

## VMAT与IMRT在局部晚期宫颈癌放疗中的剂量学差异

### Dosimetric comparison of volumetric intensity modulated arc therapy and intensity-modulated radiation therapy in locally advanced cervical cancer

Wei Chunxiao, Tian Hanhan, Han Jihua

引用本文:

魏纯霄, 田含含, 韩济华. VMAT与IMRT在局部晚期宫颈癌放疗中的剂量学差异[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2023, 47(8): 477-483. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325

Wei Chunxiao, Tian Hanhan, Han Jihua. Dosimetric comparison of volumetric intensity modulated arc therapy and intensity-modulated radiation therapy in locally advanced cervical cancer[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2023, 47(8): 477-483. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 宫颈癌术后容积旋转调强放疗与5野调强放疗计划的剂量学比较

Dosimetric comparison between volumetric modulated arc radiotherapy and five fields intensity-modulated radiation therapy for postoperative cervical carcinoma

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(1): 41-46 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.01.008>

#### 宫颈癌术后调强放疗中骨髓抑制与骨髓照射剂量体积的关系

The relationship between bone marrow suppression and dose volume of bone marrow irradiation for the postoperative cervical cancer patients received intensity modulated radiotherapy

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(3): 143-150 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201811039-00002>

#### 顺铂单周与三周方案同期联合调强放射治疗局部晚期鼻咽癌的不良反应与疗效的比较

Comparison of toxicities and treatment outcome of weekly and triweekly cisplatin concurrent with intensity-modulated radiotherapy for locally advanced nasopharyngeal carcinoma

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(5): 397-402 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.05.002>

#### PTW 729电离室矩阵不同验证方法用于宫颈癌术后调强放疗计划验证结果分析

Analysis about the IMRT plan verification results obtained from different verification methods with PTW 729 ionization chamber matrix for postoperative cervical cancer patients

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(10): 631-635 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202104016-00110>

#### 前列腺癌容积旋转调强放疗中标志物可探测性研究

Research on detectability of markers in volume-modulated arc therapy for prostate cancer

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(12): 767-772 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202102024-00123>

#### 3种不同放疗技术在左侧乳腺癌保乳术后全乳腺放疗中的剂量学比较

Dosimetric comparison of three different radiotherapy techniques in whole breast radiotherapy after breast-conserving surgery for

left breast cancer

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(9): 569–574 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201912030-00078>

## ·临床研究·

## VMAT与IMRT在局部晚期宫颈癌放疗中的剂量学差异

魏纯霄 田含含 韩济华

南京医科大学附属淮安第一医院放疗科, 淮安 223300

通信作者: 韩济华, Email: [gd3936469@163.com](mailto:gd3936469@163.com)

**【摘要】目的** 比较分析容积弧形调强放射治疗(VMAT)与固定野调强适形放射治疗(IMRT)在局部晚期宫颈癌延伸野放疗计划中的剂量学差异。**方法** 回顾性分析2019年1月至2021年12月南京医科大学附属淮安第一医院收治的20例宫颈癌患者的临床资料,患者年龄(56.3±9.1)岁,范围39~78岁,均行CT扫描,对所有患者进行计划靶区(PTV)、转移淋巴结计划靶区(PGTV<sub>nd</sub>)以及膀胱、直肠、双侧股骨头、肝、双肾、小肠、脊髓等危及器官的勾画。按照随机数字表法将患者分为IMRT组和VMAT组,每组10例,分别进行IMRT和VMAT的放疗计划;其中IMRT组患者年龄(54.1±7.1)岁,VMAT组患者年龄(58.1±10.8)岁。比较2组患者靶区的剂量参数、危及器官的剂量参数以及机器总跳数、有效治疗时间。计量资料的组间比较采用*t*检验。**结果** 在PTV中,VMAT组的适形指数(0.81±0.03)高于IMRT组(0.79±0.23),且差异有统计学意义( $t=-2.190, P=0.035$ )。在PGTV<sub>nd</sub>中,VMAT组的均匀性指数(0.06±0.01)低于IMRT组(0.07±0.01),且差异有统计学意义( $t=-2.315, P=0.026$ )。在膀胱受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>(V<sub>x Gy</sub>表示接受≥x Gy照射的体积占总体积的百分比)为(92.64±2.29)%,低于IMRT组的(93.98±1.47)%,且差异有统计学意义( $t=2.220, P=0.032$ )。在直肠受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>为(92.20±2.21)%,低于IMRT组的(93.68±1.88)%,且差异有统计学意义( $t=2.282, P=0.028$ )。在肝受照射剂量中,VMAT组的V<sub>10 Gy</sub>、V<sub>20 Gy</sub>分别为(7.73±0.39)%、(5.14±0.68)%,均低于IMRT组的V<sub>10 Gy</sub>[(7.93±0.10)%]、V<sub>20 Gy</sub>[(5.51±0.16)%],且差异均有统计学意义( $t=2.372, 2.367, P=0.023, 0.023$ )。在小肠受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>、V<sub>30 Gy</sub>、V<sub>40 Gy</sub>和平均剂量(D<sub>mean</sub>)分别为(77.67±4.64)%、(39.21±1.10)%、(18.35±3.05)%和(30.36±3.46) Gy,均低于IMRT组的V<sub>20 Gy</sub>[(80.24±1.05)%]、V<sub>30 Gy</sub>[(42.34±6.00)%]、V<sub>40 Gy</sub>[(22.34±6.01)%]和D<sub>mean</sub>[(34.23±6.71) Gy],且差异均有统计学意义( $t=2.228\sim 2.628, 均 P<0.05$ )。在脊髓受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>和D<sub>mean</sub>分别为(38.81±2.33)%和(11.46±4.26) Gy,均低于IMRT组的V<sub>20 Gy</sub>[(42.88±6.19)%]和D<sub>mean</sub>[(17.97±7.40) Gy],且差异均有统计学意义( $t=2.752, 3.410, P=0.009, 0.002$ )。在左肾受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>和D<sub>mean</sub>分别为(11.67±2.36)%和(10.02±2.19) Gy,均低于IMRT组的V<sub>20 Gy</sub>[(15.56±7.50)%]和D<sub>mean</sub>[(14.06±7.29) Gy],且差异均有统计学意义( $t=2.216, 2.375, P=0.033, 0.023$ )。在右肾受照射剂量中,VMAT组的V<sub>20 Gy</sub>和D<sub>mean</sub>分别为(11.72±2.31)%和(10.07±2.15) Gy,均低于IMRT组的V<sub>20 Gy</sub>[(16.67±6.92)%]和D<sub>mean</sub>[(13.92±7.17) Gy],且差异均有统计学意义( $t=3.030, 2.295, P=0.004, 0.027$ )。在左股骨头受照射剂量中,VMAT组的V<sub>10 Gy</sub>、V<sub>20 Gy</sub>、V<sub>30 Gy</sub>、V<sub>40 Gy</sub>、V<sub>50 Gy</sub>及D<sub>mean</sub>均低于IMRT组[(74.77±2.33)%对(78.51±7.46)%、(34.37±2.74)%对(38.91±7.20)%、(14.77±2.33)%对(18.51±7.46)%、(2.99±1.03)%对(4.98±3.73)%、(0.48±0.22)%对(0.99±0.65)%、(34.32±2.79) Gy对(38.41±6.67) Gy],且差异均有统计学意义( $t=2.147\sim 3.359, 均 P<0.05$ )。在右股骨头受照射剂量中,VMAT组的V<sub>50 Gy</sub>为(0.02±0.01)%,低于IMRT组的V<sub>50 Gy</sub>[(0.03±0.01)%],且差异有统计学意义( $t=2.997, P=0.005$ )。VMAT组的机器总跳数为(536.16±42.37),低于IMRT组的(614.44±59.44),且差异有统计学意义( $t=-5.362, P<0.001$ );VMAT组的有效治疗时间为(152.23±0.31) min,短于IMRT组的(453.88±9.94) min,且差异有统计学意义( $t=-151.708, P<0.001$ )。**结论** 对于局部晚期宫颈癌,VMAT计划的适形度及均匀性较好,更能保护危及器官,且可减少机器跳数,缩短治疗时间。

【关键词】 宫颈肿瘤； 辐射剂量； 放射疗法， 调强适形； 容积弧形调强放射治疗

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325)

## Dosimetric comparison of volumetric intensity modulated arc therapy and intensity-modulated radiation therapy in locally advanced cervical cancer

Wei Chunxiao, Tian Hanhan, Han Jihua

Department of Radiotherapy, the Affiliated Huaian NO.1 People's Hospital of Nanjing Medical University, Huai'an 223300, China

Corresponding author: Han Jihua, Email: [gd3936469@163.com](mailto:gd3936469@163.com)

**【Abstract】 Objective** To analyze and compare the dosimetric difference between volumetric intensity modulated arc therapy (VMAT) and conformal intensity-modulated radiation therapy (IMRT) in the extended field radiotherapy plan for locally advanced cervical cancer. **Methods** Retrospective analysis was carried out on the clinical data of 20 patients with cervical cancer admitted to the Affiliated Huaian NO.1 People's Hospital of Nanjing Medical University from January 2019 to December 2021. Patients aged (56.3±9.1) years and ranging from 39 to 78 years old were included. Each patient underwent CT scanning, and the delineations of the planning target volume (PTV), planning gross target volume for lymph node lesion (PGTV<sub>nd</sub>), and organs at risk such as bladder, rectum, bilateral femoral heads, liver, kidneys, small intestine, and spinal cord were outlined. All patients were divided into the IMRT and VMAT group by using a random number table method with 10 patients in each group. The IMRT and VMAT radiotherapy plans were conducted separately. The patients in the IMRT group were aged (54.1±7.1) years, while those in the VMAT group were aged (58.1±10.8) years. The relevant dosimetric parameters of the target volume and the organs at risk, total machine hops, and total treatment time were compared between the two groups. The *t*-test was used for inter-group comparison of measurement data. **Results** In PTV, the conformity index of VMAT was significantly higher than that of IMRT ((0.81±0.03) vs. (0.79±0.23), *t*=-2.190, *P*=0.035). In PGTV<sub>nd</sub>, the homogeneity index of VMAT was significantly lower than that of IMRT ((0.06±0.01) vs. (0.07±0.01), *t*=-2.315, *P*=0.026). In the bladder irradiation dose, the V<sub>20 Gy</sub> (V<sub>x Gy</sub> indicates the percentage of volume irradiated with ≥ x Gy to total volume) in the VMAT plan was significantly lower than that in the IMRT group ((92.64±2.29)% vs. (93.98±1.47)%), *t*=2.220, *P*=0.032). In the rectal irradiation dose, the V<sub>20 Gy</sub> in the VMAT group was significantly lower than that in the IMRT group ((92.20±2.21)% vs. (93.68±1.88)%), *t*=-2.282, *P*=0.028). In the liver irradiation dose, the V<sub>10 Gy</sub> and V<sub>20 Gy</sub> in the VMAT group were (7.73±0.39)% and (5.14±0.68)%, respectively, which were lower than the V<sub>10 Gy</sub> ((7.93±0.10)%) and V<sub>20 Gy</sub> ((5.51±0.16)%) in the IMRT group, and the differences were statistically significant (*t*=2.372, 2.367, *P*=0.023, 0.023). In the small intestine irradiation dose, V<sub>20 Gy</sub>, V<sub>30 Gy</sub>, V<sub>40 Gy</sub>, and D<sub>mean</sub> in the VMAT group were (77.67±4.64)%, (39.21±1.10)%, (18.35±3.05)%, and (30.36±3.46) Gy, respectively, which were significantly lower than the V<sub>20 Gy</sub> ((80.24±1.05)%), V<sub>30 Gy</sub> ((42.34±6.00)%), V<sub>40 Gy</sub> ((22.34±6.01)%), and D<sub>mean</sub> ((34.23±6.71) Gy) in the IMRT group (*t*=2.228-2.628, all *P*<0.05). In the spinal cord irradiation dose, the V<sub>20 Gy</sub> and D<sub>mean</sub> in the VMAT group were (38.81±2.33)% and (11.46±4.26) Gy, respectively, which were significantly lower than the V<sub>20 Gy</sub> ((42.88±6.19)%) and D<sub>mean</sub> ((17.97±7.40) Gy) in the IMRT group (*t*=2.752, 3.410, *P*=0.009, 0.002). In the left kidney irradiation dose, the V<sub>20 Gy</sub> and D<sub>mean</sub> in the VMAT group were (11.67±2.36)% and (10.02±2.19) Gy, respectively, which were significantly lower than the V<sub>20 Gy</sub> ((15.56±7.50)%) and D<sub>mean</sub> ((14.06±7.29) Gy) in the IMRT group (*t*=2.216, 2.375, *P*=0.033, 0.023). In the right kidney irradiation dose, the V<sub>20 Gy</sub> and D<sub>mean</sub> in the VMAT plan were (11.72±2.31)% and (10.07±2.15) Gy, respectively, which were significantly lower than the V<sub>20 Gy</sub> ((16.67±6.92)%) and D<sub>mean</sub> ((13.92±7.17) Gy) in the IMRT group (*t*=3.030, 2.295, *P*=0.004, 0.027). In the left caput femoris irradiation dose, significant differences were observed in the V<sub>10 Gy</sub> ((74.77±2.33)% vs. (78.51±7.46)%), V<sub>20 Gy</sub> ((34.37±2.74)% vs. (38.91±7.20)%), V<sub>30 Gy</sub> ((14.77±2.33)% vs. (18.51±7.46)%), V<sub>40 Gy</sub> ((2.99±

1.03)% vs. (4.98±3.73)%),  $V_{50\text{ Gy}}$  ((0.48±0.22)% vs. (0.99%±0.65)%), and  $D_{\text{mean}}$  ((34.32±2.79) Gy vs. (38.41±6.67) Gy) in the VMAT plan compared with the IMRT group ( $t=2.147-3.359$ , all  $P<0.05$ ). In the right caput femoris irradiation dose, the  $V_{50\text{ Gy}}$  in the VMAT group was (0.02±0.01)%, which was significantly lower than the  $V_{50\text{ Gy}}$  ((0.03±0.01)%) in the IMRT group ( $t=2.997$ ,  $P=0.005$ ). The total machine hop of VMAT group was significantly lower than that of the IMRT group ((536.16±42.37) vs. (614.44±59.44),  $t=-5.362$ ,  $P<0.001$ ). The effective treatment time of VMAT group was significantly lower than that of the IMRT group ((152.23±0.31) min vs. (453.88±9.94) min,  $t=-151.708$ ,  $P<0.001$ ). **Conclusion** VMAT has good plan conformation and uniformity, can effectively protect the organs at risk, and can reduce the number of machine hops, and can shorten the treatment time.

**【Key words】** Uterine cervical neoplasms; Radiation dosage; Radiotherapy, intensity-modulated; Volumetric intensity modulated arc therapy

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202208015-00325

宫颈癌是严重威胁女性健康的恶性肿瘤之一, 全球宫颈癌年龄标准化发病率为 13.3/10 万<sup>[1]</sup>。在我国, 宫颈癌发病率居女性恶性肿瘤的前列, 具有高发病率和病死率, 有调查结果显示, 2003—2018 年, 20~79 岁女性宫颈癌标准化发病率和标准化病死率均呈明显的逐年增长趋势<sup>[2]</sup>。近 80% 的宫颈癌患者就诊时已处于局部晚期<sup>[3]</sup>, 通常对于局部晚期宫颈癌患者不推荐手术治疗, 应以同步放化疗为主。目前宫颈癌放疗包括固定野调强适形放射治疗(intensity-modulated radiation therapy, IMRT)、容积弧形调强放射治疗(volumetric intensity modulated arc therapy, VMAT)等, 其中, IMRT 是主流的宫颈癌放疗方式, 与常规放疗相比, 其具有较高的适形度及靶区内剂量均匀性<sup>[4]</sup>。VMAT 是一种新型的调强方式, 不仅具有固定野 IMRT 的优势, 且在多数肿瘤中具有更好的均匀性和适形度, 能更好地保护危及器官并缩短治疗时间<sup>[5]</sup>。本研究拟通过分析 VMAT 与固定野 IMRT 在局部晚期宫颈癌延伸野放疗计划中的剂量学差异, 为局部晚期宫颈癌的放疗提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2019 年 1 月至 2021 年 12 月南京医科大学附属淮安第一医院收治的 20 例宫颈癌患者的临床资料。患者年龄(56.3±9.1)岁, 范围 39~78 岁。纳入标准: 经组织病理学检查结果诊断为宫颈癌, 根据国际妇产科联盟临床分期标准(FIGO)<sup>[6]</sup> 划分为 II B~III B 期; 患者体力活动评

分 $\leq 2$ 分; 经 MRI 检查确诊有腹主动脉旁淋巴结转移。排除标准: 除腹主动脉旁淋巴结外还有其他远处转移; 既往接受过放疗、化疗; 有其他恶性肿瘤病史。

所有患者均于检查和治疗前签署了知情同意书。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

### 1.2 主要仪器设备

采用瑞典医科达公司 Infinity、Versa HD 医用直线加速器和 XVI 影像系统, 其中, 医用直线加速器具备全电动的 80 片多叶光栅, 最大照射野为 40 cm×40 cm; 采用医科达公司 Monaco 放疗计划系统制定放疗计划。采用荷兰飞利浦公司的 Brilliance CT Big Bore 模拟定位机实施模拟定位。

### 1.3 CT 定位及靶区勾画

患者治疗前排空直肠, 提前 1 h 排空膀胱后憋尿, 然后进行 CT 扫描。CT 定位后, 根据国际辐射单位和测量委员会 83 号报告<sup>[7]</sup> 由放疗科副主任医师进行靶区勾画, 包括计划靶区(planning target volume, PTV)、转移淋巴结计划靶区(planning gross target volume for lymph node lesion, PGTV<sub>nd</sub>), 以及膀胱、直肠、双侧股骨头、肝、双肾、小肠、脊髓等危及器官。

### 1.4 放疗计划

由同一位物理师在每例患者的 CT 图像上分别设计共面 7 野均分 IMRT 和共面两弧 VMAT 2 种计划。PTV 的总处方剂量为 50.40 Gy, 分 28 次完成; PGTV<sub>nd</sub> 的总处方剂量为 59.92 Gy, 分 28 次完成。按照随机数字表法将患者分为 IMRT 组和 VMAT 组, 每组 10 例, 分别进行 IMRT 和 VMAT



的放疗计划;其中IMRT组患者年龄( $54.1\pm 7.1$ )岁,VMAT组患者年龄( $58.1\pm 10.8$ )岁。

### 1.5 观察指标

PTV和PGTV<sub>nd</sub>的剂量参数:最高剂量( $D_{\max}$ )、最低剂量( $D_{\min}$ )、平均剂量( $D_{\text{mean}}$ )、均匀性指数(homogeneity index, HI)和适形指数(conformity index, CI)。CI的取值范围为0~1,越接近1,表示靶区的适形度越好;HI的值越小,表示靶区的均匀性越好。

危及器官剂量参数: $D_{\text{mean}}$ 、 $V_{10\text{ Gy}}$ 、 $V_{20\text{ Gy}}$ 、 $V_{30\text{ Gy}}$ 、 $V_{40\text{ Gy}}$ 、 $V_{50\text{ Gy}}$ ( $V_x\text{ Gy}$ 表示接受 $\geq x\text{ Gy}$ 照射的体积占总体积的百分比)。

评估加速器输出的机器跳数和治疗时间,比较2种计划的机器总跳数和有效治疗时间,有效治疗时间为单次治疗加速器的出束时间。

### 1.6 统计学方法

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用 $t$ 检验(方差齐)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 PTV及PGTV<sub>nd</sub>的剂量参数比较

VMAT和IMRT 2种放疗技术靶区的剂量分布均能够满足处方剂量要求。由表1可知,在PTV

表1 20例局部晚期宫颈癌患者2种放疗计划的计划靶区剂量参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

Table 1 Comparison of planning target volume dose parameters for two radiotherapy plans in 20 locally advanced cervical cancer patients ( $\bar{x}\pm s$ )

参数	IMRT组( $n=10$ )	VMAT组( $n=10$ )	$t$ 值	$P$ 值
PTV				
$D_{\max}$ (Gy)	61.24 $\pm$ 1.05	61.35 $\pm$ 1.12	-0.321	0.750
$D_{\min}$ (Gy)	47.09 $\pm$ 1.12	47.20 $\pm$ 1.27	-0.296	0.769
$D_{\text{mean}}$ (Gy)	52.29 $\pm$ 1.01	52.35 $\pm$ 1.12	-0.178	0.860
HI	0.27 $\pm$ 0.01	0.27 $\pm$ 0.02	0.469	0.642
CI	0.79 $\pm$ 0.23	0.81 $\pm$ 0.03	-2.190	0.035
PGTV <sub>nd</sub>				
$D_{\max}$ (Gy)	64.35 $\pm$ 1.12	64.24 $\pm$ 1.05	-0.321	0.750
$D_{\min}$ (Gy)	60.34 $\pm$ 1.12	59.87 $\pm$ 1.20	1.266	0.213
$D_{\text{mean}}$ (Gy)	62.35 $\pm$ 1.12	62.18 $\pm$ 1.08	-0.473	0.639
HI	0.07 $\pm$ 0.01	0.06 $\pm$ 0.01	-2.315	0.026
CI	0.37 $\pm$ 0.05	0.41 $\pm$ 0.08	-1.561	0.127

注:IMRT为调强适形放射治疗;VMAT为容积弧形调强放射治疗;PTV为计划靶区; $D_{\max}$ 为最高剂量; $D_{\min}$ 为最低剂量; $D_{\text{mean}}$ 为平均剂量;HI为均匀性指数;CI为适形指数;PGTV<sub>nd</sub>为转移淋巴结计划靶区

中,VMAT组的CI高于IMRT组,且差异有统计学意义( $t=-2.190$ ,  $P=0.035$ ),VMAT组和IMRT组的 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 、 $D_{\text{mean}}$ 、HI的差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。在PGTV<sub>nd</sub>中,VMAT组的HI低于IMRT组,且差异有统计学意义( $t=-2.315$ ,  $P=0.026$ ),VMAT组和IMRT组的 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 、 $D_{\text{mean}}$ 、CI的差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )。

### 2.2 危及器官的剂量参数比较

#### 2.2.1 膀胱

在膀胱受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 低于IMRT组,且差异有统计学意义( $t=2.220$ ,  $P=0.032$ )。2组其他参数的比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表2)。

#### 2.2.2 直肠

在直肠受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 低于IMRT组,且差异有统计学意义( $t=2.282$ ,  $P=0.028$ )。2组其他参数的比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表2)。

#### 2.2.3 肝

在肝受照射剂量中,VMAT组的 $V_{10\text{ Gy}}$ 、 $V_{20\text{ Gy}}$ 均低于IMRT组,且差异均有统计学意义( $t=2.372$ 、 $2.367$ ,  $P=0.023$ 、 $0.023$ )。2组其他参数的比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表2)。

#### 2.2.4 小肠

在小肠受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 、 $V_{30\text{ Gy}}$ 、 $V_{40\text{ Gy}}$ 和 $D_{\text{mean}}$ 均低于IMRT组,且差异均有统计学意义( $t=2.228\sim 2.628$ , 均 $P<0.05$ )。2组 $V_{10\text{ Gy}}$ 的比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )(表2)。

#### 2.2.5 脊髓

在脊髓受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 和 $D_{\text{mean}}$ 均低于IMRT组,且差异均有统计学意义( $t=2.752$ 、 $3.410$ ,  $P=0.009$ 、 $0.002$ )。2组其他参数的比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ )(表2)。

#### 2.2.6 双肾

在左肾受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 和 $D_{\text{mean}}$ 均低于IMRT组,且差异均有统计学意义( $t=2.216$ 、 $2.375$ ,  $P=0.033$ 、 $0.023$ );在右肾受照射剂量中,VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 和 $D_{\text{mean}}$ 均低于IMRT组,且差异均有统计学意义( $t=3.030$ 、 $2.295$ ,  $P=0.004$ 、 $0.027$ )(表2)。

#### 2.2.7 双侧股骨头

在左股骨头受照射剂量中,VMAT组的 $V_{10\text{ Gy}}$ 、

**表 2** 20 例局部晚期宫颈癌患者 2 种放疗计划的危及器官剂量参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

**Table 2** Comparison of dose parameters of organs at risk in 20 patients with locally advanced cervical cancer treated with two radiotherapy plans ( $\bar{x} \pm s$ )

参数	IMRT组(n=10)	VMAT组(n=10)	t值	P值
<b>膀胱</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	99.35±1.12	99.19±1.13	-0.449	0.656
V <sub>20 Gy</sub> (%)	93.98±1.47	92.64±2.29	2.220	0.032
V <sub>30 Gy</sub> (%)	79.15±1.08	78.22±3.00	1.305	0.200
V <sub>40 Gy</sub> (%)	64.35±1.12	64.19±1.13	-0.449	0.656
V <sub>50 Gy</sub> (%)	34.35±1.12	34.09±1.39	-0.650	0.519
D <sub>mean</sub> (Gy)	40.47±1.17	39.74±2.52	-1.176	0.247
<b>直肠</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	99.26±1.07	99.09±1.39	-0.433	0.667
V <sub>20 Gy</sub> (%)	93.68±1.88	92.20±2.21	2.282	0.028
V <sub>30 Gy</sub> (%)	79.00±1.16	78.17±3.00	1.150	0.257
V <sub>40 Gy</sub> (%)	64.31±1.08	64.09±1.39	-0.558	0.580
V <sub>50 Gy</sub> (%)	35.29±1.01	35.21±1.10	0.239	0.812
D <sub>mean</sub> (Gy)	39.21±1.10	39.08±1.39	-0.314	0.755
<b>肝</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	7.93±0.10	7.73±0.39	2.372	0.023
V <sub>20 Gy</sub> (%)	5.51±0.16	5.14±0.68	2.367	0.023
V <sub>30 Gy</sub> (%)	0.78±0.03	0.76±0.06	1.265	0.214
D <sub>mean</sub> (Gy)	4.43±0.11	4.38±0.12	1.266	0.213
<b>小肠</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	95.30±1.17	94.87±1.55	0.991	0.328
V <sub>20 Gy</sub> (%)	80.24±1.05	77.67±4.64	2.416	0.021
V <sub>30 Gy</sub> (%)	42.34±6.00	39.21±1.10	2.228	0.028
V <sub>40 Gy</sub> (%)	22.34±6.01	18.35±3.05	2.628	0.012
D <sub>mean</sub> (Gy)	34.23±6.71	30.36±3.46	2.290	0.028
<b>脊髓</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	65.35±1.12	65.04±1.56	-0.723	0.474
V <sub>20 Gy</sub> (%)	42.88±6.19	38.81±2.33	2.752	0.009
V <sub>30 Gy</sub> (%)	32.35±1.12	32.24±1.04	-0.321	0.750
V <sub>40 Gy</sub> (%)	0.37±0.78	0.22±0.97	0.539	0.593
D <sub>mean</sub> (Gy)	17.97±7.40	11.46±4.26	3.410	0.002
<b>左肾</b>				
V <sub>20 Gy</sub> (%)	15.56±7.50	11.67±2.36	2.216	0.033
D <sub>mean</sub> (Gy)	14.06±7.29	10.02±2.19	2.375	0.023
<b>右肾</b>				
V <sub>20 Gy</sub> (%)	16.67±6.92	11.72±2.31	3.030	0.004
D <sub>mean</sub> (Gy)	13.92±7.17	10.07±2.15	2.295	0.027
<b>左股骨头</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	78.51±7.46	74.77±2.33	2.147	0.038
V <sub>20 Gy</sub> (%)	38.91±7.20	34.37±2.74	2.640	0.012
V <sub>30 Gy</sub> (%)	18.51±7.46	14.77±2.33	2.147	0.038
V <sub>40 Gy</sub> (%)	4.98±3.73	2.99±1.03	2.305	0.027
V <sub>50 Gy</sub> (%)	0.99±0.65	0.48±0.22	3.359	0.002
D <sub>mean</sub> (Gy)	38.41±6.67	34.32±2.79	2.533	0.016
<b>右股骨头</b>				
V <sub>10 Gy</sub> (%)	78.26±7.30	75.02±2.61	1.872	0.069
V <sub>20 Gy</sub> (%)	48.21±7.21	45.37±2.79	1.646	0.108
V <sub>30 Gy</sub> (%)	18.67±7.01	15.62±3.07	1.778	0.083
V <sub>40 Gy</sub> (%)	4.35±1.31	3.58±1.28	1.878	0.068
V <sub>50 Gy</sub> (%)	0.03±0.01	0.02±0.01	2.997	0.005
D <sub>mean</sub> (Gy)	18.11±6.44	15.83±2.56	1.471	0.149

注: IMRT 为调强适形放射治疗; VMAT 为容积弧形调强放射治疗; V<sub>x Gy</sub> 表示接受 ≥x Gy 照射的体积占总体积的百分比; D<sub>mean</sub> 为平均剂量

V<sub>20 Gy</sub>、V<sub>30 Gy</sub>、V<sub>40 Gy</sub>、V<sub>50 Gy</sub> 及 D<sub>mean</sub> 均低于 IMRT 组, 且差异均有统计学意义( $t=2.147\sim 3.359$ , 均  $P<0.05$ ); 在右股骨头受照射剂量中, VMAT 组的 V<sub>50 Gy</sub> 低于 IMRT 组, 且差异有统计学意义( $t=2.997$ ,  $P=0.005$ )。2 组其他参数的比较差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )(表 2)。

### 2.3 机器总跳数和有效治疗时间比较

VMAT 组的机器总跳数为(536.16±42.37), 低于 IMRT 组的(614.44±59.44), 且差异有统计学意义( $t=-5.362$ ,  $P<0.001$ ); VMAT 组的有效治疗时间为(152.23±0.31) min, 短于 IMRT 组的(453.88±9.94) min, 且差异有统计学意义( $t=-151.708$ ,  $P<0.001$ )。

## 3 讨论

随着放疗技术的不断发展, 放疗在宫颈癌的治疗中发挥着越来越重要的作用, 相关研究结果表明, 同期放化疗可显著缩小肿瘤体积并提高宫颈癌患者的总生存率<sup>[8]</sup>。VMAT 和 IMRT 均可以实现均匀的靶区剂量分布, 减小周边正常组织的受照剂量, 具有高效、治疗时间短等特点<sup>[9-10]</sup>。有研究结果表明, 与 IMRT 相比, VMAT 具有更好的靶区剂量分布, 危及器官也能得到更好的保护, 且还能提高治疗效率, 有效节省治疗时间等<sup>[10-11]</sup>。VMAT 已在头颈部肿瘤、食管癌、直肠癌及宫颈癌等多种恶性肿瘤的放疗中表现出了一定的剂量学优势<sup>[12-15]</sup>。

本研究结果显示, 在 PTV 中, VMAT 组的 CI 明显高于 IMRT 组, 在 PGTV<sub>nd</sub> 中, VMAT 组的 HI 明显低于 IMRT 组, 这提示 VMAT 的靶区适形度及均匀性更好。VMAT 是三维放疗技术中的一种, 是在 IMRT 基础上发展起来的动态容积调强技术, 可以达到与 IMRT 相似或更优的剂量学分布<sup>[16]</sup>。武雅琴等<sup>[17]</sup>的研究结果显示, 宫颈癌伴腹主动脉旁淋巴结转移的患者, 采用 IMRT 和 VMAT 技术均可满足临床靶区剂量要求和对常见危及器官的剂量保护, 而 VMAT 计划在靶区 CI 和 HI 上优于 IMRT 计划。胡丽娟等<sup>[18]</sup>的研究结果表明, 采用 VMAT 计划的靶区 CI 与 IMRT 相当, 而 HI 优于 IMRT。

本研究结果显示, 在膀胱受照射剂量中, VMAT 组的 V<sub>20 Gy</sub> 较 IMRT 组低; 在直肠受照射

剂量中, VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 较IMRT组低;在肝受照射剂量中, VMAT组的 $V_{10\text{ Gy}}$ 和 $V_{20\text{ Gy}}$ 均较IMRT组低;在小肠受照射剂量中, VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 、 $V_{30\text{ Gy}}$ 、 $V_{40\text{ Gy}}$ 及 $D_{\text{mean}}$ 均较IMRT组低;在脊髓受照射剂量中, VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 及 $D_{\text{mean}}$ 均较IMRT组低;在左右肾受照射剂量中, VMAT组的 $V_{20\text{ Gy}}$ 及 $D_{\text{mean}}$ 均较IMRT组低;在左股骨头受照射剂量中, VMAT组的 $V_{10\text{ Gy}}$ 、 $V_{20\text{ Gy}}$ 、 $V_{30\text{ Gy}}$ 、 $V_{40\text{ Gy}}$ 、 $V_{50\text{ Gy}}$ 及 $D_{\text{mean}}$ 均较IMRT组低;在右股骨头受照射剂量中, VMAT组的 $V_{50\text{ Gy}}$ 较IMRT组低。以上结果均提示, VMAT计划较IMRT更有利于保护周围正常组织, 危及器官的受照射剂量更低。范娇娇<sup>[19]</sup>的研究结果也显示, VMAT计划的小肠、肝脏、股骨头、肾脏等危及器官的受照射剂量均低于IMRT计划, VMAT计划更能保护危及器官。VMAT在技术上更容易实现, 在保护特定器官方面的可控性、灵活性更强, 选择方法更多, 可最大限度地降低靶区周围正常组织受照射体积和剂量<sup>[20-21]</sup>。此外, 本研究结果还显示, VMAT组的机器总跳数和有效治疗时间均明显低于IMRT组, 这提示VMAT具有显著缩短治疗时间, 提高放疗计划执行效率的优势。

综上所述, 行局部晚期宫颈癌延伸野放疗的患者, 采用IMRT和VMAT 2种计划, 其靶区均能获得较为满意的剂量分布, VMAT较IMRT的HI及CI均较好, 能更好地保护危及器官, 且可减少机器总跳数, 缩短治疗时间。从剂量学角度来说, 在综合条件允许的情况下, VMAT可以作为一种更好的选择, 但其临床放疗效果及并发症还需要进一步研究观察。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 魏纯霄负责研究命题的提出与设计、研究过程的实施、论文的撰写;田含含、韩济华负责数据的获取与分析、论文的起草与最终版本的修订

### 参 考 文 献

- [1] 沈洁, 郑莹. 中国实现全球消除宫颈癌阶段性目标的研判[J]. *上海预防医学*, 2021, 33(12): 1196-1200. DOI: 10.19428/j.cnki.sjpm.2021.20890.
- [2] 张仲华, 刘晨瑛, 任会叶, 等. 2003—2018年间中国女性宫颈癌发病与死亡趋势研究[J]. *中华疾病控制杂志*, 2022, 26(1): 14-20. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2022.01.003.
- [3] 龙行涛, 郭明芳, 周琦. 局部晚期宫颈癌放疗治疗[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2018, 34(11): 1193-1199. DOI: 10.19538/j.ck2018110103.
- [4] Heron DE, Gerszten K, Selvaraj RN, et al. Conventional 3D conformal versus intensity-modulated radiotherapy for the adjuvant treatment of gynecologic malignancies: a comparative dosimetric study of dose-volume histograms[J]. *Gynecol Oncol*, 2003, 91(1): 39-45. DOI: 10.1016/s0090-8258(03)00461-x.
- [5] Verbakel WFAR, Cuijpers JP, Hoffmans D, et al. Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 74(1): 252-259. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.033.
- [6] Merz J, Bossart M, Bamberg F, et al. Revised FIGO staging for cervical cancer—a new role for MRI[J]. *Rofo*, 2020, 192(10): 937-944. DOI: 10.1055/a-1198-5729.
- [7] Hodapp N. The ICRU Report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT)[J]. *Strahlenther Onkol*, 2012, 188(1): 97-99. DOI: 10.1007/s00066-011-0015-x 2010.
- [8] 牛锐, 赵维秋, 陈忠, 等. 宫颈癌术后容积旋转调强治疗与三维适形调强放疗的临床应用价值分析[J]. *实用医技杂志*, 2019, 26(9): 1166-1168. DOI: 10.19522/j.cnki.1671-5098.2019.09.038.
- [9] 魏敏. 宫颈癌术后容积旋转调强治疗与三维适形调强放疗的效果[J]. *中国现代药物应用*, 2020, 14(3): 80-81. DOI: 10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2020.03.037.
- [10] 高长鹏, 杨岩, 王远航, 等. 容积旋转调强与固定野调强在宫颈癌术后放疗的剂量学比较[J]. *实用妇科内分泌杂志*, 2018, 5(19): 57-58. DOI: 10.16484/j.cnki.issn2095-8803.2018.19.033.



- Gao CP, Yang Y, Wang YH, et al. Dosimetric comparison of volume rotation intensity modulation and fixed field intensity modulation in postoperative radiotherapy for cervical cancer [J]. *J Pract Gynecol Endocrinol*, 2018, 5(19): 57–58. DOI: 10.16484/j.cnki.issn2095-8803.2018.19.033.
- [11] 葛彬彬, 储开岳, 金建华, 等. 不同射野方法在宫颈癌术后放疗治疗中的剂量学比较[J]. *生物医学工程与临床*, 2021, 25(2): 179–183. DOI: 10.13339/j.cnki.sglc.20210226.006.
- Ge BB, Chu KY, Jin JH, et al. Dosimetry comparison of different radiation field methods in cervical cancer radiotherapy [J]. *Biomed Eng Clin Med*, 2021, 25(2): 179–183. DOI: 10.13339/j.cnki.sglc.20210226.006.
- [12] 申芹, 陈念永, 李光俊. 容积旋转调强放射治疗技术在头颈部肿瘤的应用[J]. *华西医学*, 2016, 31(9): 1614–1617. DOI: 10.7507/1002-0179.201600442.
- Shen Q, Chen NY, Li GJ. Application of volume rotation intensity modulated radiation therapy technology in head and neck tumors [J]. *West China Med J*, 2016, 31(9): 1614–1617. DOI: 10.7507/1002-0179.201600442.
- [13] 石婷婷, 韩济华, 张艳, 等. 食管癌固定野调强和旋转容积调强计划的剂量学比较[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29(1): 89–92. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.021.
- Shi TT, Han JH, Zhang Y, et al. Dosimetry comparison of the 5-field IMRT and VMAT planning for esophageal carcinoma [J]. *Chin J Radiol Health*, 2020, 29(1): 89–92. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.021.
- [14] 刘路, 王皓, 杨瑞杰, 等. 直肠癌术前固定野容积旋转调强放疗剂量学比较[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2017, 24(13): 921–925, 929. DOI: 10.16073/j.cnki.cjcp.2017.13.008.
- Liu L, Wang H, Yang RJ, et al. Dose comparison between fixed-field IMRT and VMAT in pre-operation rectum cancer radiation therapy [J]. *Chin J Cancer Prev Treat*, 2017, 24(13): 921–925, 929. DOI: 10.16073/j.cnki.cjcp.2017.13.008.
- [15] 张怀文, 钟晓鸣. 中晚期宫颈癌术后容积旋转调强放疗计划剂量学研究[J]. *实用癌症杂志*, 2019, 34(9): 1451–1454. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5930.2019.09.018.
- Zhang HW, Zhong XM. Dosimetric study of volumetric modulation arc therapy for postoperative cervical cancer [J]. *Pract J Cancer*, 2019, 34(9): 1451–1454. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5930.2019.09.018.
- [16] 苏晓科, 胡艳微, 谷晓华, 等. 宫颈癌术后容积旋转调强与三维适形调强放疗技术的剂量学差异[J]. *现代肿瘤医学*, 2021, 29(4): 675–678. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2021.04.029.
- Su XK, Hu YW, Gu XH, et al. Dosimetry difference between postoperative volumetric modulated arc therapy and intensity modulated radiotherapy for cervical cancer [J]. *Mod Oncol*, 2021, 29(4): 675–678. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2021.04.029.
- [17] 武雅琴, 韩晶晶, 朱必清, 等. 宫颈癌腹主动脉旁淋巴结转移静态调强放疗与容积旋转调强放疗的剂量学比较[J]. *南京医科大学学报:自然科学版*, 2018, 38(9): 1275–1279, 1291. DOI: 10.7655/NYDXBNS20180920.
- Wu YQ, Han JJ, Zhu BQ, et al. Dosimetric study of intensity modulated radiotherapy and volumetric-modulated arc radiotherapy for cervical cancer with para-aortic lymph node metastasis [J]. *Acta Univ Med Nanjing (Nat Sci)*, 2018, 38(9): 1275–1279, 1291. DOI: 10.7655/NYDXBNS20180920.
- [18] 胡丽娟, 王琪, 张鹏闯, 等. 容积旋转调强放疗与固定野调强放疗在巨块型宫颈癌根治性放疗中的剂量学比较[J]. *现代肿瘤医学*, 2020, 28(24): 4321–4325. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2020.24.024.
- Hu LJ, Wang Q, Zhang PC, et al. Dosimetric comparison of volumetric rotary intensity-modulated radiotherapy and fixed field-intensity-modulated radiotherapy in radiotherapy for large and advanced cervical cancer [J]. *Mod Oncol*, 2020, 28(24): 4321–4325. DOI: 10.3969/j.issn.1672-4992.2020.24.024.
- [19] 范娇娇. 局部晚期宫颈癌延伸野容积调强 (VMAT) 与固定野调强 (IMRT) 的剂量学比较 [D]. 长春: 吉林大学, 2018.
- Fan JJ. Dosimetric comparison between volumetric modulated arc therapy and intensity modulated radiation therapy of extended-field radiation for locally advanced cervical cancer [D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [20] 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. DOI: 10.16073/j.cnki.cjcp.2017.10.011.
- Deng HJ, Zhao YQ, Luo WJ, et al. Research of postoperative patients with cervical cancer dosimetry of IMRT and VMAT radiotherapy technology [J]. *Chin J Cancer Prev Treat*, 2017, 24(10): 708–713. DOI: 10.16073/j.cnki.cjcp.2017.10.011.
- [21] 崔天祥, 金俊余, 徐艳梅, 等. 宫颈癌二弧旋转容积调强与固定 7 野动态调强的剂量学比较[J]. *第三军医大学学报*, 2013, 35(23): 2569–2572. DOI: 10.16016/j.1000-5404.2013.23.020.
- Cui TX, Jin JY, Xu YM, et al. Volumetric modulated arc therapy with double arcs vs seven-field fixed-gantry dynamic intensity modulated radiotherapy in cervical cancer: a dosimetric study [J]. *J Third Milit Med Univ*, 2013, 35(23): 2569–2572. DOI: 10.16016/j.1000-5404.2013.23.020.

(收稿日期: 2022-08-16)