

容积旋转调强与固定野动态调强在直肠癌新辅助放疗中的剂量学比较

王沛沛, 刘哲铭, 李彩虹, 李金凯, 王亭亭, 石鑫磊, 李顺梅, 陈 新, 孙新臣

江苏省人民医院放射治疗中心, 江苏 南京 210029

【摘要】目的:比较双弧容积旋转调强(2VMAT)、单弧容积旋转调强(1VMAT)以及固定野动态调强(dIMRT)在直肠癌新辅助放疗计划中的剂量学差异。**方法:**选择20例行术前新辅助放疗的直肠癌患者,进行CT模拟定位,勾画靶区与危及器官,对同一病人分别设计1VMAT、2VMAT以及dIMRT计划,计划靶区(PTV)处方剂量为50 Gy/25 F。在95%体积的PTV满足处方剂量的前提下,利用剂量体积直方图(DVH)来比较3种计划中靶区和危及器官的剂量学差异。**结果:**3种治疗计划均能满足靶区处方剂量要求。与dIMRT相比,容积旋转调强(VMAT)计划能得到更好的靶区均匀性指数(HI) ($P<0.0001$)、适形度指数(CI) ($P<0.05$)以及较高的 $V_{95\%}$ 和较低的 $V_{107\%}$ 。对于小肠,两种VMAT计划 V_{30} 均低于dIMRT计划 ($P<0.05$),且2VMAT低于1VMAT;小肠的 D_{mean} 、 V_{40} 和 V_{30} 值中,dIMRT低于两种VMAT计划,1VMAT低于2VMAT,除 V_{30} 值dIMRT明显低于2VMAT外 ($P<0.05$),其余差异均无统计学意义;小肠的 V_{15} 结果显示两种VMAT计划值低于dIMRT计划,但差异无统计学意义。对于膀胱,两种VMAT计划中膀胱的 D_{mean} 、 V_{50} 、 V_{40} 、 V_{30} 、 V_{15} 值均低于dIMRT计划,且2VMAT低于1VMAT,其中2VMAT计划结果中膀胱的 D_{mean} 、 V_{40} 、 V_{30} 均低于1VMAT和dIMRT计划 ($P<0.05$),具有统计学差异。对双侧股骨头的 D_{mean} 和 V_{30} 值,2VMAT低于1VMAT以及dIMRT。两种VMAT计划的治疗时间明显少于dIMRT,具有统计学意义 ($P<0.0001$);2VMAT计划的控制点数目明显低于1VMAT和dIMRT ($P<0.0001$)。1VMAT的治疗跳数明显低于2VMAT和dIMRT,具有统计学差异 ($P<0.0001$)。**结论:**3种计划均能满足临床治疗的需要。2VMAT计划具有更好的靶区CI和HI,对小肠、膀胱的保护方面更具优势,且患者治疗时间明显缩短,治疗跳数明显降低,但其疗效有待进一步临床评估。

【关键词】直肠癌;新辅助放疗;容积旋转调强;固定野动态调强;调强放疗

【中图分类号】R735.3;R815.2

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)06-0901-06

Dose comparison between volume-modulated arc therapy and fixed-field dynamic intensity-modulated radiotherapy in neo-adjuvant radiotherapy for rectal cancer

WANG Pei-pei, LIU Zhe-ming, LI Cai-hong, LI Jin-kai, WANG Ting-ting, SHI Xin-lei, LI Shun-mei, CHEN Xin, SUN Xin-chen

Center of Radiation Oncology, Jiangsu People's Hospital, Nanjing 210029, China

Abstract: Objective To compare the dose difference among dual arc volume-modulated arc therapy (2VMAT), single arc volume-modulated arc therapy (1VMAT) and fixed-field dynamic intensity-modulated radiotherapy (dIMRT) in neo-adjuvant radiotherapy for rectal cancer. **Methods** Twenty patients with rectal cancer conducted neo-adjuvant radiotherapy were selected. The target volume and organs at risk (OARs) were delineated after CT simulation positioning. 2VMAT, 1VMAT and dIMRT plans were respectively designed for each patient. The prescribed dose of planning target volume (PTV) was delivered 25 fractions daily, and each fraction was 50 Gy. When 95% of PTV achieved the prescribed dose, dose-volume histogram was applied to compare the dose distribution of target volumes and OARs. **Results** The target volume coverage of these three different treatments met the requirement of described dosage. Compared with dIMRT plans, VMAT plans showed better homogeneity index (HI) ($P<0.0001$) and conformity index (CI) ($P<0.05$), and achieved higher $V_{95\%}$ and lower $V_{107\%}$. The V_{50} of small intestine in two kinds of VMAT plans were lower than that in dIMRT plans, and compared with 1VMAT plans, 2VMAT

【收稿日期】2015-06-20

【作者简介】王沛沛(1986-),助理工程师,物理师,从事放疗计划设计与质量控制。Tel: 15951827781;E-mail: wangpeipei5650@163.com。

【通信作者】孙新臣(1968-),博士,主任医师,放射治疗中心主任。Tel: 13770662828;E-mail: 13770662828@163.com。

plans were lower. However, D_{mean} , V_{30} and V_{40} of small intestine in dIMRT plans were lower than those in two kinds of VMAT plans, and compared with 2VMAT plans, 1VMAT plans were lower. Except that 2VMAT plans provided significant lower V_{30} of small intestine than dIMRT plans ($P<0.05$), no statistically significant differences were found. And the V_{15} of small intestine of two kinds of VMAT plans were lower than that of dIMRT plans, without significant differences. Compared with dIMRT plans, the two kinds of VMAT plans provided lower D_{mean} , V_{50} , V_{40} , V_{30} and V_{15} of bladder, and those of 2VMAT plans were lower than those of 1VMAT plans. And D_{mean} , V_{40} and V_{30} of bladder in 2VMAT plans were lower than those in 1VMAT plans and dIMRT plans, with significant difference ($P<0.05$). Compared with 1VMAT plans and dIMRT plans, 2VMAT plans also provided lower D_{mean} and V_{30} of bilateral femoral head. Compared with dIMRT plans, two kinds of VMAT plans showed shorter treatment time, with significant differences ($P<0.0001$). And compared with dIMRT plans and 1VMAT plans, 2VMAT plans presented a significant reduction on control points ($P<0.001$). The monitor unit of 1VMAT was significantly lower than that of the other two plans ($P<0.0001$). **Conclusion** Among these three different treatment plans which can meet the clinical treatment needs, 2VMAT plans have better HI and CI, with obvious advantages in protecting bladder and small intestine. The treatment time and control points are lower in 2VMAT plans. But the curative effect of 2VMAT plans is needed to be further discussed.

Key words: rectal cancer; neo- adjuvant radiotherapy; volume- modulated arc therapy; fixed- field dynamic; intensity- modulated radiotherapy

前言

在我国,直肠癌发病率排在常见恶性肿瘤的第4位~第6位^[1]。新辅助放疗是局部进展期直肠癌的首选治疗模式^[2]。与术后放疗相比,术前新辅助放疗不但降低了局部复发率,同时也提高了保肛率^[3]。调强放疗(Intensity-Modulated Radiotherapy, IMRT)已广泛应用于直肠癌新辅助放疗,IMRT较三维适形放疗能减少腹泻等肠道不良反应的发生率,同时能方便地实现肿瘤局部同期加量照射^[4-5]。容积旋转调强(Volume-Modulated Arc Therapy, VMAT)是在动态调强的基础上加入了旋转治疗的技术,其主要特性是在较短的时间内进行单弧或多弧旋转照射,在机器旋转出束的同时改变多叶光栅的位置、射线束剂量率、机架旋转速度以及调整剂量强度分布,产生高度适形的剂量靶区^[6]。VMAT作为一种全新的IMRT技术,其显著特点是能明显缩短治疗时间。本文通过比较单弧容积旋转调强(1VMAT)、双弧容积旋转调强(2VMAT)以及固定射野动态调强(dIMRT)在直肠癌新辅助放疗计划中的剂量学特点,探讨VMAT在直肠癌新辅助放疗中的应用价值,为直肠癌新辅助放疗方法在临床上提供选择。

1 资料和方法

1.1 临床资料

随机选取南京医科大学第一附属医院2014年3月~10月收治的行新辅助放疗的20例直肠癌患者。患者病理均为直肠腺癌,其中男性13例,女性7例,年龄19岁~76岁,中位年龄61岁,无放疗禁忌证。患者均为仰卧位,热塑膜盆腔固定。CT定位扫描前1 h

排空膀胱,并口服500 mL温开水,扫描时使膀胱充盈。静脉增强造影,使用西门子 SOMATOM Sensation Open 大孔径模拟CT进行扫描,扫描范围从L2椎体到坐骨结节下5 cm,层厚0.5 cm。获得的CT图像通过DICOM格式传输至医科达医生工作站。

1.2 靶区及危及器官的勾画

在医科达医生工作站 Focal (Version 4.8) 上,由同一位放疗医生勾画靶区及危及器官。参照ICRU 50号和62号报告,肿瘤区(GTV)为肿瘤原发病灶及转移淋巴结,临床靶区(CTV)包括GTV、直肠、直肠系膜区、骶前区、坐骨直肠窝及盆腔区域淋巴结(包括直肠上动脉区、低位髂总、髂内及闭孔动脉区),如果肿瘤侵犯前列腺、膀胱或子宫,CTV还应包括髂外淋巴结区,若阴道下1/3或肛管受累及,CTV则需包括腹股沟淋巴结区。计划靶区(PTV)为CTV三维方向各外扩0.5 cm。危及器官主要包括:小肠(勾画至PTV上1 cm)、膀胱以及双侧股骨头。

1.3 计划设计

采用医科达 Monaco (Version 3.3) 三维治疗计划系统对20例病例分别设计2VMAT、1VMAT以及dIMRT 3种计划,所有计划均采用医科达 Axeses 直线加速器的6 MV X线。其中dIMRT计划机架角度分别为45°、95°、140°、180°、220°、265°、315°;1VMAT计划采用360°全弧照射;2VMAT计划采用180°~320°,40°~180°两个弧设计。处方剂量:PTV给予50 Gy/25 F、2.0 Gy/F,要求至少95%的PTV达到47.5 Gy(95%×50 Gy)。危及器官剂量限量要求:小肠 $V_{30}<40\%$,膀胱 $V_{50}<50\%$,双侧股骨头 $V_{30}<50\%$ 、 $V_{50}<5\%$ 。

1.4 计划评价

利用剂量体积直方图(Dose-Volume Histogram,

DVH)评价靶区剂量分布和危及器官受量。

1.4.1 靶区评价参数 (1)靶区接受的 D_{mean} ;95%的等剂量线所覆盖的PTV体积的百分数 $V_{95\%}$;107%的等剂量线所覆盖的PTV体积的百分数 $V_{107\%}$;(2)适形性指数(Conformity Index, CI): $CI = V_{TV}/V_{PTV}$ 。其中, V_{TV} 为 D_{95} (即47.5 Gy)等剂量线所包绕的区域体积, V_{PTV} 为PTV的体积。CI值越接近于1说明靶区适形度越好;(3)均匀性指数(Homogeneity Index, HI): $HI = (D_2 - D_{98})/D_p$ 。其中, D_2 代表2%的PTV体积所受的照射剂量, D_{98} 代表98%的PTV体积所受的照射剂量, D_p 为PTV的处方剂量50 Gy。HI值越接近0表示靶区剂量均匀性越好。

1.4.2 危机器官评价参数 由于小肠、膀胱以及股骨头的毒性反应发生率与受照平均剂量、受照体积均有关,所以对三者的受照平均剂量以及不同剂量照射的体积百分比进行评价。评价指标具体为:小肠

的 D_{mean} 、 V_{50} 、 V_{40} 、 V_{30} 、 V_{15} ;膀胱的 D_{mean} 、 V_{50} 、 V_{40} 、 V_{30} 、 V_{15} ;双侧股骨头的 D_{mean} 、 V_{50} 、 V_{30} 。

1.4.3 治疗相关参数 控制点(Control Points, CPs), 机器跳数(Monitor Units, MUs), 以及治疗时间(Treatment Time, TT)。

1.5 统计学处理

使用SPSS19.0统计软件分析,对各项数据行配对t检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 靶区剂量学比较

3种治疗计划均能满足靶区处方剂量要求,如图1所示。两种VMAT计划中PTV的 D_{mean} 、 $V_{95\%}$ 、 $V_{107\%}$ 、HI均优于dIMRT计划,且两组VMAT计划结果相近,无统计学差异;2VMAT的CI优于1VMAT以及dIMRT。如表1所示。

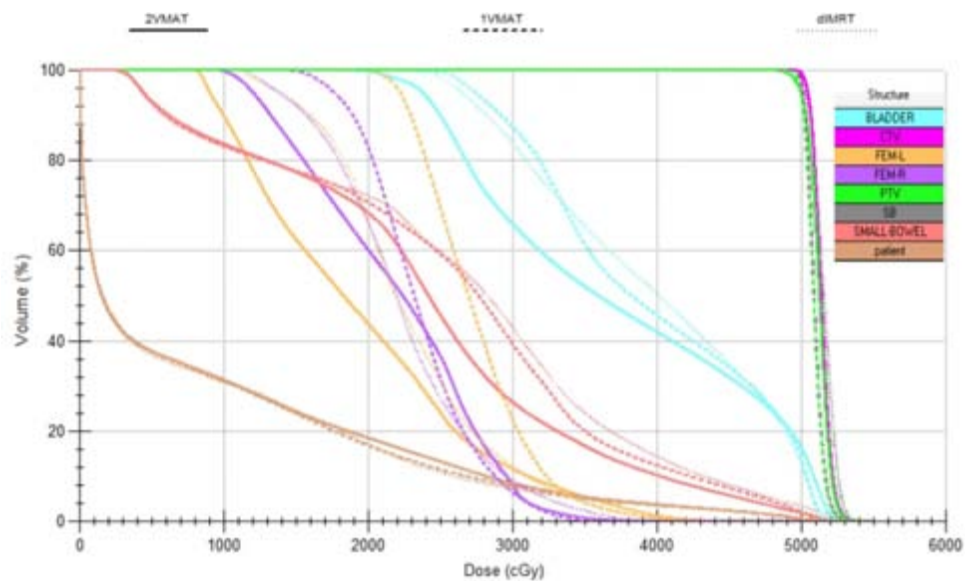


图1 3组计划的DVH图比较

Fig.1 DVH comparison of three plans

Note: 2VMAT: Dual arc volume-modulated arc therapy; 1VMAT: Single arc volume-modulated arc therapy; dIMRT: Fixed-field dynamic intensity-modulated radiotherapy; DVH: Dose-volume histogram

表1 PTV 剂量学参数比较

Tab.1 PTV dosimetric parameters comparison

Parameter	2VMAT (V_2)	1VMAT (V_1)	dIMRT	$P_{V_2 \text{ vs } V_1}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
D_{mean} (cGy)	5103.35±18.29	5098.26±33.65	5141.07± 15.92	0.60	<0.000 1	<0.000 1
$V_{95\%}$ (%)	99.97±0.06	99.94±0.15	99.90±0.17	0.36	0.004 3	0.210 0
$V_{107\%}$ (%)	0.05±0.07	0.54±2.29	0.69±0.57	0.36	0.000 1	0.760 0
HI	0.05±0.01	0.05±0.01	0.07±0.01	0.52		<0.000 1
CI	0.80±0.03	0.79±0.03	0.79±0.03	0.21	0.001 5	0.140 0

Note: PTV: Planning target volume; HI: Homogeneity index; CI: Conformity index

2.2 危机器官的剂量学比较

由表2和图1可见,小肠的 V_{50} 中两种VMAT计划均低于dIMRT计划($P<0.05$);小肠的 D_{mean} 、 V_{40} 和 V_{30} 值中,dIMRT低于两种VMAT计划,1VMAT低于2VMAT,除 V_{30} 值dIMRT明显低于2VMAT外($P<0.05$),其余差异均无统计学意义。小肠的 V_{15} 结果显示两种VMAT

计划值低于dIMRT计划,但差异无统计学意义。

从表3和图1的DVH图可见,两种VMAT计划中膀胱的 D_{mean} 、 V_{50} 、 V_{40} 、 V_{30} 、 V_{15} 值均低于dIMRT计划,且2VMAT低于1VMAT。其中2VMAT计划结果中膀胱的 D_{mean} 、 V_{40} 、 V_{30} 均低于1VMAT和dIMRT计划($P<0.05$),具有统计学差异。

表2 小肠剂量学参数比较
Tab.2 Dosimetric comparison of small intestine

Parameter	2VMAT(V_2)	1VMAT(V_1)	dIMRT	$P_{V_2 \text{ vs } V_1}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
D_{mean} (cGy)	2498.31±554.79	2469.85±522.21	2462.08±479.58	0.31	0.33	0.81
V_{15} Gy (%)	77.71±19.38	77.64±18.41	78.79±18.35	0.92	0.46	0.32
V_{30} Gy (%)	33.64±13.64	32.24±12.27	29.90±12.86	0.40	0.04	0.15
V_{40} Gy (%)	13.61±8.17	13.36±8.53	13.26±8.68	0.65	0.62	0.91
V_{50} Gy (%)	2.50±2.84	2.75±3.09	3.46±3.81	0.10	0.01	0.01

表3 膀胱剂量学参数比较
Tab.3 Dosimetric comparison of bladder

Parameter	2VMAT (V_2)	1VMAT (V_1)	dIMRT	$P_{V_2 \text{ vs } V_1}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
D_{mean} (cGy)	3908.13±313.57	4022.43±270.68	4113.48±286.92	0.001 2	<0.000 1	0.040 0
V_{15} Gy (%)	99.65±0.96	99.81±0.69	99.91±0.51	0.260 0	0.150 0	0.140 0
V_{30} Gy (%)	82.50±11.67	87.38±11.13	89.62±9.62	0.030 0	<0.000 1	0.270 0
V_{40} Gy (%)	47.70±13.02	52.32±11.68	58.25±13.72	0.005 4	<0.000 1	0.023 4
V_{50} Gy (%)	15.46±9.16	15.69±9.08	16.59±10.07	0.590 0	0.020 0	0.080 0

由表4、表5和图1可见,对于双侧股骨头的 D_{mean} 和 V_{30} 值,2VMAT低于1VMAT以及dIMRT。其中左侧股骨头 D_{mean} 结果显示有统计学差异($P<0.05$),2VMAT的 V_{30} 值较1VMAT有统计学差异($P<0.05$),2VMAT较dIMRT以及1VMAT较dIMRT差异无统计

学意义;右侧股骨头结果 D_{mean} 和 V_{30} 值中,2VMAT和dIMRT的值均低于1VMAT,且有统计学意义($P<0.05$)。双侧股骨头 V_{50} 的数值极低,均在耐受范围之内,比较无实际临床意义。

2.3 治疗相关参数的比较

表4 左侧股骨头剂量学参数比较
Tab.4 Dosimetric comparison of the left side of femoral head

Parameter	2VMAT (V_2)	1VMAT (V_1)	dIMRT	$P_{V_2 \text{ vs } V_1}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
D_{mean} (cGy)	2317.03±316.90	2572.11±385.15	2474.95±299.15	0.0118	0.007 5	0.224 8
V_{30} Gy (%)	22.43±9.16	29.46±14.24	24.63±11.96	0.0204	0.352 2	0.072 5
V_{50} Gy (%)	0.19±0.47	0.04±0.25	0.11±0.31	0.1789	0.378 1	0.230 7

表5 右侧股骨头剂量学参数比较
Tab.5 Dosimetric comparison of the right side of femoral head

Parameter	2VMAT (V_2)	1VMAT (V_1)	dIMRT	$P_{V_2 \text{ vs } V_1}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
D_{mean} (cGy)	2423.14±358.85	2636.18±291.87	2438.52±262.95	0.009 2	0.797 3	0.000 9
V_{30} Gy (%)	26.27±12.13	32.05±13.12	22.50±9.26	0.039 7	0.033 0	<0.000 1
V_{50} Gy (%)	0.12±0.42	0.08±0.39	0.06±0.27	0.325 3	0.282 6	0.607 9

从表6可见,两种VMAT计划的治疗时间明显少于dIMRT,具有统计学意义($P<0.0001$),且1VMAT的治疗时间明显快于2VMAT($P<0.0001$);2VMAT的控制点数明显少于1VMAT和dIMRT($P<0.0001$);

1VMAT的MU值明显低于2VMAT和dIMRT,具有统计学差异($P<0.0001$),其中dIMRT的MU值略低于2VMAT,差异无统计学意义。

表6 3组计划治疗相关参数的比较
Tab.6 Treatment-related parameters of three plans

Parameter	2VMAT (V ₂)	1VMAT (V ₁)	dIMRT	$P_{V_1 \text{ vs } V_2}$	$P_{V_2 \text{ vs dIMRT}}$	$P_{V_1 \text{ vs dIMRT}}$
Treatment time (s)	159.76±11.04	125.06±7.52	304.62±16.74		<0.000 1	<0.000 1
Control points (CPs)	144.52±5.81	167.03±10.67	211.28±2.35	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
Monitor units (MU)	742.16±95.08	645.31±78.98	732.18±55.13		0.580 0	<0.000 1

3 讨 论

在我国直肠癌的发病率有逐年上升的趋势,放射治疗不论是在直肠癌术前还是术后均具有重要的意义^[7]。然而,术前新辅助放疗相比于术后辅助放疗有更明显的理论优势:通过术前放疗使肿瘤降期,提高肿瘤的手术切除率及保肛率;未行手术的组织结构血供丰富,肿瘤对放射治疗敏感;术前盆腔结构未破坏,盆腔中受照射的小肠组织较少;术前放疗可降低术中肿瘤播散的机会^[8]。目前有多项来自欧美的大型随机对照临床研究表明术前及术后放疗的疗效进行比较,奠定了术前新辅助放化疗的优势地位^[9-10]。但放射治疗对盆腔脏器造成的毒副反应如腹泻、肠穿孔及放射性皮肤反应等,严重影响患者的生活质量。所以在提高靶区剂量和适形度的同时,应尽量降低危及器官如小肠、膀胱、双侧股骨头等的受量,进一步提高局部控制率,改善患者的生存质量,同时也是放疗技术应用在直肠癌时应着重考虑的问题^[11]。

IMRT是在三维适形技术上发展而来的,它具有更好的靶区适形度,同时更好地保护了靶区周围的危及器官,尤其是在凹形靶区或有危及器官嵌入时,更体现了IMRT技术的优势^[12-13]。VMAT作为一种全新IMRT技术,它联合动态多叶准直器技术配合机架旋转,机架旋转过程中射线出束,剂量率、射野形状、机架旋转速度同时可变可调。最大剂量率可达700 MU/min,机架旋转1周约75 s。VMAT最大优点是可在短时间内完成与静态IMRT相当的剂量分布^[6]。IMRT在直肠癌术前放疗中的优势已有多项研究报道,而VMAT作为一项新技术随着广泛的应用及不断的改进和完善,其高适形度、较短的治疗时间、较少的MU以及对危及器官较好的保护等优势已在头

颈部肿瘤以及前列腺癌等肿瘤中得到确认^[14-15]。但是直肠癌新辅助放疗与这些病变在靶区、危及器官以及危及器官的耐受性方面有着完全不同的特点,目前国内对于直肠癌VMAT新辅助放疗特别是2VMAT放疗未有研究报道。

本研究通过对20例直肠癌术前新辅助放疗患者的2VMAT、1VAMT以及dIMRT 3种计划分析比较,结果显示3种计划均能较好地满足靶区处方剂量的要求,靶区的适形度相当,但两种VMAT计划的HI均优于dIMRT。两种VMAT的PTV V_{95%}、V_{107%}结果均优于dIMRT,2VMAT优于1VMAT,说明2VMAT计划的剂量梯度下降较快,剂量梯度更优。

小肠是直肠癌新辅助放疗最重要的剂量限制器官,肠道不良反应的发生率与小肠受照剂量和体积有密切关系。Baglan等^[16]的研究结果显示,急性肠道不良反应的发生率与小肠低剂量照射体积尤其是V₁₅关系密切,在V₁₅<150 cc、150 cc~299 cc和≥300 cc时,3级急性肠道不良反应的发生率分别为0、30%和70%。本研究中2VMAT、1VMAT以及dIMRT计划小肠的V₁₅平均值分别为77.72 cc、77.63 cc、78.78 cc,VMAT计划结果略低。且VMAT计划特别是2VMAT计划中小肠V₅₀较dIMRT有明显降低,差异有统计学意义,降低了小肠发生穿孔及肠道不良反应发生的概率。本研究中,VMAT计划降低了膀胱高、低剂量的受照体积,其中2VMAT计划对于膀胱的剂量控制更具优势,差异有统计学意义。对于双侧股骨头,3种计划方式均能满足V₅₀<5%、V₃₀<50%的限量要求,VMAT较dIMRT在保护股骨头方面的临床价值不明显。

VMAT技术在剂量分布等同于或优于dIMRT技

术的基础上,治疗时间缩短至2 min~3 min,节约了至少一半的时间,减少了患者移动带来的摆位误差。此外,延长治疗时间对生物效应也有一定的影响。文献证实,延长治疗时间,肿瘤细胞DNA修复、增殖的概率增加^[17]。放射线诱导的继发肿瘤如淋巴瘤、白血病等越来越受到关注,减少治疗所需跳数对降低继发肿瘤发生有重要意义^[18]。IMRT放疗由于跳数较高,散射线也增加,增大了射线泄露概率。VMAT计划MU较dIMRT降低了约30%,降低了相应的风险发生率。

综上所述,2VMAT、1VMAT以及dIMRT计划均能满足靶区处方剂量和各危及器官的剂量限制要求。2VMAT计划具有更好的靶区适形度和均匀性,且对小肠、膀胱的保护方面更具优势,患者治疗时间明显缩短,治疗跳数明显降低,但其疗效有待进一步临床评估。

【参考文献】

- [1] 郝帅营, 张滨, 许卫. 磁共振弥散加权成像在直肠癌诊断中的应用价值[J]. 中国医疗设备, 2010, 25(6): 134-137.
Hao SY, Zhang B, Xu W. Application of magnetic resonance diffusion-weighted imaging in the diagnosis of rectal cancer[J]. China Medical Device, 2010, 25(6): 134-137.
- [2] Glynne-Jones R, Wallace M, Livingstone JI, et al. Complete clinical response after preoperative chemoradiation in rectal cancer: Is a "wait and see" policy justified?[J]. Dis Colon Rectum, 2008, 51(1): 10-19.
- [3] 俞静, 曹邦伟, 林清, 等. 局部晚期直肠癌术前同步放化疗临床意义的初步探讨[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(15): 1173-1176.
Yu J, Cao BW, Lin Q, et al. Management of locally advanced rectal cancer with preoperative three-dimensional conformal radiotherapy combined with chemotherapy[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2012, 19(15): 1173-1176.
- [4] Mok H, Crane CH, Palmer MB, et al. Intensity modulated radiation therapy (IMRT): Differences in target volumes and improvement in clinically relevant doses to small bowel in rectal carcinoma[J]. Radiat Oncol, 2011, 6: 63.
- [5] Samuelian JM, Callister MD, Ashman JB, et al. Reduced acute bowel toxicity in patients treated with intensity-modulated radiotherapy for rectal cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 82(5): 1981-1987.
- [6] Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc [J]. Med Phys, 2008, 35(1): 310-317.
- [7] 李浦, 单国平, 狄小云, 等. 直肠癌术后容积旋转调强和静态调强放疗的剂量学研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(3): 4115-4129.
- [8] Li P, Shan GP, Di XY. Dosimetry comparison between rapidArc and IMRT for postoperative rectal cancer[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(3): 4115-4129.
- [8] 孙文洁, 章真. 直肠癌放射治疗的现状与研究热点[J]. 中国癌症杂志, 2013, 23(6): 476-480.
Sun WJ, Zhang Z. The present situation and the research hot spot of the radiotherapy for rectal cancer[J]. China Oncology, 2013, 23(6): 476-480.
- [9] Sauer R, Liersch T, Merkel S, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for locally advanced rectal cancer: Results of the German CAO/ARO/AIO-94 randomized phase III trial after a median follow-up of 11 years[J]. J Clin Oncol, 2012, 30(16): 1926-1933.
- [10] Roh MS, Colangelo LH, O'Connell MJ, et al. Preoperative multimodality therapy improves disease-free survival in patients with carcinoma of the rectum: NSABP R-03[J]. J Clin Oncol, 2009, 27(31): 5124-5130.
- [11] 叶序卷, 高远红, 刘秉梯, 等. 直肠癌术前三维适形放疗和五野调强放疗的剂量学比较研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(1): 19-23.
Ye XJ, Gao YH, Liu BT, et al. Dosimetric study of 3D conformal radiotherapy compared with 5F intensity modulated radiotherapy in preoperative rectum cancer[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2012, 19(1): 19-23.
- [12] 钱立庭, 金大伟, 刘新, 等. 直肠癌术后辅助性放疗不同照射技术的剂量学研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(1): 411-415.
Qian LT, Jin DW, Liu X, et al. Dosimetric study of three different techniques in postoperative adjuvant Irradiation of rectal cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(1): 411-415.
- [13] 王利波, 董丽华. sIMRT与IMRT调强放疗技术在临床中的应用[J]. 吉林医学, 2009, 30(21): 2705-2706.
Wang LB, Dong LH. sIMRT with IMRT technology in the clinical application[J]. Jilin Medical Journal, 2009, 30(21): 2705-2706.
- [14] Vanetti E, Clivio A, Nicolini G, et al. Volumetric modulated arc radiotherapy for carcinomas of the oro-pharynx hypo-pharynx and larynx: A treatment planning comparison with fixed field IMRT[J]. Radiother Oncol, 2009, 92: 111-117.
- [15] Yoo S, Wu QJ, Lee WR, et al. Radiotherapy treatment plans with RapidArc for prostate cancer involving seminal vesicles and lymph nodes[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 76: 935-942.
- [16] Baglan KL, Frazier RC, Yan D, et al. The dose-volume relationship of acute small bowel toxicity from concurrent 5-FU-based chemotherapy and radiation therapy for rectal cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(1): 176-183.
- [17] Wang JZ, Li XA, D'Souza WD, et al. Impact of prolonged fraction delivery times on tumor control: A note of caution for intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 57: 543-552.
- [18] Milette PC. Classification, diagnostic imaging and imaging characterization of lumbar herniated disc[J]. Radiol Clin N Am, 2000, 38(6): 1267-1291.