模固定,使用飞利浦公司的 16 排大孔径 CT 模拟定位机对病人进行 CT 扫描。扫描范围从肝上缘至坐骨结节下 5 cm,扫描层厚 5 mm,层距 5 mm,扫描后将图像由局域网传至 pinnacle 9.2 计划设计系统。

1.2 靶区及危及器官的勾画 遵循 ICRU50 及 52 号文件规定的 GTV、CTV、PTV 的勾画原则。GTV 包括宫颈肿瘤原发灶及转移的盆腔淋巴结。CTV 包括 GTV,宫颈宫体旁阴道穹总管内骶外骶前闭孔淋巴引流区。PTV 为 CTV 上下左右前后外放 5 mm 形成。危及器官包括脊髓、小肠、膀胱、直肠、左右侧髂骨及左右侧股骨头。靶区勾画后经主任医师认同后由物理师行放疗计划设计。

## 1.3 计划设计

1.3.1 A 计划 静态调强放疗(dIMRT):由物理师做计划,采用飞利浦公司 pinnacle9.2 计划系统,6 MV X 射线 7 野等中心照射,射线角度分别为 0°,50°,100°,150°,210°,260°,310°,正常组织剂量限制:直肠  $V_{40} < 40\%$ ,膀胱  $V_{40} < 40\%$ ,小肠  $V_{30} < 40\%$ ,髂骨  $V_{20} < 50\%$ ,股骨头  $V_{40} < 5\%$ ,脊髓  $D_{1cc} < 40$  Gy,要求 PTV  $\leq 107\%$  处方剂量, $>95\%$  的 PTV 被 95% 处方剂量覆盖,CTV 特别是 GTV 内无冷点,PTV 外无热点,直肠前壁及膀胱后壁无热点,PTV 为 50 Gy,CTV 为 60 Gy,1 次/d,5 d/周,共 30 次。

1.3.2 B 计划 弧形容积旋转调强放射治疗(VMAT):由物理师做计划,采用飞利浦公司 pinnacle 9.2 计划系统,6 MV X 射线,最大剂量率为 500 MU/min,双弧旋转治疗:顺时针旋转起始角度 181°,终止角度 180°,机头角 0°,床角 0°;逆时针旋转起始角度 180°,终止角度 181°,机头角 0°,床角 0°。靶区剂量要求优化条件设置同 IMRT。

## 1.4 评估方法

1.4.1 GTV、PTV 根据 ICRU 83 号报告<sup>[4]</sup>,最大剂量  $D_{max}$  用  $D_2$  (2% 体积所受剂量) 表示,最小剂量  $D_{min}$  用  $D_{98}$  (98% 体积所受的剂量) 表示,平均剂量  $D_{mean}$ ,靶区

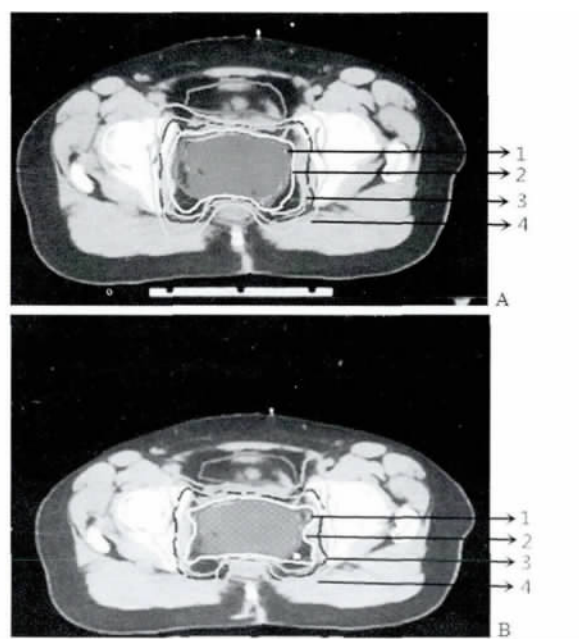
适行指数 (Conformity Index, CI):  $CI = V_{T,ref} / V_T \times V_{T,ref} / V_{re}$ ,其中  $V_{T,ref}$  为 95% 等剂量线所包绕的靶区体积, $V_T$  为靶体积, $V_{ref}$  为 95% 等剂量线所包绕的所有区域体积,CI 取值为 0~1,越接近 1 说明靶区适行度越好。靶区剂量均匀性指数 (homogeneity index, HI):  $HI = (D_5 - D_{95}) / D_T$ ,其中  $D_5$  为 5% 体积所受的剂量, $D_{95}$  为 95% 体积所受的剂量, $D_T$  为靶区所给的剂量。HI 值越大说明计划的剂量分布均匀性越差。危及器官:小肠、膀胱、直肠、股骨头接受 10 Gy、20 Gy、30 Gy、40 Gy、46 Gy 的体积百分比  $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 、 $V_{30}$ 、 $V_{40}$ 、 $V_{46}$  和平均剂量  $D_{mean}$ 。

1.4.2 机器数和治疗时间 机器跳数 (MU) 为所有射野相加的总数,治疗时间  $t$  为加速器实际治疗出束时间。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 18.0 版统计软件,对靶区和危及器官受照剂量进行配对样本  $t$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 靶区剂量分布 VMAT 和 dIMRT 两种计划  $V_{95}$  均大于 95%,其剂量分布结果均能满足临床要求。两种计划中 GTV 的  $D_2$ 、 $D_{98}$ 、CI、HI 差异均无统计学意义,而平均值 ( $D_{mean}$ ) VMAT 较 IMRT 大,且差异有统计学意义;PTV 的  $D_2$ 、 $D_{98}$ 、CI、HI 和  $D_{mean}$  差异均无统计学意义。见表 1、图 1。



阴影区为 GTV; 箭头 1: 6000 cGy 等剂量线; 箭头 2: 5700 cGy 等剂量线; 箭头 3: 4750 cGy 等剂量线; 箭头 4: 4000 cGy 等剂量线。

图 1 同一个病人 VMAT (A) 和 7 野调强 (B) 放疗计划对比

表 1 两种计划靶区剂量学参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	VMAT	IMRT	t 值	P 值
GTV				
D <sub>2</sub> ( cGy)	7379.65 ± 136.76	7396.54 ± 31.34	-0.314	0.743
D <sub>98</sub> ( cGy)	5824.91 ± 125.93	5826.81 ± 139.06	-0.081	0.937
D <sub>mean</sub> ( cGy)	6739.58 ± 53.13	6654.76 ± 64.73	3.788	0.007
HI	0.1964 ± 0.35	0.1960 ± 0.39	0.053	0.960
CI	0.5238 ± 0.14	0.5133 ± 0.15	0.703	0.505
PTV				
D <sub>2</sub> ( cGy)	7182.59 ± 200.59	7111.76 ± 133.87	1.622	0.149
D <sub>98</sub> ( cGy)	4598.50 ± 30.25	4565.41 ± 143.06	0.667	0.526
D <sub>mean</sub> ( cGy)	5639.96 ± 169.02	5596.34 ± 126.43	2.110	0.073
HI	0.43 ± 0.05	0.42 ± 0.05	0.898	0.399
CI	0.80 ± 0.25	0.79 ± 0.22	0.988	0.356

## 2.2 两种计划的危及器官剂量学比较 比较膀胱、直肠、小肠、股骨头的受照剂量 见表 2 ~ 5。

表 2 两种技术膀胱受照剂量比较( $\bar{x} \pm s$ )

器官	VMAT	7IMRT	t 值	P 值
膀胱				
V <sub>10</sub> ( %)	100	100	-	-
V <sub>20</sub> ( %)	98.63 ± 3.07	98.22 ± 3.42	0.312	0.764
V <sub>30</sub> ( %)	81.83 ± 16.79	77.38 ± 17.48	0.678	0.520
V <sub>40</sub> ( %)	28.32 ± 7.99	28.72 ± 8.70	-0.196	0.850
V <sub>46</sub> ( %)	9.03 ± 4.22	12.17 ± 7.32	-1.305	0.233
D <sub>mean</sub> ( cGy)	3618.36 ± 261.47	3602.48 ± 311.77	0.175	0.866

VMAT 技术中膀胱的受量与 7IMRT 无明显差异: 直肠受量 V<sub>10</sub>、V<sub>20</sub>、V<sub>30</sub> 与 7IMRT 无明显差异, V<sub>40</sub>、V<sub>46</sub>、D<sub>mean</sub> 略优于 7IMRT 且差异有统计学意义。小肠的受量与 7IMRT 差异无统计学意义。股骨头 V<sub>10</sub>、V<sub>30</sub>、V<sub>40</sub>、D<sub>10</sub>、D<sub>mean</sub> 与 7IMRT 技术无明显差异, V<sub>20</sub> 略高于 7IMRT 且差异有统计学意义。

## 2.3 MU 及治疗时间的比较 两种技术的对比结果见表 6。

从表 7 可以看出, VMAT 技术的治疗时间较 7IMRT 减少 61.5% , MU 比 7IMRT 平均减少 35.68% 。

表 3 两种技术直肠受量的比较( $\bar{x} \pm s$ )

器官	VMAT	7IMRT	t 值	P 值
直肠				
V <sub>10</sub> ( %)	99.35 ± 1.84	99.34 ± 1.86	1.000	0.351
V <sub>20</sub> ( %)	98.98 ± 2.88	98.82 ± 3.04	1.499	0.178
V <sub>30</sub> ( %)	88.31 ± 7.64	92.33 ± 6.60	-1.210	0.265
V <sub>40</sub> ( %)	32.49 ± 8.53	39.43 ± 8.51	-3.289	0.013
V <sub>46</sub> ( %)	8.67 ± 3.96	10.43 ± 3.20	-2.553	0.038
D <sub>mean</sub> ( cGy)	3724 ± 117.55	3859.34 ± 70.44	-4.390	0.003

## 3 讨论

国内外关于 VMAT 的相关报道越来越多, 但多为鼻咽癌和前列腺癌<sup>[5-6]</sup>, 并且针对宫颈癌的 VMAT 研究多为术后, 本文针对无法行腔内照射治疗的宫颈癌根治性放疗作了研究。宫颈癌的放疗靶区较复杂除

了包括肿瘤及其所侵及的区域, 还包括宫体、宫旁组织、阴道及盆腔淋巴结, 普通的放疗方法很难满足其剂量学要求, 而调强放疗技术可以取得较好的靶区适行度, 并能最大限度的把高剂量集中在靶区内, 调高靶区的生物效应同时能够较少对周围正常组织的照射, 但因其单次治疗时间较长有可能导致患者在治疗过程中体位移动器官体积变化, 降低其治疗的精确度, 同时较长时间的治疗降低患者治疗的舒适度从而降低治疗的依从性, 而在调强放射治疗基础上发展起来的 VMAT 技术可以显著减少机器跳数和治疗时间, 本研究中与 7dIMRT 相比, VMAT 的 MU 减少了 35.68% , 治疗时间减少了 61.5% , 在提高病人治疗精确度和舒适度的同时也大大的提高了设备的使用率。

表 4 两种技术小肠的受量比较( $\bar{x} \pm s$ )

小肠	VMAT	7IMRT	t 值	P 值
V <sub>10</sub> ( %)	81.32 ± 9.21	79.58 ± 11.98	1.581	0.158
V <sub>20</sub> ( %)	58.97 ± 8.78	57.94 ± 8.17	1.903	0.099
V <sub>30</sub> ( %)	31.49 ± 6.05	30.51 ± 4.98	0.901	0.398
V <sub>40</sub> ( %)	9.38 ± 3.71	9.32 ± 2.67	0.116	0.911
V <sub>46</sub> ( %)	2.49 ± 1.27	2.32 ± 0.97	0.884	0.406
D <sub>mean</sub> ( cGy)	2211.30 ± 313.97	2186.76 ± 247.39	0.690	0.512

表 5 两种技术股骨头的受照比较( $\bar{x} \pm s$ )

股骨头	VMAT	7IMRT	t 值	P 值
V <sub>10</sub> ( %)	99.97 ± 0.09	99.69 ± 0.58	1.524	0.171
V <sub>20</sub> ( %)	94.33 ± 9.35	81.90 ± 8.08	2.746	0.029
V <sub>30</sub> ( %)	62.74 ± 20.54	45.28 ± 9.98	1.997	0.086
V <sub>40</sub> ( %)	4.42 ± 3.21	2.83 ± 2.47	1.232	0.258
D <sub>10</sub> ( cGy)	3795.60 ± 242.62	3718.03 ± 173.09	0.796	0.452
D <sub>mean</sub> ( cGy)	3133.59 ± 318.28	2801.79 ± 198.20	2.322	0.053

表 6 VMAT 和 7IMRT 两种技术治疗所需时间和机器平均跳数

计划	治疗时间( min)	机器跳数( MU)
VMAT	5	785.75
7IMRT	13	1221.63

Cozzi 等<sup>[7]</sup>报道宫颈癌放疗中 VMAT 计划可减少正常组织的受照剂量, 提供较好的靶区适行性和均匀性, 同时能减少治疗时间, 达到与 IMRT 计划相当或更好的效果, Savino Cilla 等<sup>[8]</sup>和 Van Benthuyssen 等<sup>[9]</sup>的研究表明 VMAT 计划在靶区内剂量的分布、减少危及器官受照量等方面与 dIMRT 计划相当。国内也有文献<sup>[10]</sup>报道在宫颈癌的术后放疗中无论在靶区剂量分布还是危及器官的剂量分布上, VMAT 和 dIMRT 两种计划没有明显差异。本研究结果显示在靶区的剂量分布上虽然 GTV 和 PTV 中 CI 值 VMAT 优于 IMRT 但其

差异无统计学意义,而且 GTV 的  $D_2$ 、 $D_{98}$ 、HI 的差异也均无统计学意义,但其  $D_{mean}$ VMAT 高于 dIMRT,且差异有统计学意义,PTV 的  $D_2$ 、 $D_{98}$ 、 $D_{mean}$  及 HI 在两种技术中均无明显差异,这一研究结果与将军等<sup>[11]</sup>的研究结果相似。在小肠、膀胱、股骨头的保护上两种技术没有明显差异,这一结果也与以往报道相似,但在直肠的保护上:VMAT 计划中的  $V_{40}$ 、 $V_{46}$ 、 $D_{mean}$  均优于 dIMRT,但在  $V_{10}$ 、 $V_{20}$ 、 $V_{30}$  上两种计划没有明显差异。

综上所述,VMAT 放射治疗技术和 dIMRT 在靶区覆盖与危及器官的保护上均取得较相似的剂量分布,但其机器跳数和治疗时间大大减少,因此在提高治疗效率的同时如何优化剂量分布仍是未来努力的方向。

## 参考文献

- [1] 王霞,袁红琴,麻富卯. 调强放疗治疗晚期子宫颈癌 24 例[J]. 肿瘤研究与临床, 2010, 22(11): 781-782.
- [2] Papp Z, Csapo Z, Mayer A, et al. Wertheim - operation: 5 - year survival of 501 consecutive patients with cervical cancer[J]. OrvHetil, 2006, 147(12): 537-545.
- [3] Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single arc[J]. Med Phys, 2008, 35(1): 310-317.
- [4] ICRU. International commission on radiation units and measurements. prescribing, recording and reporting photonbeam intensity

- modulated radiation therapy (IMRT) [J]. J ICRU, 2012, 10(1): 26-29.

- [5] Lee TF, Chao PJ, Ting HM, et al. Comparative analysis of Smart Arc - based dual arc volumetric - modulated arc radiotherapy (VMAT) versus intensity modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma[J]. Appl Clin MedPhys, 2011, 12(4): 3587.
- [6] Shaffer R, Morris WJ, Moiseenko V, et al. Volumetric modulated arc therapy and conventional intensity - modulated radiotherapy for simultaneous maximal intraprostatic boost: a planning comparison study [J]. Clin Oncol, 2009, 21(5): 401-407.
- [7] Cozzi L, Dinshaw KA, Shrivastava SK, 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.
- [8] Savino Cilla, Gabriella Macchia, Domenico Sabatino, et al. Application - guided volumetric modulated arc therapy for low - risk endometrial cancer[J]. Medical Dosimetry, 2013, 38(1): 5-11.
- [9] Van Benthuyzen L, Hales L, Podgorsak M. Volumetric modulated arc therapy vs IMRT for the treatment of distal esophageal cancer[J]. Med Dosim, 2011, 36(4): 404-409.
- [10] 孙晓欢, 周咏春, 谭丽娜, 等. 容积旋转调强与固定野调强在宫颈癌术后放疗中的剂量学比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 01: 4604-4607.
- [11] 蒋军, 张利文, 廖珊, 等. 宫颈癌术后旋转拉弧适形放疗和五野调强放疗计划的对比研究[J]. 现代医院, 2012, 07: 16-18.

收稿日期: 2014-11-14 修回日期: 2015-01-12

(上接第 108 页) 检测等。这些均要求应有定量判定的指标值,判定值可来源于 IEC 和 IAEA 相关文件,也可来源于该设备其他的防护标准,但获取的这些评判值均应在现行的设备检测标准中明确表达,而且在本标准中规定的判别值不应与其他标准有出入,避免给使用者造成误解。

## 参考文献

- [1] 岳保荣, 范瑶华, 娄云, 等. 放射诊疗中职业危害控制关键技术

与风险评价研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 31(4): 384-386.

- [2] 郑钧正. 放射诊疗的防护与安全是医疗设备应用安全和质量管理重点[J]. 中国医疗设备, 2010, 25(9): 3-5.
- [3] 万玲, 冯永忠, 冯泽臣, 等. 北京地区放射诊疗设备质量控制状况调查与分析[J]. 中国医学装备, 2014, 11(3): 10-13.
- [4] 张再丰, 赵贵祥, 罗颖. 放射医疗设备的应用安全与质量控制要求[J]. 中国医疗设备, 2010, 25(11): 103-104.
- [5] 郑钧正. 必须重视医疗设备应用安全中的电离辐射因素[J]. 中国医学装备, 2010, 25(9): 1-2.

收稿日期: 2015-01-18 修回日期: 2015-02-05

## 作者设计表格须知

DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2015.02.005

作者在设计表格时,要注意标目层合理、清楚。纵横标目都可以分层,但一般不超过 2 层,个别的可用 3 层。在谓语句纵标目分层的情况下,应注意一级谓语句纵标目仍然是对该纵栏内容的说明,而不是对其下一层标目的说明;一级谓语句纵标目后如附计量单位,必须是该栏目参数的共用计量单位,而不是分层栏目的计量单位。

本刊编辑部