

## 宫颈癌螺旋断层放疗与静态调强技术的剂量学比较

刘娟<sup>1</sup>, 李双双<sup>1</sup>, 高山宝<sup>1</sup>, 闫婧<sup>1</sup>, 侯震<sup>2</sup>, 朱丽晶<sup>1</sup>

1. 南京大学医学院附属鼓楼医院肿瘤中心, 江苏 南京 210000; 2. 东南大学生物科学与医学工程学院生物电子学国家重点实验室、医学电子学实验室, 江苏 南京 210096

**【摘要】目的:**比较宫颈癌盆腔照射螺旋断层放射治疗(Helical Tomotherapy, HT)计划与七野-静态调强放疗(7F-IMRT)计划的靶区和危及器官的剂量学差异。**方法:**选取2015年3月~2017年10月行HT治疗的25例宫颈癌患者,均采用俯卧位,憋尿状态。分别进行HT和7F-IMRT两种计划设计,比较两种计划模式之间靶区和危及器官之间的剂量学参数及机器输出跳数。**结果:**(1)计划靶区(PTV):HT组CI和HI均优于7F-IMRT组,具有统计学差异( $0.898\pm 0.017$  vs  $0.834\pm 0.013$ ,  $P<0.001$ ;  $0.062\pm 0.012$  vs  $0.109\pm 0.019$ ,  $P<0.001$ );HT组PTV的 $D_1$ 、 $D_2$ 均低于7F-IMRT组( $P<0.001$ ), $D_{mean}$ 、 $D_{98}$ 、 $D_{95}$ 均较7F-IMRT组高( $P=0.048$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.015$ )。(2)对于正常组织,HT组小肠、结肠、直肠和膀胱的 $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 、 $V_{30}$ 、 $V_{40}$ 以及直肠 $V_{50}$ 均显著低于7F-IMRT组( $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.001$ ,  $P=0.006$ ),其余 $V_{50}$ 略低,无统计学差异( $P=0.130$ );HT组双侧股骨头 $V_{25}$ 、 $D_5$ 、 $D_{mean}$ 、 $D_{max}$ 也显著低于7F-IMRT组( $P<0.001$ );但是,HT组的机器输出量明显高于7F-IMRT组。**结论:**HT计划在适形度、均匀性及周围正常组织保护上显著优于7F-IMRT计划,在充分保证靶区剂量的同时又不增加患者放疗毒副反应;但其机器输出量高于7F-IMRT计划,对射束的利用率不高。在后续治疗实施过程中,HT系统作为影像引导放射治疗技术,确保每次治疗过程中的精准度,值得临床应用。

**【关键词】**宫颈癌;放射治疗;螺旋断层放射治疗;调强放射治疗;剂量学

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2019)01-0023-06

## Dosimetric comparison of helical tomotherapy versus fixed-field intensity-modulated radiotherapy for cervical cancer

LIU Juan<sup>1</sup>, LI Shuangshuang<sup>1</sup>, GAO Shanbao<sup>1</sup>, YAN Jing<sup>1</sup>, HOU Zhen<sup>2</sup>, ZHU Lijing<sup>1</sup>

1. Cancer Center, Nanjing Drum Tower Hospital Affiliated to Medical School of Nanjing University, Nanjing 210000, China;

2. Laboratory for Medical Electronics, State Key Laboratory of Bioelectronics, School of Biological Science and Medical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China

**Abstract: Objective** To compare the dosimetric differences of target areas and organs-at-risk between helical tomotherapy (HT) and 7-field intensity-modulated radiotherapy (7F-IMRT) for cervical cancer. **Methods** Twenty-five patients with cervical cancer who underwent helical tomography between March 2015 and October 2017 were enrolled in this study. All enrolled patients were treated in prone position, with a full bladder. Both HT planning and 7F-IMRT planning were carried out for each patient. The dosimetry parameters of target areas and organs-at-risk, and monitor units (MU) were compared between two planning modes. **Results** HT plan was better than 7F-IMRT plan in conformity index and homogeneity index [ $0.898\pm 0.017$  vs  $0.834\pm 0.013$ ,  $P<0.001$ ;  $0.062\pm 0.012$  vs  $0.109\pm 0.019$ ,  $P<0.001$ ]. The  $D_1$  and  $D_2$  of planning target volume in HT group were lower than those in 7F-IMRT group (all  $P<0.001$ ), while  $D_{mean}$ ,  $D_{98}$  and  $D_{95}$  in HT group were higher than those in 7F-IMRT group ( $P=0.048$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.015$ ). The  $D_{max}$ ,  $D_{mean}$ ,  $V_{30}$  and  $V_{40}$  of small intestine, colon, rectum and bladder and the  $V_{50}$  of rectum were significant lower ( $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P<0.001$ ,  $P=0.001$ ,  $P=0.006$ ), and the  $V_{50}$  of the other organs-at-risk was slightly lower ( $P=0.130$ ) in HT group as compared with 7F-IMRT group. Moreover, the  $V_{25}$ ,  $D_5$ ,  $D_{mean}$  and  $D_{max}$  of femoral heads in HT group were significantly lower than those in 7F-IMRT group (all  $P<0.001$ ). However, compared with 7F-IMRT group, HT group had a much higher MU. **Conclusion** HT plan which ensures the target dose without increasing the radiotherapy toxicity is superior to 7F-IMRT plan in conformity index, homogeneity index and

**【收稿日期】**2018-08-11

**【基金项目】**江苏省自然科学基金青年项目(BK20150102)

**【作者简介】**刘娟, 硕士, 主管技师, 研究方向: 医学物理和肿瘤放射治疗, E-mail: liujuan0813@163.com

**【通信作者】**朱丽晶, 博士, 副主任医师, 副教授, 研究方向: 妇科肿瘤的综合治疗, E-mail: zhulj@hotmail.com

organs-at-risk sparing. However, the MU of HT plan is higher than that of 7F-IMRT plan, which indicates a lower utilization rate of beams in HT plan. As an image-guided radiotherapy technology, HT system is worthy of application for it can ensure the accuracy of each radiotherapy.

**Keywords:** cervical cancer; radiotherapy; helical tomotherapy; intensity-modulated radiotherapy; dosimetry

## 前言

宫颈癌是最常见的妇科恶性肿瘤,其发病率非常高,占我国女性恶性肿瘤之首<sup>[1]</sup>。放疗作为宫颈癌的主要治疗手段,在改善局部控制率及提高总生存时间上是得到肯定的<sup>[2-3]</sup>。常规放疗技术多采用二维模式,照射区内的正常组织受照面积过大,易引起严重急性反应或远期症状。调强放射治疗(IMRT)和容积旋转调强放疗(VMAT)的应用使宫颈肿瘤照射更加精确,正常组织能得到很好的保护。尤其是螺旋断层放射治疗(Helical Tomotherapy, HT)的出现,其整合 IMRT、影像引导放疗(Image-Guided Radiation Therapy, IGRT)和剂量引导放疗为一体,是目前世界高端的肿瘤放疗设备之一,结合 CT 影像引导行 360° 聚焦式的断层照射,对肿瘤患者进行精准、安全、高效的治疗,无疑给宫颈癌患者带来了新的曙光。本研究对 25 例宫颈癌盆腔照射患者分别采用 HT 与七野-静态调强放疗(7F-IMRT)治疗技术比较剂量学差异,旨在为 HT 技术进一步深入运用于宫颈癌外照射提供参考数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

收集南京大学医学院附属鼓楼医院 2015 年 3 月~2017 年 10 月期间接受 HT 治疗的 25 例宫颈癌盆腔外照射的患者;均有病理诊断;患者年龄 35~88 岁,中位年龄 55 岁;患者一般情况较好,KPS 评分 $\geq 70$  分。

### 1.2 主要设备

美国螺旋断层放射治疗系统(Helical Tomotherapy, Hi-ART),Hi-Art Version 5.1.1 三维治疗计划系统(HT 组),Philips 公司的 Pinnacle<sup>3</sup> 9.10 三维治疗计划系统(7F-IMRT 组),Philips 公司的 Brilliance CT6 模拟定位机(CT-SIM),美科 PBSV4.1 膀胱超声扫描仪,德国 LAP 移动激光灯,碳纤维俯卧定位板、头枕及体膜、金点等。

### 1.3 定位方法

(1)定位前准备:定位前 1 h 嘱咐患者排空膀胱,饮用 800 mL 约 10% 浓度 CT 造影剂使肠道显影,自感膀胱充盈后,用超声膀胱扫描仪检测尿量;(2)定位固定:采

用俯卧位,确保腹盆部自然垂入俯卧位定位板的方孔内,双臂上举交叉置于额下,并保证患者身体正中矢状面与定位板中垂线一致、背部与定位板平行,体膜固定,利用激光灯在皮肤和体膜上均做标记,并在膜上贴金点;(3)影像获取:扫描范围一般自第 1 腰椎上缘至盆腔下缘 5~10 cm 处,120 kV,250 mAs,层厚 5 mm,平扫+增强扫描;(4)后续工作:将数据传输至 Pinnacle<sup>3</sup> 9.10 计划系统,在患者皮肤标记“十”字处贴上保护膜,记录好数据,由双人审核签字。

### 1.4 靶体积及危及器官的勾画

根据 ICRU 62 和 83 号报告,由妇科肿瘤放疗医师勾画靶区与危及器官。肿瘤体积(GTV)包括 MRI、CT 显示的宫颈病灶和肿大淋巴结;临床靶体积(CTV)包括子宫颈体、宫旁及盆腔淋巴引流区域;计划靶区(PTV)在 CTV 基础上外放 5~8 mm 生成。危及器官包括小肠、结肠、直肠、膀胱及双侧股骨头等。由物理师创建不同剂量梯度的剂量限制环 Ring 及辅助限量区域 Avoid,并将图像和勾画轮廓传输至 TOMO 计划系统。

### 1.5 治疗计划设计

采用 Hi-Art Version 5.1.1 和 Philips Pinnacle<sup>3</sup> 9.10 治疗计划系统对每例患者分别进行 HT 组和 7F-IMRT 组两种计划设计。处方剂量:46~50 Gy/23~25 f (根据患者实际治疗剂量确定,保证每个患者两种计划处方剂量一致)。要求 95% 的 PTV 应获得 100% 的处方剂量。剂量限定如表 1 所示。

表 1 靶区及正常组织剂量限定  
Tab.1 Dose limits for PTV and OAR

Region	Parameter	Dose limits
PTV	D <sub>max</sub>	<107% of the prescription dose
	D <sub>mean</sub>	<105% of the prescription dose
OAR	Intestine	V <sub>45</sub> <195 cc, D <sub>max</sub> <54 Gy, V <sub>40</sub> <10%
	Colon	V <sub>50</sub> <10%, D <sub>max</sub> <55 Gy
	Rectum	V <sub>30</sub> <50%, D <sub>max</sub> <55 Gy
	Bladder	V <sub>45</sub> <50%
	Femoral head	V <sub>50</sub> <5%, D <sub>5</sub> ≤45-50 Gy

PTV: Planning target volume; OAR: organs-at-risk

**1.5.1 HT 计划设计** 计划模式为逆向调强, 6 MV X线, 剂量率 864 MU/min, 64 对多叶准直器(MLC); 设定靶区处方剂量、剂量计算网格为 Fine、射野的宽度选 2.5 cm、螺距(Pitch)设定 0.43、调制因子初设 2.0, 根据优化情况进行调整, 一般都不超过 2.8, 设定各剂量限定的优先权重(优化中时时调整)进行优化, 得到最佳的剂量分布, 然后进行 Get Full Dose 运算以考虑散射的完全剂量计算, 最后进行 Final Dose 计算, 得到最终计划。

**1.5.2 7F-IMRT 计划设计** 调强方式为静态调强(step and shot), 采用逆向设计, 七野共面射野, 6 MV X线, 剂量率为 560 MU/min, 40 对 MLC; 入射角度为 0°、50°、100°、155°、205°、260°、310°, 根据靶区剂量和危及器官剂量规定设置优化目标。子野数量限定 60 个, 最小子野面积 9 cm<sup>2</sup>, 最小子野机器输出跳数 5 MU, 进行计划优化, 通过反复调整优化条件或目标函数的权重, 以获得较理想的剂量分布, 最后进行剂量归一(95%的 PTV 达到处方剂量)。

### 1.6 评价指标

计划评价是基于各断面的剂量分布及剂量体积直方图(Dose Volume Histogram, DVH)进行各参数比较。(1)靶区剂量参数:  $D_1$ (1%体积的 PTV 受到的最大剂量)、 $D_2$ 、 $D_{98}$ (98%体积的 PTV 受到的最小剂量)、 $D_{95}$ 、平均剂量( $D_{mean}$ )和中位剂量( $D_{50}$ ); (2) PTV 适形度指数(Conformity Index, CI)<sup>[4]</sup>: 用来评价等剂量线与靶区 PTV

的适形度,  $CI=(TV_{Ri}/TV) \times (TV_{Ri}/V_{Ri})$ , 其中  $TV_{Ri}$  为处方剂量线包绕的靶体积,  $TV$  为靶体积,  $V_{Ri}$  为处方剂量包绕的体积,  $CI$  的范围为 0~1, 其值越接近 1 表示靶区适形度越好<sup>[5]</sup>; (3)靶区均匀性指数(Homogeneity index, HI)<sup>[6]</sup>: 用来反映靶区内的剂量分布均匀性,  $HI=D_2-D_{98}/D_{50}$ , 其值越接近 0 表示均匀性就越好, 数值越大表示剂量分布越不均匀<sup>[7-8]</sup>; (4)两种计划危及器官比较, 包括小肠、结肠、直肠和膀胱的最大剂量( $D_{max}$ )、 $D_{mean}$  和 30、40、50 Gy 剂量受照射的体积( $V_{30}$ 、 $V_{40}$ 、 $V_{50}$ ); 双侧股骨头  $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 、股骨头接受 25 Gy 受照的体积( $V_{25}$ )及 5% 的体积受照的剂量( $D_5$ )。

### 1.7 统计学方法

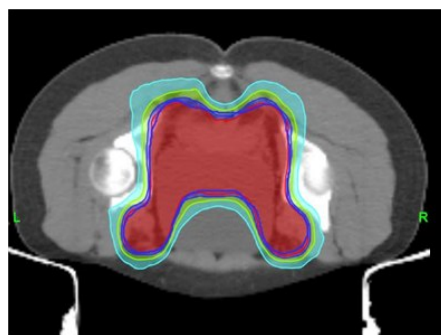
应用 SPSS 22.0 统计软件, 数据用均数±标准差表示, 采用配对  $t$  检验对两种治疗计划的剂量学进行差异分析,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

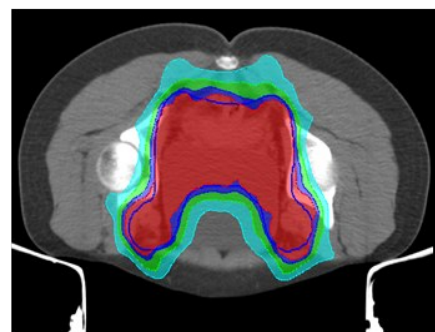
25 例患者均能配合治疗, 未出现严重的不良反应, 顺利完成治疗。

### 2.1 靶区剂量分布与 DVH 图比较

图 1 为某例患者两种计划中心截面的剂量分布, 包括横断面、矢状面和冠状面。图 2 为该患者两种计划的 DVH 图。与 7F-IMRT 计划比较, HT 计划处方等剂量线对靶区包绕更好, 而且靶区的  $CI$  和  $HI$  更优, 剂量分布更理想。



a: Helical tomotherapy (HT)



b: Seven-field intensity-modulated radiotherapy (7F-IMRT)

图1 两种治疗计划中心截面的等剂量分布

Fig.1 Isodose distribution in the central section of two treatment plans

### 2.2 两种治疗计划的 PTV 剂量参数比较

本研究剂量分布显示, HT 和 7F-IMRT 两种放疗计划中靶区的覆盖均能满足临床剂量要求。HT 计划 PTV 的  $D_1$ 、 $D_2$  分别为  $(51.19 \pm 2.12)$  Gy、 $(50.99 \pm 2.11)$  Gy, 比 7F-IMRT 计划  $(52.44 \pm 2.18)$  Gy、 $(52.34 \pm 2.19)$  Gy 低 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ); HT 计划和 7F-IMRT 计划的  $D_{mean}$  分别是  $(50.25 \pm 2.00)$  Gy、 $(50.47 \pm 1.97)$  Gy ( $P = 0.048$ ),

$D_{98}$  分别是  $(47.85 \pm 1.98)$  Gy、 $(47.03 \pm 1.81)$  Gy ( $P < 0.001$ ),  $D_{95}$  分别是  $(48.68 \pm 1.95)$  Gy、 $(48.39 \pm 1.86)$  Gy ( $P = 0.015$ )。结果表明 HT 技术在尽可能保证靶区的最小剂量接近处方剂量, 同时降低靶区内的热点区, 使靶区的剂量线梯度越陡直; HT 计划和 7F-IMRT 计划的  $CI$  分别为  $0.898 \pm 0.017$  和  $0.834 \pm 0.013$  ( $P < 0.001$ ), HT 计划的  $CI$  值更接近于 1, 适形度优于 7F-IMRT; HT 计划

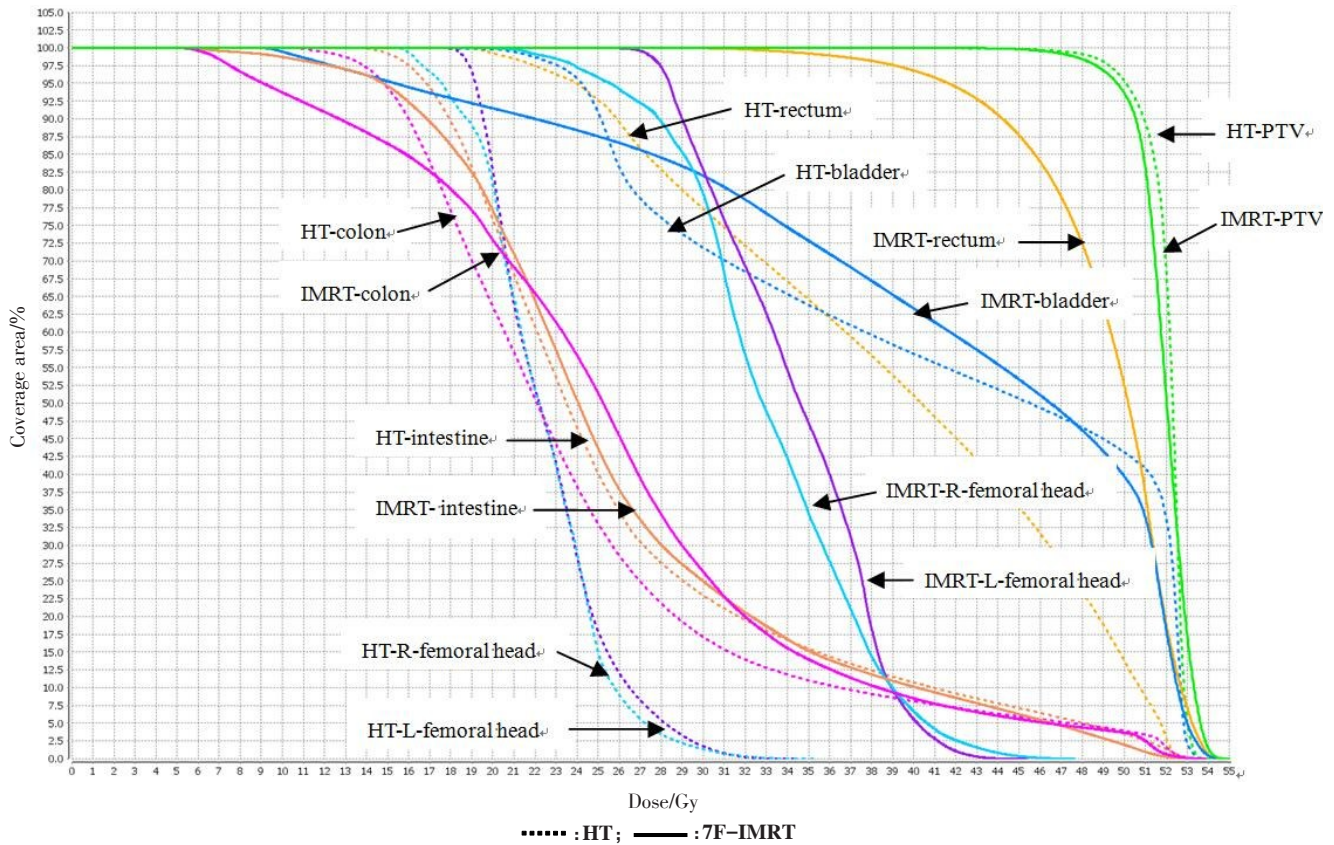


图2 同例患者两种治疗PTV和危及器官DVH图比较

Fig.2 Dose-volume histogram comparison of PTV and OAR in two treatment plans of the same patient

和7F-IMRT计划的HI分别为 $0.062 \pm 0.012$ 和 $0.109 \pm 0.019$  ( $P < 0.001$ ), HT计划的HI值更接近于0, 靶区剂量分布更均匀。具体参数如表2所示。

表2 HT计划和7F-IMRT计划的PTV剂量参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.2 Comparison of dose parameters in planning target volume between HT plan and 7F-IMRT plan (Mean±SD)

Plan	CI	HI	$D_{mean}/Gy$	$D_1/Gy$	$D_2/Gy$	$D_{95}/Gy$	$D_{98}/Gy$
HT	$0.898 \pm 0.017$	$0.062 \pm 0.012$	$50.25 \pm 2.00$	$51.19 \pm 2.12$	$50.99 \pm 2.11$	$48.68 \pm 1.95$	$47.85 \pm 1.98$
7F-IMRT	$0.834 \pm 0.013$	$0.109 \pm 0.019$	$50.47 \pm 1.97$	$52.44 \pm 2.18$	$52.34 \pm 2.19$	$48.39 \pm 1.86$	$47.03 \pm 1.81$
P value	<0.001	<0.001	0.048	<0.001	<0.001	0.015	<0.001

CI: Conformity index; HI: Homogeneity index

### 2.3 两种治疗计划危及器官的剂量参数比较

对于小肠, 两组比较除了 $V_{50}$ 无统计学意义( $P=0.130$ ),  $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 、 $V_{30}$ 和 $V_{40}$ 均有统计学意义( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P=0.001$ ), HT组均优于7F-IMRT组; 对于结肠除了 $V_{50}$ 无统计学意义( $P=0.051$ ),  $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 和 $V_{30}$ 全部有统计学意义( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ), HT组和7F-IMRT组的 $V_{40}$ 分别为 $(11.00 \pm 8.73)\%$ 、 $(11.82 \pm 1.64)\%$  ( $P=0.006$ )。具体参数如表3所示。

对于直肠, HT组的 $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 、 $V_{30}$ 和 $V_{40}$ 分别为 $(51.14 \pm 2.10)$  Gy、 $(40.61 \pm 5.44)$  Gy、 $(80.58 \pm 19.76)\%$ 、

$(55.70 \pm 17.56)\%$ 均显著低于7F-IMRT组 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ), HT组和7F-IMRT组的 $V_{50}$ 分别为 $(15.93 \pm 16.90)\%$ 、 $(25.85 \pm 24.99)\%$  ( $P=0.006$ ); 对于膀胱, 除了 $V_{50}$ 无统计学差异( $P=0.309$ ), HT组的 $D_{max}$ 、 $D_{mean}$ 、 $V_{30}$ 和 $V_{40}$ 均明显低于7F-IMRT组 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ )。具体参数如表4所示。

对于双侧股骨头, HT组的 $D_5$ 、 $D_{mean}$ 、 $D_{max}$ 和 $V_{25}$ 均明显低于7F-IMRT组 ( $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ ,  $P < 0.001$ )。具体参数如表5所示。

表3 HT计划与7F-IMRT计划小肠和结肠的剂量参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.3 Comparison of dose parameters in small intestine and colon between HT plan and 7F-IMRT plan (Mean±SD)

OAR	Plan	V <sub>30</sub> /%	V <sub>40</sub> /%	V <sub>50</sub> /%	D <sub>mean</sub> /Gy	D <sub>max</sub> /Gy
Small intestine	HT	12.08±9.67	4.80±5.84	1.37±2.95	19.42±5.04	50.35±4.56
	7F-IMRT	15.11±11.84	5.64±6.46	1.56±3.49	20.38±5.22	51.31±3.71
	P value	<0.001	0.001	0.130	<0.001	<0.001
Colon	HT	18.72±11.30	11.00±8.73	2.96±3.97	20.26±5.34	51.11±2.15
	7F-IMRT	22.48±11.95	11.82±1.64	3.14±4.04	21.19±5.63	52.30±2.24
	P value	<0.001	0.006	0.051	<0.001	<0.001

表4 HT计划与7F-IMRT计划直肠和膀胱的剂量参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.4 Comparison of dose parameters in rectum and bladder between HT plan and 7F-IMRT plan (Mean±SD)

OAR	Plan	V <sub>30</sub> /%	V <sub>40</sub> /%	V <sub>50</sub> /%	D <sub>mean</sub> /Gy	D <sub>max</sub> /Gy
Rectum	HT	80.58±19.76	55.70±17.56	15.93±16.90	40.61±5.44	51.14±2.10
	7F-IMRT	96.70±7.72	85.07±13.41	25.85±24.99	45.59±3.63	52.51±2.46
	P value	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001
Bladder	HT	68.99±12.73	52.84±11.40	23.26±19.86	39.10±3.31	51.67±2.06
	7F-IMRT	79.17±9.02	60.03±9.32	23.69±19.60	40.44±2.86	53.13±2.17
	P value	<0.001	<0.001	0.309	<0.001	<0.001

表5 HT计划与7F-IMRT计划左右股骨头的剂量参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

Tab.5 Comparison of dose parameters in left and right femoral heads between HT plan and 7F-IMRT plan (Mean±SD)

OAR	Plan	V <sub>25</sub> /%	D <sub>2</sub> /Gy	D <sub>mean</sub> /Gy	D <sub>max</sub> /Gy
Femoral head-R	HT	29.58±17.65	30.50±3.32	24.32±3.04	37.98±5.08
	7F-IMRT	89.16±13.77	41.14±1.65	31.76±1.89	46.37±1.77
	P value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Femoral head-L	HT	30.55±19.54	30.13±3.40	24.02±2.44	37.05±4.79
	7F-IMRT	86.46±13.62	40.49±2.24	31.66±2.37	45.76±2.96
	P value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

## 2.4 机器输出跳数

HT计划与7F-IMRT计划的机器输出量分别为(5 702±1 124) MU、(808±131) MU, HT计划相对于7F-IMRT计划的机器跳数平均增加了7.1倍( $P<0.001$ ), 延长了治疗时间, 降低了射线利用率。

## 3 讨论

放射治疗在宫颈癌的综合性治疗中有着重要的地位, 但是常规放疗可能会导致较为严重的消化系统和泌尿系统的并发症, 不仅严重影响了生活质量, 也影响了疗效<sup>[9]</sup>。随着放疗技术的不断发展, 三维调

强放疗技术日臻完善, 宫颈癌IMRT技术在临床上已应用十余年, 其优势主要表现在对正常组织的保护和毒性反应的降低, 最大可能提高疗效, 减低副作用, 缓解患者的痛苦<sup>[10-12]</sup>。

近几年, 旋转断层调强技术的出现与发展, 有效改善了放射治疗的效能, 如HT、VMAT及质子治疗等<sup>[13-14]</sup>。HT技术结合加速器与CT螺旋断层扫描, 是一种较新的调强模式, 具有旋转照射、螺旋式照射、MVCT-IGRT等多种放疗技术优势。既往研究结果显示, HT技术在肿瘤治疗中显示出更优的靶区适形度、均匀性及对危及器官保护等优势, 在肿瘤放疗中

取得更好的治疗效果,并且放疗相关副反应耐受良好<sup>[15-18]</sup>。本研究对HT与7F-IMRT的剂量学优势进行全面的比较,结果显示在HT计划中,其改善了放疗计划的CI和HI,显著改善了剂量分布,同时满足了剂量限制的需求,具有显著的剂量学优越性,明显好于7F-IMRT计划,为提高肿瘤治疗的疗效提供保障;在危及器官保护方面,HT计划对小肠、结肠、膀胱、直肠及股骨头等的保护均优于7F-IMRT计划,与既往杨宗霞等<sup>[19]</sup>研究结果类似。

HT是当前唯一采用放疗与验证CT同源的图像引导系统,成像精度非常高,高达 $\pm 0.1$  mm,在每次治疗前进行图像配比,可依据肿瘤部位逐日的变动情况及时调整照射剂量、角度和范围。由于盆腔肿瘤照射过程中存在小肠、结肠不自主运动,受膀胱充盈和直肠扩张的影响较大,使得肿瘤位置随之改变,即便在一次治疗开始与治疗中都有可能因大便或尿液的积聚而不同,所以我们在每次治疗前使用超声膀胱测量仪检测膀胱容量,直肠处于排便后状态,尽可能跟定位时状态保持一致。由于HT技术采用的是螺旋断层治疗,机器输出量较高,MU数较多,治疗时间延长,低剂量辐射区域较大,对射束的利用率不高,其风险还需要进一步评估<sup>[20]</sup>。

HT计划可减少宫颈癌放疗中危及器官的受量,满足剂量限制的需求,对小肠、股骨头及直肠的保护尤其突出,并且放疗计划的CI和HI明显提高,改善剂量分布,从而优化治疗计划。本研究也有一定的缺陷,比如病例数目过少、未跟后装内照射进行剂量叠加后的评估等,后续会继续扩大样本量,进一步分析剂量分布与相关毒副作用及治疗近、远期疗效。

## 【参考文献】

- [1] 鹿皓文, 邱杰, 全红, 等. 宫颈癌调强放疗中膀胱解剖结构变化及其吸收剂量影响研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(3): 218-221.  
PANG H W, QIU J, QUAN H, et al. A study on the changes of bladder anatomical structure and the effect on the absorption dose in the intensive radiotherapy of cervical carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2011, 20(3): 218-221.
- [2] DUEÑAS-GONZALEZ A, CETINA L, CORONEL J, et al. New pharmacotherapy options for cervical cancer [J]. Expert Opin Pharmacotherapy, 2014, 15(1): 51-60.
- [3] PERALTA-ZARAGOZA O, BERMÚDEZ-MORALES V H, PÉREZ-PLASENCIA C, et al. Targeted treatments for cervical cancer: a review [J]. Once Targets Ther, 2012, 5: 315-328.
- [4] 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.
- [5] BRAGG C M, CONWAY J, ROBINSON M H. The role of intensity-modulated radiotherapy in the treatment of parotid tumors[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(3): 729-738.
- [6] 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.
- [7] EZZELL G A, GALVIN J M, LOW D, et al. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implement of IMRT: report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy comraittee [J]. Med Phys, 2003, 30(8): 2089-2115.
- [8] LIU H H, WANG X C, DONG L, et al. Feasibility of sparing lung and other thoracic structures with intensity-modulated radiotherapy for non-small-cell lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 58(4): 1268-1279.
- [9] PAPP Z, CSAPÓ Z, MAYER A, et al. Wertheim-operation 5-year survival of 501 consecutive patients with cervical cancer[J]. Orv Heti, 2006, 147(12): 537-545.
- [10] BARTNIK M, RYDEN L, FERRARI R, et al. The prevalence of abnormal glucose regulation in patients with coronary artery disease across Europe: the Euro heart survey on diabetes and the heart[J]. Euro Heart J, 2004, 25(21): 1880-1890.
- [11] MUNDT A J, LUJAN A E, ROTMENSCH J, et al. Intensity-modulated whole pelvic radiotherapy in women with gynecologic malignancies [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(5): 1330-1337.
- [12] PORTELANCE L, CHAO C, GRISBY P W, et al. Intensity modulated radiation therapy (IMRT) reduces small bowel, rectum and bladder doses in patients with cervical cancer receiving pelvic and paraortic irradiation[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2001, 51(5): 261-266.
- [13] 陈亚正, 黎杰, 廖雄飞, 等. VMAT 和 IMRT 技术在乳腺癌根治术后放疗中的剂量学比较[J]. 肿瘤预防与治疗, 2014, 27(5): 226-230.  
CHEN Y Z, LI J, LIAO X F, et al. Dosimetric comparison between VMAT and IMRT for postoperative radiotherapy of breast carcinoma [J]. Journal of Cancer Control and Treatment, 2014, 27(5): 226-230.
- [14] 杨美玲, 黎静, 李志强, 等. 螺旋断层放疗与常规放疗在全脑全脊髓照射中的剂量学比较[J]. 临床肿瘤学杂志, 2014, 19(8): 718-722.  
YANG M L, LI J, LI Z Q, et al. Dosimetric comparison between helical tomotherapy and conventional radiotherapy for cranio spinal irradiation[J]. Chinese Clinical Oncology, 2014, 19(8): 718-722.
- [15] KIM Y J, KIM J Y, YOO S H, et al. High control rate for lymph nodes in cervical cancer treated with high-dose radiotherapy using helical tomotherapy[J]. Techno Cancer Res Treat, 2013, 12(1): 45-51.
- [16] SCHWARZ J K, WAHAB S, GRIGSBY P W. Prospective phase I-II trial of helical tomotherapy with or without chemotherapy for postoperative cervical cancer patients[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 81(5): 1258-1263.
- [17] CHANG A J, RICHARDSON S, GRIGSBY P W, et al. Split-field helical tomotherapy with or without chemotherapy for definitive treatment of cervical cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 82(1): 263-269.
- [18] MARNITZ S, KOHLER C, BUROVA E, et al. Helical tomotherapy with simultaneous integrated boost after laparoscopic staging in patients with cervical cancer: analysis of feasibility and early toxicity [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 82(2): e137-e143.
- [19] 杨宗霞, 沈建通, 李幼平, 等. 螺旋断层放疗系统治疗肿瘤的快速卫生技术评估[J]. 中国循证医学杂志, 2014, 14(9): 1052-1069.  
YANG Z X, SHEN J T, LI Y P, et al. Helical tomotherapy for cancer treatment: a rapid health technology assessment[J]. Chinese Journal of Evidence-Based Medicine, 2014, 14(9): 1052-1069.
- [20] LU S H, CHENG J C, KUO S H, et al. Volumetric modulated arc therapy for nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric comparison with TomoTherapy and step-and-shoot IMRT[J]. Radiother Oncol, 2012, 104(3): 324-330.

(编辑:陈丽霞)