

不同治疗床在调强放射治疗和容积旋转放射治疗中的剂量影响分析

倪千喜^{1,2}, Pei-Fong WONG³, 张九堂^{1,2}

1. 湖南省肿瘤医院/中南大学湘雅医学院附属肿瘤医院放疗科放射物理技术研究室, 湖南 长沙 410013; 2. 湖南省肿瘤放射治疗转化医学重点实验室, 湖南 长沙 410013; 3. 德克萨斯大学 MD 安德森癌症中心放射物理系, 美国 休斯顿 77030

【摘要】目的:分析不同治疗床在调强放射治疗(IMRT)和容积旋转放射治疗(VMAT)中的剂量影响。**方法:**随机选取6例2015年收治的前列腺癌患者,每例患者分别设计6 MV的5野、7野、9野角度均分的IMRT计划和152°~212°、210°~150°两个弧的VMAT计划。在治疗计划系统(TPS)中分别导入Elekta iBEAM evo Couch、Varian Exact Couch(Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch、BrainLAB imaging Couch的治疗床模型。在Mosaiq网络治疗系统中,统计每例患者每天治疗时的治疗床坐标,分析治疗床的移动范围,在TPS中模拟不同治疗床位置改变情况。分析有、无治疗床及治疗时患者体位与治疗床相对位置变化对患者靶区的剂量学影响。评价参数为计划靶区(PTV)的平均剂量 D_{mean} 、95%体积照射剂量 D_{95} 及计划等中心点剂量 D_{iso} 。**结果:**治疗床的剂量平均衰减幅度:Elekta iBEAM evo Couch:1.46%~3.13%;Varian Exact Couch(Standard Couch):0.72%~1.63%;Varian Exact IGRT Couch:0.86%~2.02%;BrainLAB imaging Couch:1.51%~3.15%。5F-IMRT:1.24%~3.15%;7F-IMRT:0.73%~1.73%;9F-IMRT:1.39%~2.83%;VMAT:0.72%~1.78%。每天治疗时患者体位与治疗床相对位置变化范围主要为-2~+2 cm。在TPS中模拟治疗床左右各移动2 cm,剂量最大变化幅度为0.65%,剂量平均变化幅度均小于0.30%。**结论:**治疗床在IMRT和VMAT治疗中的剂量衰减明显,必须在TPS中导入相应的治疗床模型,修正治疗床剂量衰减影响。其中,7F-IMRT和VMAT的剂量平均衰减幅度小于5F-IMRT和9F-IMRT。Varian Exact Couch(Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch的剂量平均衰减幅度小于Elekta iBEAM evo Couch和BrainLAB imaging Couch。患者每天治疗时,治疗床与患者体位相对位置易受摆位影响而改变,但其变化对靶区剂量影响相对较小,可以不予考虑。

【关键词】前列腺癌;治疗床;剂量学;调强放射治疗;容积旋转放射治疗

【中图分类号】R730.55;R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)11-1116-05

Dose attenuation in intensity-modulated radiotherapy and volumetric modulated arc therapy with different treatment couches

NI Qianxi^{1,2}, Pei-Fong WONG³, ZHANG Jiutang^{1,2}

1. Department of Radiation Oncology, Laboratory of Radiation Physics, Hunan Cancer Hospital/Affiliated Cancer Hospital of Xiangya School of Medicine, Central South University, Changsha 410013, China; 2. Hunan Provincial Key Laboratory of Radiotherapy and Translational Medicine, Changsha 410013, China; 3. Department of Radiation Physics, University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, Houston 77030, USA

Abstract: Objective To analyze the dose attenuation effect of different treatment couches in intensity-modulated radiotherapy (IMRT) and volumetric modulated arc therapy (VMAT). **Methods** The 5-field (5F), 7-field (7F), 9-field (9F) IMRT plan (6 MV) and 2-arc (152°-212° and 210°-150°) VMAT plan were designed for 6 patients with prostate cancer randomly selected from patients admitted in 2015. The treatment couch models of Elekta iBEAM evo Couch, Varian Exact Couch (Standard Couch), Varian Exact IGRT Couch, and BrainLAB imaging Couch were imported into the treatment planning system (TPS). The coordinates of the treatment couches were recorded for each patient in the Mosaiq system on a daily basis to analyze the shift of the treatment couch and simulate the changes in the position of the treatment couches in the TPS. The dosimetric effect

【收稿日期】2016-06-10

【基金项目】湖南省卫计委科研基金(C2015-57)

【作者简介】倪千喜, 硕士, 物理师, 主要研究方向: 图像引导放疗和自适应调强放疗技术的临床应用, E-mail: niqianxi2014@163.com

【通信作者】张九堂, E-mail: jiutz@163.com

of patient's position and the shift of the treatment couch on the target area were analyzed, and the dose distributions with and without treatment couches were calculated. The mean dose, dose covering 95% of the target volume, and the isocenter dose of the planning target volume were evaluated. **Results** The average dose attenuation was 1.46%-3.13% with Elekta iBEAM evo Couch, 0.72%-1.63% with Varian Exact Couch (Standard Couch), 0.86%-2.02% with Varian Exact IGRT Couch, and 1.51%-3.15% with BrainLAB imaging Couch; the attenuation was 1.24%-3.15% in 5F-IMRT, 0.73%-1.73% in 7F-IMRT, 1.39%-2.83% in 9F-IMRT, and 0.72%-1.78% in VMAT. The shift of the treatment couches relative to the patient's position ranged from -2.00 cm to +2.00 cm. Simulation of treatment couch shift in the TPS showed that a treatment couch shift by 2 cm to the right or the left caused a maximum dose change of 0.65% and an average dose change of less than 0.30%. **Conclusion** The dose attenuation caused by the treatment couch is obvious in IMRT and VMAT, suggesting the necessity of incorporating the accurate couch model in the TPS to minimize dose attenuation. The average dose attenuation is less obvious in 7F-IMRT and VMAT than in 5F-IMRT and 9F-IMRT. Varian Exact Couch (Standard Couch) and Varian Exact IGRT Couch cause less average dose attenuation than Elekta iBEAM evo Couch and BrainLAB imaging Couch. The position of patients relative to the treatment couch, which may vary in daily set-up, does not cause significant impact on the target dose in the treatment.

Keywords: prostatic cancer; treatment couch; dosimetry; intensity-modulated radiotherapy; volumetric modulated arc therapy

前言

目前,调强放射治疗(IMRT)、容积旋转放射治疗(VMAT)等放疗技术应用越来越广泛,对放疗摆位、剂量计算精度的要求越来越高。与此同时,治疗床面以下的照射野经常应用于IMRT和VMAT治疗中,治疗床对患者照射剂量衰减的影响需要给予充分的考虑^[1]。此外,患者每天的治疗记录显示,治疗床的位置和坐标都有变化,导致患者与治疗床的相对位置发生改变,该变化对患者照射剂量是否有影响在临床治疗中还没有相关研究。因此,本文对治疗床的剂量衰减以及治疗床与患者相对位置改变对照射剂量的影响做了研究分析。

1 资料与方法

1.1 病例选择

随机抽样法选取MD.安德森癌症中心于2015年1月~6月收治的6例前列腺癌患者。年龄35~65岁,中位年龄48岁。

1.2 模拟定位

采用荷兰飞利浦公司大孔径CT模拟定位机进行CT扫描。患者体位为仰卧位,扫描范围从腰4椎体下缘至坐骨结节下3 cm,扫描层厚3 mm。

1.3 靶区和危及器官勾画

临床医生根据ICRU 62号报告^[2],结合患者病理、影像资料勾画临床靶区(CTV)和计划靶区(PTV)。危及器官勾画直肠、膀胱、股骨头、小肠、结肠。

1.4 计划设计

物理师利用Pinnacle计划系统(Version:9.80)为每例患者分别设计6 MV的5野、7野、9野角度均分的IMRT计划和152°~212°、210°~150°两个弧的

VMAT计划。

1.5 治疗床剂量衰减计算

所有计划优化计算时区分有治疗床和无治疗床两种情况。考虑治疗床时,在治疗计划系统(TPS)中分别导入厂家提供的Elekta iBEAM evo Couch、Varian Exact Couch (Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch、BrainLAB imaging Couch的4种治疗床标准模型,优化计算剂量。治疗床标准模型见图1。

1.6 放疗时患者与治疗床相对位置变化剂量影响

在Elekta的Mosaik网络治疗系统中,统计每例患者每天治疗时的治疗床坐标数据。统计分析治疗床变化范围,在TPS中通过移动治疗床来模拟计算剂量影响。

1.7 剂量评价参数

采用PTV的平均剂量(D_{mean})、95%体积照射剂量(D_{95})及计划等中心点剂量(D_{iso})来评价剂量影响。

1.8 统计学处理

利用Excel 2007软件对所有数据进行统计分析处理。

2 结果

2.1 治疗床剂量衰减影响

治疗床在IMRT和VMAT治疗中的剂量衰减明显,平均衰减幅度为0.72%~3.15%。其中,7F-IMRT和VMAT的剂量平均衰减幅度小于5F-IMRT与9F-IMRT。Varian Exact Couch (Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch的剂量平均衰减幅度小于Elekta iBEAM evo Couch和BrainLAB imaging Couch。因此,设计放疗计划时,必须在TPS中导入相应治疗床模型,修正治疗床剂量衰减影响。具体统计数据见表1。

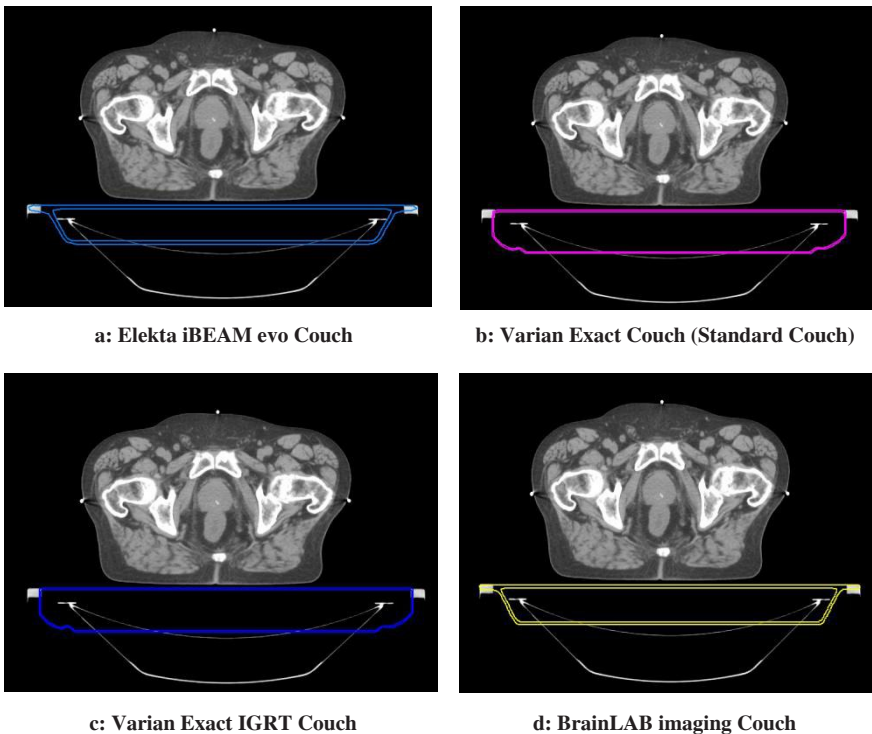


图1 4种不同治疗床标准模型
Fig.1 Four different standard models of treatment couches

表1 4种治疗床在IMRT和VMAT治疗中的靶区平均剂量衰减幅度(%)
Tab.1 Average dose attenuation in the target area in IMRT and VMAT with 4 different treatment couches (%)

Treatment couch	5F-IMRT			7F-IMRT			9F-IMRT			VMAT		
	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}
Elekta iBEAM evo Couch	2.73	2.54	3.13	1.53	1.46	1.73	2.82	2.77	2.83	1.65	1.52	1.75
Varian Exact Couch (Standard Couch)	1.36	1.24	1.63	0.77	0.73	0.82	1.43	1.39	1.42	0.84	0.72	0.89
Varian Exact IGRT Couch	1.71	1.56	2.02	0.97	0.91	1.05	1.60	1.55	1.61	0.99	0.86	1.06
BrainLAB imaging Couch	2.71	2.51	3.15	1.51	1.44	1.72	2.75	2.72	2.75	1.67	1.53	1.78

IMRT: Intensity-modulated radiotherapy; VMAT: Volumetric modulated arc therapy; D_{iso}: Isocenter dose

2.2 患者固定体位和治疗床相对位置变化的剂量影响

Elekta的Mosaiq网络治疗系统记录显示,患者每天治疗时,治疗床位置坐标X、Y、Z方向(患者左右、头脚、前后方向)均有变化,这表明患者的固定体位与治疗床的相对位置发生了变化,与CT定位时的相对体位不同。以X坐标方向研究为例,其变化幅度主要为-2~+2 cm,统计数据见图2。在TPS中,将治疗床左右各移动2 cm,模拟计算患者固定体位与治疗床相对位置改变对靶区剂量的影响。结果显示,靶区剂量最大变化幅度为0.65%,剂量变化平均幅度均

小于0.30%。该变化对患者靶区剂量影响较小,可以不予考虑,具体数据见表2。

3 讨论

临床治疗中,为了提升肿瘤靶区处方剂量及适形度,尽量减少靶区周围危及器官的照射剂量,多个射野及旋转治疗技术应用于IMRT中。因此,治疗床面水平以下的射野越来越多被应用在治疗中,治疗床对患者靶区照射剂量衰减的影响愈加明显。

Li等^[3]研究显示在6 MV的IMRT和VMAT治疗

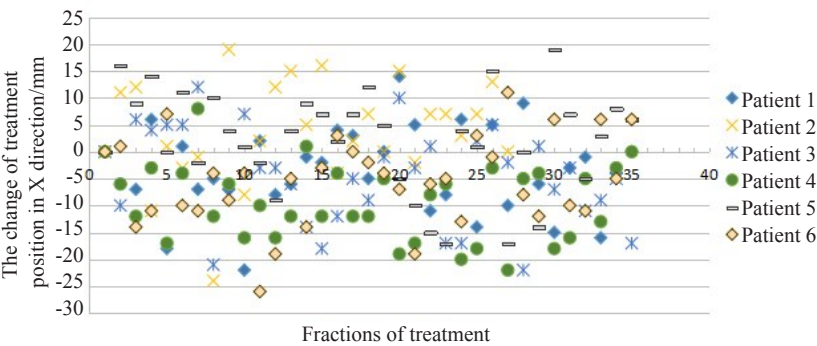


图 2 X 方向治疗床位置变化幅度

Fig.2 Change of position of treatment couch in X direction

表 2 患者固定体位与治疗床相对位置改变(X 方向)引起的靶区剂量平均变化幅度(%)

Tab.2 Average change of the target dose caused by changes of the patient's set-up position relative to treatment couch (X direction) (%)

Treatment couch		5F-IMRT			7F-IMRT			9F-IMRT			VMAT		
		D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}	D _{mean}	D ₉₅	D _{iso}
Elekta iBEAM evo Couch	Shift by 2 cm to the left	-0.07	-0.06	-0.11	-0.04	-0.04	-0.04	0.02	-0.02	-0.03	-0.06	-0.06	-0.07
	Shift by 2 cm to the right	-0.08	-0.07	-0.11	-0.04	-0.04	-0.04	0.01	0.00	-0.05	-0.04	-0.03	-0.06
Varian Exact Couch (Standard Couch)	Shift by 2 cm to the left	-0.13	-0.12	-0.06	-0.07	-0.06	-0.10	-0.08	-0.09	-0.13	-0.07	-0.08	-0.07
	Shift by 2 cm to the right	-0.18	-0.17	-0.13	-0.10	-0.08	-0.13	-0.08	-0.08	-0.14	-0.09	-0.09	-0.10
Varian Exact IGRT Couch	Shift by 2 cm to the left	0.11	0.10	0.20	0.07	0.07	0.06	0.02	0.00	-0.02	0.01	0.00	0.02
	Shift by 2 cm to the right	0.11	0.10	0.16	0.07	0.06	0.06	0.04	0.03	-0.02	0.03	0.02	0.03
BrainLAB imaging Couch	Shift by 2 cm to the left	0.06	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.10	0.09	0.08	0.02	0.02	0.03
	Shift by 2 cm to the right	0.01	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.06	0.05	0.05	0.01	0.01	0.02

中,两种 Varian 治疗床 Varian Exact Couch (Standard Couch) 和 Varian Exact IGRT Couch 的剂量衰减最高幅度分别为 2.6%、2.1%。Pulliam 等^[4]报道利用肿瘤控制率参数 (Tumor Control Probability, TCP)^[5]来评价治疗床的剂量衰减对肿瘤的影响,结果表明 TCP 最大下降 10.5%,平均下降 6.3%。

Mihaylov 等^[6]通过在 TPS (Pinnacle Version 8.0) 中导入 BrainLAB imaging Couch 的模型,分析治疗床模型的剂量衰减结果大小和准确性。结果显示,治疗床会增加百分深度剂量曲线的表面入射剂量,单个斜入射野的最大衰减达到 8.0%。计算结果与实际测

量结果的最大误差为 1.7%。在 TPS 中导入正确的治疗床模型可以满足修正治疗床剂量衰减影响的要求。

本研究对临床治疗中常用的 4 种治疗床: Elekta iBEAM evo Couch、Varian Exact Couch (Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch、BrainLAB imaging Couch 在 IMRT 和 VMAT 治疗中的剂量衰减影响进行研究,表明,靶区剂量平均衰减幅度为 0.72%~3.15%。其中,由于射野方向和权重的影响,7F-IMRT 和 VMAT 的剂量平均衰减幅度小于 5F-IMRT 和 9F-IMRT^[7-9]。因此,在临床治疗中,有必要在 TPS 中导入正确的治疗床模型,修正治疗床剂量衰减影响,减少剂量计算误差。

在现有的商业TPS中,一般配有常用的治疗床标准模型,用于修正治疗床剂量衰减影响。然而,有部分医院使用的治疗床并未在TPS治疗床目录中,需要用户自己建立治疗床模型。Aldosary等^[10]提出利用扇形束CT和锥形束CT(CBCT)扫描Catphan 504 cylindrical phantom,先进行CT值(HU)比对,然后再利用CBCT扫描治疗床,经修正HU值之后,在TPS中建立治疗床模型,修正剂量衰减影响。其结果表明,利用该方法建立的治疗床模型的剂量衰减修正效果与TPS提供的标准治疗床模型是相近的,可以在临床治疗中采用。

Mosaiq网络治疗系统记录显示,患者每天治疗时,治疗床位置坐标X、Y、Z方向均有变化,这表明患者的固定体位与治疗床的相对位置发生了变化,与CT定位时的相对体位不同。以X坐标方向研究为例,其变化幅度主要为-2~+2 cm。这是由于患者每天治疗时,躺在治疗床上的位置有差别,从而导致治疗床每天的坐标记录值发生改变。TPS模拟计算结果显示,该变化对靶区剂量最大变化幅度为0.65%,剂量平均变化幅度均小于0.30%。由于其位置变化幅度仍在治疗床覆盖范围内,且治疗床面是均匀材质,所以剂量变化幅度较小。

综上所述,治疗床在IMRT和VMAT治疗中的剂量衰减明显,必须在TPS中正确导入相应治疗床模型,修正治疗床剂量衰减影响。其中,7F-IMRT和VMAT的剂量平均衰减幅度小于5F-IMRT和9F-IMRT。Varian Exact Couch(Standard Couch)、Varian Exact IGRT Couch的剂量平均衰减幅度小于Elekta iBEAM evo Couch和BrainLAB imaging Couch。患者每天治疗时,治疗床与患者体位相对位置易受摆位影响而改变,但其变化对靶区剂量影响相对较小,

可以不予考虑。

【参考文献】

- [1] OLCH A J, GERIG L, LI H, et al. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: report of AAPM task group 176[J]. Med Phys, 2014, 41(6): 1-30.
- [2] CHAVAUDRA J, BRIDIER A. Definition of volumes in external radiotherapy: ICRU reports 50 and 62[J]. Cancer Radiother, 2001, 5(5): 472-478.
- [3] LI H, LEE A K, JOHNSON J L, et al. Characterization of dose impact on IMRT and VMAT from couch attenuation for two Varian couches[J]. J Appl Clin Med Phys, 2011, 12(3): 23-31.
- [4] PULLIAM K B, HOWELL R M, FOLLOWILL D, et al. The clinical impact of the couch top and rails on IMRT and arc therapy[J]. Phys Med Biol, 2011, 56(23): 7435-7447.
- [5] GAY H, NIEMIERK O A. A free program for calculating EUD-based NTCP and TCP in external beam radiotherapy[J]. Phys Med, 2007, 23(3-4): 115-125.
- [6] MIHAYLOV I B, CORRY P, YAN Y, et al. Modeling of carbon fiber couch attenuation properties with a commercial treatment planning system[J]. Med Phys, 2008, 35(11): 4982-4988.
- [7] 王良英, 柏朋刚, 李奇欣, 等. 医科达新型全碳纤维床衰减及其各向一致性的研究[J]. 医疗装备, 2010, 23(7): 1-3.
WANG L Y, BAI P G, LI Q X, et al. The study of the attenuation and isotropic of Elekta carbon fiber couch[J]. Medical Equipment, 2010, 23(7): 1-3.
- [8] 刘江, 宋鹏. 治疗床架对于机架角度的影响[J]. 吉林医学, 2012, 33(24): 5273-5274.
LIU J, SONG P. The effect of treatment couch on the gantry angle[J]. Jilin Medical Journal, 2012, 33(24): 5273-5274.
- [9] 甘家应, 胡银祥, 洪卫, 等. Elekta直线加速器全碳纤维六维治疗床床板对后斜野放疗剂量的影响[J]. 中国肿瘤, 2010, 19(8): 511-513.
GAN J Y, HU Y X, HONG W, et al. The effect of the six-dimensional whole carbon fiber bed board of Elekta linear accelerator on the radiation dose of posterior oblique field[J]. China Cancer, 2010, 19(8): 511-513.
- [10] ALDOSARY G, NOBAH A, AL-ZORKANI F, et al. A practical method of modeling a treatment couch using cone-beam computed tomography for intensity-modulated radiation therapy and RapidArc treatment delivery[J]. Med Dosim, 2015, 92(2): 139-146.

(编辑:陈丽霞)