

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2023.05.001

医学放射物理

基于扇形束CT研究不同固定体位下宫颈癌术后放疗中膀胱体积改变对膀胱和小肠受照剂量的影响

许晨迪^{1,2}, 姜晓勃², 王亚娟², 刘鏖水², 彭应林², 林志悦², 林承光², 吴德华¹

1. 南方医科大学南方医院放疗科, 广东广州 510515; 2. 中山大学肿瘤防治中心/华南恶性肿瘤防治全国重点实验室/肿瘤医学协同创新中心, 广东广州 510060

【摘要】目的:利用扇形束CT(FBCT)探讨宫颈癌术后放疗患者在不同固定体位下,膀胱体积的改变对膀胱、小肠的剂量学影响。**方法:**选取在中山大学肿瘤防治中心接受术后放疗的宫颈癌患者共22例,其中俯卧位固定患者10例,仰卧位固定患者12例,每次治疗前使用联影直线加速器uRT-linac 506c进行kV级FBCT,在放疗计划系统中对平移校正后的FBCT图像完成智能勾画,并复制原计划参数进行剂量计算。分析患者放疗过程中的膀胱体积变化趋势以及膀胱体积改变对膀胱和小肠受照剂量的影响。**结果:**22例患者在放疗过程中分次间膀胱体积与原计划膀胱体积均有不同程度的变化,且随着治疗进程,涨尿能力总体呈减弱趋势。仰卧位固定患者膀胱 V_{45} 改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.431$),膀胱 V_{40} 、 V_{30} 改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.651$ 、 $r=-0.780$),小肠 V_{45} 、 V_{40} 改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.701$ 、 $r=-0.794$),小肠 V_{30} 改变与膀胱体积变化率呈高度负相关($r=-0.871$)。而俯卧位固定患者膀胱 V_{30} 改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.306$),小肠 V_{45} 改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.336$),小肠 V_{40} 、 V_{30} 改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.505$ 、 $r=-0.589$)。**结论:**宫颈癌术后放疗患者治疗过程中分次间的膀胱体积与计划时的膀胱体积较难保持一致。相比于俯卧位固定,仰卧位固定患者的膀胱体积变化对其膀胱及小肠受照剂量的影响更大。

【关键词】宫颈癌;放射治疗;膀胱充盈度;危及器官;放疗体位

【中图分类号】R737.33;R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2023)05-0529-07

Effects of bladder volume variation on doses to bladder and small bowel in postoperative radiotherapy for cervical cancer in different patient positioning: an analysis based on FBCT

XU Chendi^{1,2}, JIANG Xiaobo², WANG Yajuan², LIU Biaoshui², PENG Yinglin², LIN Zhiyue², LIN Chengguang², WU Dehua¹

1. Department of Radiation Oncology, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Sun Yat-sen University Cancer Center/State Key Laboratory of Oncology in South China/Collaborative Innovation Center for Cancer Medicine, Guangzhou 510060, China

Abstract: Objective To investigate the dosimetric effect of bladder volume variation on bladder and small bowel in postoperative radiotherapy for cervical cancer in different patient positioning using fan beam computed tomography (FBCT). **Methods** A total of 22 cervical cancer patients who received postoperative radiotherapy in Sun Yat-sen University Cancer Center were retrospectively analyzed, including 10 patients in prone position and 12 patients in supine position. Before the treatment, kV FBCT was performed with UIH uRT-linac 506c accelerator. FBCT images after translational correction were automatically contoured in the treatment planning system, and the original plan parameters were copied for dose calculation. The trend of bladder volume variations and its effects on doses to bladder and small bowel were analyzed. **Results** The bladder volume of 22 patients changed to varying degrees during treatment. The urination ability showed a decreasing trend with the treatment course. For patients in supine position, the rate of bladder volume variations had a low negative correlation with V_{45} change of bladder ($r=-0.431$), moderate negative correlations with V_{40} and V_{30} changes of bladder ($r=-0.651$, $r=-0.780$) and V_{45} and V_{40} changes of small bowel ($r=-0.701$, $r=-0.794$), and a high negative correlation

【收稿日期】2022-12-26

【基金项目】国家重点研发计划(2022YFC2402300);国家自然科学基金(12005316);广州市科技计划项目(202206010154, 202206010180)

【作者简介】许晨迪, 硕士, 技师, 研究方向: 放射治疗技术学, E-mail: huchd@sysucc.org.cn

【通信作者】吴德华, 博士, 教授, 研究方向: 肿瘤放射治疗学, E-mail: 18602062748@163.com

with V_{30} change of small bowel ($r=-0.871$). For patients in prone position, the rate of bladder volume variation had low negative correlations with V_{30} change of bladder and V_{45} change of small bowel ($r=-0.306$, $r=-0.336$), and moderate negative correlations with V_{40} and V_{30} changes of small bowel ($r=-0.505$, $r=-0.589$). **Conclusion** It is difficult to maintain the consistency of inter-fraction bladder volume in postoperative radiotherapy for cervical cancer, and the doses to bladder and small bowel are more affected by bladder volume variation in supine position as compared with prone position.

Keywords: cervical cancer; radiotherapy; bladder filling; organs-at-risk; radiotherapy positioning

前言

宫颈癌是女性最常见的恶性肿瘤之一,世界卫生组织将宫颈癌列为女性的第四大常见癌症^[1]。根治性手术是早期宫颈癌的首选治疗方法。对于术后存在病理危险因素的患者,放射治疗是一种重要的辅助治疗方式^[2]。调强放射治疗(Intensity-Modulated Radiotherapy, IMRT)技术可以在肿瘤靶区和危及器官之间实现快速的剂量跌落,但在实际给予治疗时,危及器官相对位置的改变使危及器官面临受照剂量增高的风险^[3]。其中膀胱容量变化作为广受关注的不确定因素,直接影响膀胱和小肠两大重要危及器官的受照体积及受照剂量,进而严重影响患者的生活质量。图像引导放射治疗(Image-Guided Radiotherapy, IGRT)技术是实现精准放疗的重要工具。通过锥形束电子计算机断层扫描(Cone Beam Computed Tomography, CBCT)实现分次治疗前图像获取,从而监测器官运动和校正误差,是目前IGRT的主要方式,但由于锥形束较大的FOV带来的散射伪影以及设备限制,CBCT的图像质量与诊断CT存在一定的差异,且CBCT图像直接用于剂量计算的准确性尚在不断验证中^[4-5]。联影公司推出的CT一体化直线加速器uRT-linac则提供了另外一种图像引导方式即扇形束电子计算机断层扫描(Fan Beam Computed Tomography, FBCT),其可达到与原计划CT相同的图像分辨率,并且能够直接导入计划系统进行重新剂量计算和优化^[6-7]。本研究使用诊断级FBCT图像,研究不同固定体位下接受术后放疗的宫颈癌患者在放疗过程中膀胱体积的变化以及其对膀胱和小肠受照剂量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取中山大学肿瘤防治中心2021年10月~2022年5月行宫颈癌根治性全子宫切除术及盆腔淋巴结清扫术后放疗的患者22例,年龄31~69岁,中位年龄50.5岁。手术组织病理证实腺癌2例,鳞癌17例,其他类型3例。根据FIGO肿瘤分期:IA期~IIB期15例,>IIB期7例。其中负压真空垫仰卧位固定12例,

Orfit架结合热塑膜俯卧位固定10例。患者均为首程放疗,KPS评分>70分。

1.2 方法

1.2.1 CT模拟定位 患者排空膀胱,饮500~1000 mL水,主诉尿急后使用Bladder Scan便携式膀胱容量测量仪为其测量膀胱,若患者无明显尿感,则饮水后40~60 min为其测量膀胱,膀胱容量为200~350 mL时为患者进行体位固定。负压真空垫仰卧位固定:患者双手抱头自然平躺于放气后的真空垫上,臀部略微垫高,双腿略微分开,会阴部堆料固定,抽走真空垫里的空气使其与患者身体充分贴合。Orfit架结合热塑膜俯卧位固定:患者双手前置自然俯卧于体架上,根据患者的腹围、身高选择合适的腹孔和胯枕,将热塑网状体膜置于恒温水箱充分软化后,取出吸干水分敷贴于患者盆腔部,冷却成型。使用飞利浦大孔径64排放疗模拟CT定位专用机对患者进行扫描,扫描前重复排空、饮水、主诉尿急、膀胱容量测量仪测量膀胱的步骤。扫描范围:第10胸椎上缘到耻骨联合下缘,层厚为3 mm。

1.2.2 靶区勾画和计划设计 将扫描的图像传输至联影治疗计划系统,由放疗科医生在计划系统勾画出临床靶区(CTV)和危及器官。根据临床经验,CTV在三维方向上均匀外扩生成计划靶区(PTV)。物理师在联影治疗计划系统进行计划设计,计划均采用共面单弧容积旋转调强技术,射线能量6 MV。患者处方剂量均为1.8 Gy/次,总量45 Gy/25次。PTV处方剂量覆盖率达到95%以上。

1.2.3 数据采集 计划经主管医生确认后,患者进行涨尿准备,主诉尿急后,使用膀胱容量测量仪为患者测量膀胱,根据计划重建的治疗摆位正侧位点为患者进行复位。在前3次的膀胱容量测量中,患者形成一定的涨尿习惯,每次治疗前患者按照涨尿习惯进行涨尿准备,治疗师根据摆位线及摆位点进行摆位,摆位完毕后使用联影直线加速器uRT-linac 506c(图1)机载的16排70 cm孔径kV级诊断CT机获取治疗前的FBCT图像。扫描范围:上界包全患者靶区3 cm以上,下界至耻骨联合下缘,层厚为3 mm。配准框包全靶区,将FBCT图像与原计划CT图像进行自动配准,

记录六维数据,然后在三维方向上进行平移校正。在联影计划系统打开校正后的FBCT图像,采用智能分割的方式自动勾画膀胱、小肠,并进行手动微调,加载床板并基于配准关系复制靶区和中心点至FBCT图像上,随后复制原计划参数,按照原处方剂量和分次只进行剂量计算而不优化。读取和记录膀胱体积、膀胱 V_{45} 、 V_{40} 、 V_{30} (膀胱 V_x 表示接受 x Gy 剂量照射的体积占膀胱总体积的百分比, %), 小肠 V_{45} 、 V_{40} 、 V_{30} (小肠 V_x 表示接受 x Gy 剂量照射的体积, cm^3), 并用其减去原计划中的数值,记录变化值。膀胱体积变化率 $\Delta V\%$ = $\frac{V_{FBCT} - V_{CT}}{V_{CT}} \times 100\%$ 。



图1 联影uRT-linac 506c 直线加速器结构
Figure 1 UIH uRT-linac 506c accelerator

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。正态分布的计量资料以均数±标准差表示,相关性分析均采用Spearman相关法,相关系数 $|r| \geq 0.8$ 为高度相关, $0.5 \leq |r| < 0.8$ 为中度相关, $0.3 \leq |r| < 0.5$ 为低度相关, $|r| < 0.3$ 为不相关。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 分次间膀胱体积变化

共对550幅治疗前的FBCT图像重新进行了膀胱勾画。22例患者CT定位时的膀胱体积为 $(312.82 \pm 119.08) cm^3$,首次治疗时FBCT中的膀胱体积为 $(371.07 \pm 209.86) cm^3$,平均增加 $58.23 cm^3$ 。末次治疗时FBCT中的膀胱体积为 $(275.18 \pm 165.66) cm^3$,平均减少 $37.64 cm^3$ 。治疗期间膀胱体积变化趋势如图2所示,从总体上看,患者的涨尿能力随着治疗进程而逐渐降低。到第8次治疗时,膀胱体积均值已低于CT定位时的膀胱体积均值。虽然使用了模拟定位阶段对患者进行涨尿训练的方法,但25次治疗期间未进行强制性涨尿干预,患者分次间膀胱体积的一致性较难保持。就总体而言,膀胱体积变化率在 $-87.01\% \sim 604.59\%$ 之间波动,就个体而言,原定位膀胱体积为 $109 cm^3$ 的患者,膀胱体积最不稳定,体积变

化率波动范围为 $-43.12\% \sim 604.59\%$,原定位膀胱积为 $658 cm^3$ 的患者,膀胱体积最为稳定,体积变化率波动范围为 $-84.5\% \sim -36.32\%$ 。详见图3和表1。

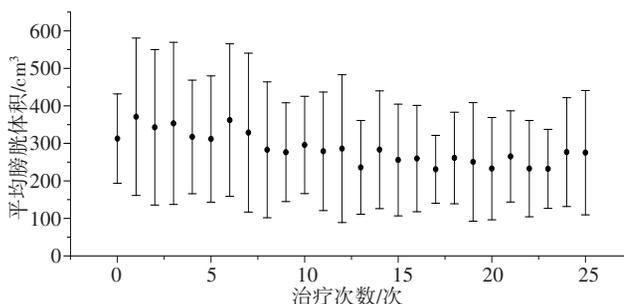


图2 总体平均膀胱体积随治疗次数变化趋势图

Figure 2 Trend plot for mean bladder volume in the treatment course
第0次即为CT定位

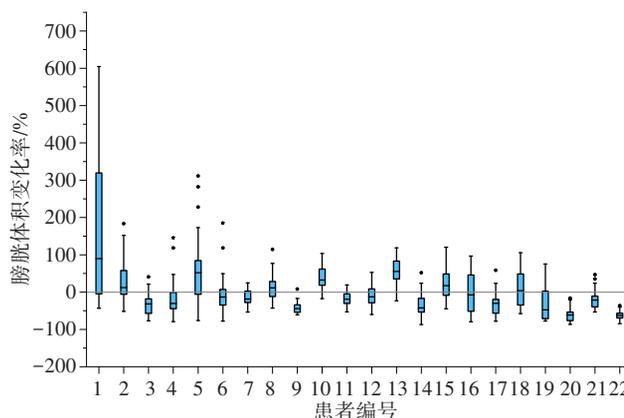


图3 22例患者治疗期间膀胱体积变化率箱式图

Figure 3 Box plot for rate of bladder volume variation in 22 patients during treatment

“·”和“★”代表离群值

表1 患者编号所对应的定位时的膀胱体积(cm^3)

Table 1 Bladder volume at positioning (cm^3)

患者编号	定位时膀胱体积	患者编号	定位时膀胱体积
1	109	12	317
2	157	13	317
3	177	14	331
4	211	15	337
5	247	16	342
6	250	17	349
7	254	18	362
8	257	19	404
9	258	20	407
10	304	21	521
11	313	22	658

2.2 不同固定体位下膀胱体积变化与膀胱和小肠剂量改变之间的关系

共对348幅治疗前的FBCT图像进行重新剂量计算。348幅图像经过了三维方向的平移校正,但旋转方向(矢状位旋转:Pitch,横断位旋转:Roll,冠状位旋转:Yaw)的摆位误差仍存在。从中筛选出六维配准时3个方向的旋转误差均小于1°的FBCT图像,共106幅,其中仰卧位固定50幅,膀胱体积变化率范围为-86.49%~311.34%,俯卧位固定56幅,膀胱体积变化率范围为-79.24%~96.49%。相关性分析的结果显示仰卧位固定患者膀胱V₄₅改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.431$),膀胱V₄₀、V₃₀改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.651$ 、 $r=-0.780$);小肠V₄₅、V₄₀改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.701$ 、 $r=-0.794$),小肠V₃₀改变与膀胱体积变化率呈高度负相关($r=-0.871$)。而俯卧位固定患者膀胱V₄₅、V₄₀改变与膀胱体积变化率无相关关系,膀胱V₃₀改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.306$);小肠V₄₅改变与膀胱体积变化率呈低度负相关($r=-0.336$),小肠V₄₀、V₃₀改变与膀胱体积变化率呈中度负相关($r=-0.505$ 、 $r=-0.589$)。见表2、表3,图4、图5。

表2 患者膀胱体积变化率与膀胱受照剂量改变之间的关系

Table 2 Correlation between rate of bladder volume variation and dose to bladder

指标	仰卧位			俯卧位		
	V ₄₅ 变化	V ₄₀ 变化	V ₃₀ 变化	V ₄₅ 变化	V ₄₀ 变化	V ₃₀ 变化
r	-0.431	-0.651	-0.780	0.205	-0.082	-0.306
P值	0.002	0.000	0.000	0.129	0.547	0.022

表3 患者膀胱体积变化率与小肠受照剂量改变之间的关系

Table 3 Correlations between rate of bladder volume variation and dose to small bowel

指标	仰卧位			俯卧位		
	V ₄₅ 变化	V ₄₀ 变化	V ₃₀ 变化	V ₄₅ 变化	V ₄₀ 变化	V ₃₀ 变化
r	-0.701	-0.794	-0.871	-0.336	-0.505	-0.589
P值	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000

3 讨论

膀胱和小肠是宫颈癌放疗中重点关注的危及器官,在计划CT中,患者保持一定程度的膀胱充盈,可

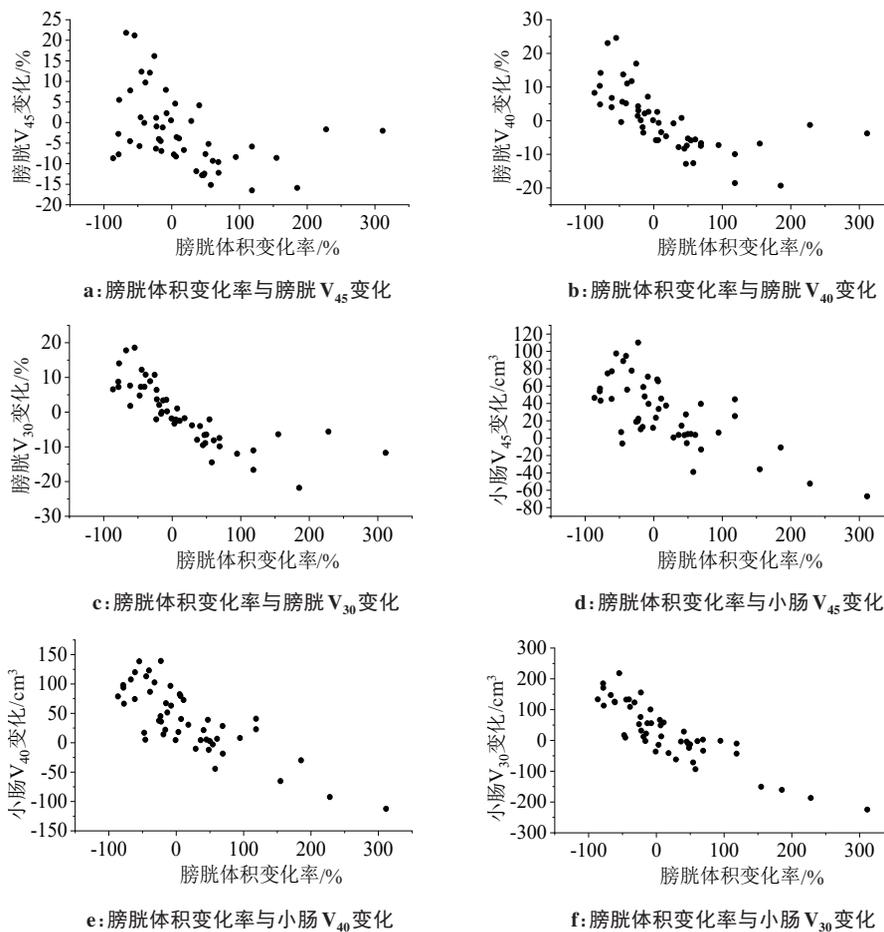


图4 仰卧位固定下相关系数散点图

Figure 4 Scatter plot for correlation coefficient in supine position

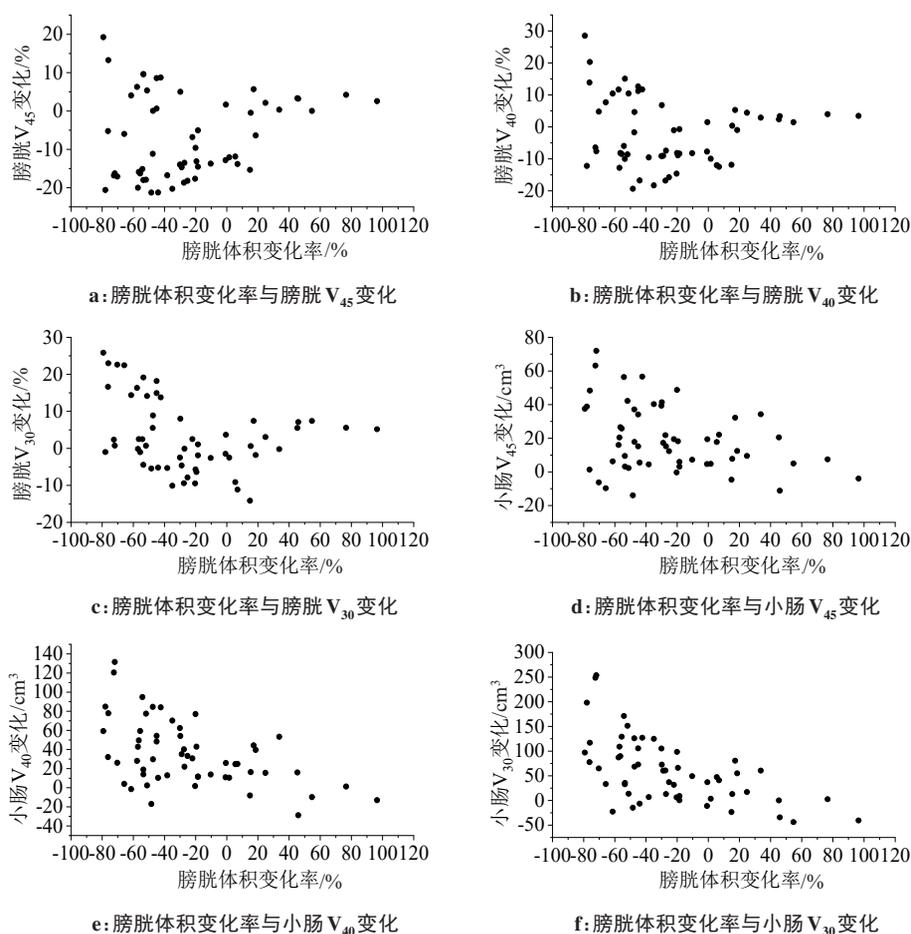


图5 俯卧位固定下相关系数散点图

Figure 5 Scatter plot for correlation coefficient in prone position

以更好地压低膀胱和小肠受量^[8]。此外,研究表明,改变体位固定方式也是保护危及器官的其中一种措施。采用俯卧位可以在提供相同靶区覆盖率的前提下,降低膀胱和小肠在高剂量区的体积占比^[9]。但仰卧位固定可以提供更强的舒适性^[10]。理论上,治疗计划对危及器官的受量做出了限制,但在实际治疗中,器官运动改变和难以避免的摆位误差造成了剂量偏差的存在。宫颈癌术后患者由于子宫被切除导致盆腔空隙增大,更增加了小肠坠入高剂量区的风险。本研究旨在利用FBCT讨论在不同的固定体位下,术后放疗患者膀胱体积的变化对膀胱和小肠受照剂量的影响。

为保持膀胱充盈度的一致性,临床中使用的方法包括“排空-定量饮水-主诉尿急”、“定时定量饮水”、超声测量仪辅助测量膀胱容量等。但患者的认知和理解能力的差异、对涨尿的主观感受的不稳定性、其他治疗方案以及放疗本身对膀胱功能的影响,都使得膀胱充盈度在整个治疗流程中较难保持一致。赵紫婷等^[11]的研究中,21例宫颈癌患者按照CT定位时的流程进行排空膀胱、饮500 mL水,主诉尿急

时为其实施放疗,患者CBCT图像中的膀胱体积比定位CT图像中的膀胱体积平均减少约58.34 cm³。Ahmad等^[12]让24名宫颈癌患者在定位前和治疗前1 h饮500 mL水,然后利用膀胱容量测量仪对患者进行了放疗期间的膀胱容量监测,发现治疗的第1周平均膀胱容积与模拟时相近,到了第6周,平均体积减少了71%。本研究采取的涨尿方法是通过膀胱容量测量仪在体位固定、CT扫描和模拟复位3个环节中对患者进行涨尿训练,在治疗前则以患者的主观感受作为评价患者膀胱充盈度的主要标准。尽管定位前利用膀胱容量测量仪进行了监测,但患者手术伤口的不适感易造成测量误差增大,同时考虑到患者自身的涨尿能力和CT扫描的等待时间,定位CT中的膀胱体积范围在109~658 cm³之间波动。首次治疗前FBCT中的膀胱体积均值略大于定位时膀胱体积的均值,变化范围也更大,这主要是因为定位时利用超声测量仪进行了辅助测量,而首次治疗主要依靠患者本身的涨尿习惯,同时本研究中22例患者均进行了根治性全子宫切除术,部分患者膀胱功能受到了手术的影响^[13],这使得患者的涨尿能力和尿感更

加不稳定。到了第8次治疗,总体均值开始低于计划中的膀胱体积,且之后有越来越低的趋势。许多文献都报道了放疗过程中膀胱体积的减少,这其中除了患者无法精确遵循涨尿指引的主观影响外,还有放疗对膀胱的刺激的主观影响^[14]。

与以往研究不同的是,本研究中治疗前膀胱体积数据来源于计划系统对FBCT图像中膀胱的勾画。FBCT较CBCT而言,具有更好的图像质量,能更准确地识别膀胱边界。而FBCT与超声测量仪相比,尽管重复测量下,超声测量仪与CT勾画得出的膀胱容量相关性在上述Ahmad等^[12]的研究中高达0.97,但CT勾画可以有效避免超声测量仪因设备精度、测量手法、患者个体条件等带来的测量误差。

无法被完全复制的体位也是造成放疗剂量改变的影响因素之一。在不具备六维床条件时,图像引导可以校正大部分的平移误差和部分补偿旋转误差^[15]。Tsuji等^[16]对20名术后接受放疗的仰卧位固定的宫颈癌患者进行了121幅CBCT图像的收集,将CBCT中的六维误差拷贝到原CT图像中并且在只纠正线性误差不纠正旋转误差的情况下重新计算剂量,发现Pitch方向的误差较为突出,且与膀胱和小肠的剂量变化相关。本研究在分析膀胱体积变化对小肠和膀胱受照剂量的影响时,将对象定义为六维配准时3个方向的旋转误差均小于1°且经过平移校正后的FBCT图像,最大程度上减弱了体位变化对于结果的干预^[17]。结果显示仰卧位固定时,膀胱体积变化和膀胱 V_{45} 、 V_{40} 、 V_{30} ,小肠 V_{45} 、 V_{40} 、 V_{30} 的变化呈负相关,对小肠受照剂量的影响尤为明显。而俯卧位固定时,膀胱体积变化和膀胱 V_{45} 、 V_{40} 变化没有明显的相关关系,和小肠 V_{45} 、 V_{40} 、 V_{30} 的变化则呈现低中度的负相关。Gonzalez等^[18]让10名盆腔肿瘤患者以仰卧位和俯卧位两种体位接受定位扫描和每周的治疗前CT扫描,发现实际治疗中,患者呈仰卧位时,小肠接受15~40 Gy照射的绝对体积与膀胱充盈量相关。对于俯卧位治疗,这种相关关系并不如仰卧位明显。这与本研究得出的结论是相近的。毛睿等^[19]和付庆国等^[20]的研究基于定位CT比较膀胱排空和充盈两种情况下危及器官的受量,结果显示无论是仰卧位固定,还是俯卧位固定,膀胱充盈相较膀胱排空,都更有利于降低膀胱受量。本研究中膀胱体积的变化值更多,研究结果也证实了两种固定体位下膀胱体积的减少会引起膀胱受量增加,但相较于仰卧位固定,俯卧位固定时,膀胱体积变化仅和膀胱 V_{30} 变化呈低度相关。Orfit架结合热塑膜俯卧位固定下膀胱和小肠易受到挤压,形状变化更为不规则,再加上重力

作用影响,部分膀胱和小肠被推离靶区,因此受照剂量与膀胱的体积变化相关性不如仰卧位固定时强。

本研究通过获取患者治疗前的FBCT图像,对术后宫颈癌患者放疗中膀胱充盈量的改变进行了探究,同时也就不同固定体位下其和膀胱、小肠受量改变之间的关系展开了讨论。FBCT图像更为真实地体现了患者实际治疗时的位置和危及器官的体积,得出的结果具备一定的临床价值。但本研究研究样本量偏少,此外,研究只考虑了膀胱体积的变化,未对其形态改变做出探讨。

综上所述,宫颈癌患者术后放疗中,无论处于何种固定体位,膀胱充盈量的改变都影响着实际治疗时膀胱和小肠接受的高剂量照射。患者采取仰卧位固定时则更为明显。术后患者受手术影响,膀胱充盈的变异性可能会加大,仅依靠涨尿习惯培养无法维持膀胱体积稳定性,建议通过加强膀胱监测、膀胱灌注、在线自适应放疗或是制定丰富的计划库等措施来尽可能控制出现大的剂量偏差。

【参考文献】

- [1] Allouch S, Malki A, Allouch A, et al. High-risk HPV oncoproteins and PD-1/PD-L1 interplay in human cervical cancer: recent evidence and future directions[J]. *Front Oncol*, 2020, 10: 914.
- [2] 黄鹤,刘继红. 子宫颈癌术后辅助治疗的规范化[J]. *中国实用妇科与产科杂志*, 2021, 37(1): 51-54.
Huang H, Liu JH. Standardization of postoperative adjuvant treatment for cervical cancer[J]. *Chinese Journal of Practical Gynecology and Obstetrics*, 2021, 37(1): 51-54.
- [3] Ahamad A, D'Souza W, Salehpour M, et al. Intensity-modulated radiation therapy after hysterectomy: comparison with conventional treatment and sensitivity of the normal-tissue-sparing effect to margin size[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2005, 62(4): 1117-1124.
- [4] Yang Y, Schreimann E, Li TF, et al. Evaluation of on-board kV cone beam CT (CBCT)-based dose calculation[J]. *Phys Med Biol*, 2007, 52(3): 685-705.
- [5] Taneja S, Barbee DL, Rea AJ, et al. CBCT image quality QA: establishing a quantitative program[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2020, 21(11): 215-225.
- [6] Yu L, Zhao J, Zhang Z, et al. Commissioning of and preliminary experience with a new fully integrated computed tomography linac[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2021, 22(7): 208-223.
- [7] Jiang DZ, Cao Z, Wei YC, et al. Radiation dosimetry effect evaluation of a carbon fiber couch on novel uRT-linac 506c accelerator[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 13504.
- [8] Chen VE, Gillespie EF, Manger RP, et al. The impact of daily bladder filling on small bowel dose for intensity modulated radiation therapy for cervical cancer[J]. *Med Dosim*, 2019, 44(2): 102-106.
- [9] Stromberger C, Kom Y, Kawgan-Kagan M, et al. Intensity-modulated radiotherapy in patients with cervical cancer. An intra-individual comparison of prone and supine positioning[J]. *Radiat Oncol*, 2010, 5: 63.
- [10] Anjanappa M, Raghavan RK, James FV, et al. The impact of patient positioning and use of belly board on small bowel toxicity in patients receiving pelvic radiotherapy for gynecological malignancies[J]. *J Cancer Res Ther*, 2017, 13(3): 519-523.
- [11] 赵紫婷,时飞跃,秦伟,等. 宫颈癌患者膀胱充盈状态在首次放射治疗与CT模拟定位间的相对变化[J]. *中国医学装备*, 2021, 18(1): 27-30.
Zhao ZT, Shi FY, Qin W, et al. The relative change of filling state of

- bladder of patients with cervical cancer between the first radiotherapy and CT simulation positioning[J]. China Medical Equipment, 2021, 18(1): 27-30.
- [12] Ahmad R, Hoogeman MS, Quint S, et al. Inter-fraction bladder filling variations and time trends for cervical cancer patients assessed with a portable 3-dimensional ultrasound bladder scanner[J]. Radiother Oncol, 2008, 89(2): 172-179.
- [13] Ramirez PT, Slomovitz BM, Soliman PT, et al. Total laparoscopic radical hysterectomy and lymphadenectomy: the M. D. Anderson cancer center experience[J]. Gynecol Oncol, 2006, 102(2): 252-255.
- [14] Hynds S, McGarry CK, Mitchell DM, et al. Assessing the daily consistency of bladder filling using an ultrasonic Bladderscan device in men receiving radical conformal radiotherapy for prostate cancer [J]. Br J Radiol, 2011, 84(1005): 813-818.
- [15] Fu W, Yang Y, Yue NJ, et al. Dosimetric influences of rotational setup errors on head and neck carcinoma intensity-modulated radiation therapy treatments[J]. Med Dosim, 2013, 38(2): 125-132.
- [16] Tsujii K, Ueda Y, Isono M, et al. Dosimetric impact of rotational setup errors in volumetric modulated arc therapy for postoperative cervical cancer[J]. J Radiat Res, 2021, 62(4): 688-698.
- [17] 王琦, 龚恋, 严文广, 等. 旋转误差对直肠癌容积旋转调强放射治疗验证计划 γ 通过率的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2020, 45(9): 1104-1108.
- Wang Q, Gong L, Yan WG, et al. Effect of the rotation errors on the γ pass rate of volume-modulated arc therapy plan in rectal cancer[J]. Journal of Central South University (Medical Science), 2020, 45(9): 1104-1108.
- [18] Gonzalez VJ, Hullett CR, Burt L, et al. Impact of prone *versus* supine positioning on small bowel dose with pelvic intensity modulated radiation therapy[J]. Adv Radiat Oncol, 2017, 2(2): 235-243.
- [19] 毛睿, 何艳芬, 齐洪志, 等. 膀胱充盈状态对宫颈癌术后调强放疗靶区和危及器官的影响[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2013(8): 794-796.
- Mao R, He YF, Qi HZ, et al. Effect of bladder filling on target and organ at risk in cervical cancer post-operative pelvic radiotherapy[J]. Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy, 2013(8): 794-796.
- [20] 付庆国, 邓焯, 杨海明, 等. 膀胱充盈度对宫颈癌术后放疗靶区照射剂量的影响[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2015, 22(2): 167-169.
- Fu QG, Deng Y, Yang HM, et al. Effect of bladder filling on target dose in cervical cancer post-operative pelvic radiotherapy[J]. Chinese Journal of Clinical Oncology and Rehabilitation, 2015, 22(2): 167-169.
- (编辑: 薛泽玲)