

头颈肩定位体架对放射治疗剂量的影响

郑旭亮, 邢晓汾, 崔桐, 张军
山西省肿瘤医院放疗科, 山西 太原 030013

【摘要】目的:测量分析Civco、滕飞宇、华宇新3种头颈肩固定体架的穿射率、Gamma通过率等,探讨体架对放疗剂量的影响,为今后的临床工作提供参考数据。**方法:**扫描体架的CT图像并读取体架CT值,使用指形电离室测量不同开野条件的体架穿射率,分析体架材料与散射对射线能量衰减的影响;制订固定机架角 $Gan=0^\circ$ 和两组容积弧形调强放射治疗(VMAT)计划,通过电子射野影响系统获取治疗床上是否放置体架的图像,应用PD(Portal Dosimetry)软件模块分析profile曲线与Gamma通过率,分析体架对剂量验证的影响。**结果:**体架对射线能量的衰减低于2%,不同开野条件下散射对穿射率的影响在0.1%~1%内。治疗床上放置Civco、滕飞宇、华宇新体架与只有治疗床的PD图像的Gamma(2%、2 mm)通过率分析,机架角 0° 时分别为100.0%、93.4%、63.9%,VMAT照射时分别为99.7%、27.6%、19.6%。**结论:**头颈肩定位体架对剂量有衰减,且3种体架的穿射率、Gamma通过率等有所差别,在制订放疗计划时应该充分考虑头颈肩定位体架的影响以提高靶区剂量的精确性。

【关键词】头颈肩定位体架;放射治疗;放射治疗剂量;穿射率;CT值;Gamma通过率

【中图分类号】R815.6

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)10-0999-05

Effect of head, neck and shoulder body-frame on radiotherapy dosage

ZHENG Xuliang, XING Xiaofen, CUI Tong, ZHANG Jun

Department of Radiation Oncology, Shanxi Provincial Cancer Hospital, Taiyuan 030013, China

Abstract: Objective To study the effect of body-frame on radiotherapy dosage and provide reference data for clinical work in future by measuring and analyzing the X ray transmission rate and Gamma passing rate of 3 kinds of head, neck and shoulder body-frame (Civco, Teng Feiyu, Hua Yuxin body-frame). **Methods** After the body-frame was scanned to obtain the body-frame CT image and the CT value was read out, the X ray transmission rates of body-frame at various open-fields of different sizes were measured with a thumb ionization chamber in order to analyze the X-ray energy attenuation caused by the material and scattering of body-frame. When the gantry angle was fixed at 0° , or volumetric modulated arc therapy (VMAT) was used, the image with or without body-frame on the treatment couch was obtained with EPID. Finally, the profile curve and Gamma passing rate were analyzed with Portal Dosimetry (PD) software for evaluating the effect of body-frame on dose verification. **Results** The X-ray went through the body-frame, resulting in energy attenuation which was less than 2%. X-ray energy attenuation caused by the scattering of body-frame was within 0.1%-1.0%. When the Gantry angle was fixed at 0° , Gamma passing rates of the comparison between the PD image with frame on the treatment couch and no frame were 100% (Civco), 93.4% (Teng Feiyu), and 63.9% (Hua Yuxin). The Gamma passing rates (2%/2 mm) for VMAT plans were 99.7% (Civco), 27.6% (Teng Feiyu), 19.6% (Hua Yuxin). **Conclusion** All the 3 kinds of head, neck and shoulder body-frame lead to dose attenuation, and some differences exists in transmission rate and Gamma passing rate among them. When we make the radiotherapy plans, the impact of body-frame on radiotherapy dosage should be considered in order to ensure that the prescription is delivered accurately.

Keywords: head, neck and shoulder body-frame; radiotherapy; radiotherapy dosage; transmission rate; CT value; Gamma passing rate

前言

随着适形和调强放疗技术的发展,肿瘤靶区剂

量的精确性直接影响到放疗效果。应用头颈肩固定体架是提高摆位精度的必要设备。目前临床上通用的体位固定方法是头颈肩固定体架配合热塑模固定,它可以使肿瘤靶区得到更准确的放射剂量^[1-3]。体架材料一般由外围碳纤维包裹填充物组成。碳纤维材料作为非空气等效组织会对射线造成衰减,从

【收稿日期】2017-05-26

【作者简介】郑旭亮,主管技师,E-mail: zxlhappysky@163.com

【通信作者】邢晓汾,E-mail: tyxxf@126.com

而降低患者靶区剂量的准确性^[4-8]。本文选取3种头颈肩固定体架测量其CT值、穿射率以及对剂量分布的影响,对测量结果进行分析,为今后的临床工作提供参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料和设备

碳纤维头颈肩体架选取:美国Civco公司(Typs-S),深圳滕飞宇公司(YC-DF118T),济南华宇新公司(HYX-ST-C)。CT扫描使用荷兰Philips Brilliance Big Bore;治疗计划系统为美国Varian Eclipse 13.5;加速器选用Varian Trilogy,X射线能量为6、15 MV;测量设备:aS1000型电子射野影像系统(EPID)及软件模块组成的Portal Dosimetry(PD)系统;比利时IBA DOSE 1剂量仪,0.6cc IBA 2727FC65-G指形电离室。

1.2 CT值测试

将3种体架分别置于CT定位床上,层厚3 mm,扫描,图像以DICOM格式通过Varian网络传入计划系统。使用Eclipse软件在CT图像上读取碳纤维和填充物的CT值。

1.3 体架穿射率的测量及散射对体架穿射率的影响

加速器治疗床上放置10 cm厚等效水模体(每块规格:30 cm×30 cm,厚度1 cm;中间层水模体厚度2 cm可插指型电离室),电离室插入中间层,连接剂量仪。6 MV和15 MV X线能量照射,机器跳数为100 MU,SAD(源轴距)=100 cm,剂量率为600 MU/min,射野大小分别为5 cm×5 cm、10 cm×10 cm、20 cm×20 cm,测量水模体上是否放置体架时的剂量。每组数据测量3次,取平均值,计算有、无体架剂量的比值即为体架的穿射率。体架的穿射率可以反映出该体架对吸收剂量的衰减程度。不同能量和射野大小,由于散射造成穿射率的差异,以10 cm×10 cm射野为标准射野进行归一,得出散射对穿射率的影响。

1.4 图像采集、CU(Calibration Unit)值获取和 Profile

曲线分析

图像采集分为治疗床上是否放置体架两种情况。使用Eclipse计划系统对每个体架制作机架角为0°的计划和旋转360°的容积弧形调强放射治疗(VMAT)计划,参数设置为6 MV X线能量、300 MU、射野X×Y=30 cm×20 cm、源到EPID的距离(SID)=140 cm。按计划进行照射,通过EPID得到二维剂量分布图像,使用PD软件模块读取图像中心点,及以中心点为原点的X轴正负5、10 cm处和Y轴正负5 cm处共7个点的CU值(CU是PD图像的刻度单位)。Profile曲线为选取以图像中心点为原点的X、Y轴的曲线。

1.5 Gamma通过率

使用PD软件模块的Gamma通过率进行评估,比较有、无体架的PD图像剂量分布和实际剂量分布间的差异。标准剂量差异与距离符合度(DTA)的设置为1% 1 mm、2% 2 mm、3% 3 mm。分析条件为“Use local Gamma Evaluation”、“Use Improved Gamma Evaluation”。

2 结果

2.1 体架碳纤维与填充物的厚度及CT值

Civco体架整体厚度2.266 cm,外层碳纤维厚度0.35 cm;滕飞宇体架整体厚度1.429 cm,外层碳纤维厚度0.40 cm(体架中间有碳纤维支撑,间隔0.7 cm);华宇新体架整体厚度2.242 cm,外层碳纤维厚度0.30 cm。它们的碳纤维CT均值分别为-549.29、-444.57、-530.29 HU,填充物CT均值分别为-945.00、-887.00、-923.50 HU。

2.2 头颈肩定位体架的穿射率及散射对穿射率的影响

体架对射线能量有衰减作用,以10 cm×10 cm射野为标准射野,6 MV能量,Civco、滕飞宇、华宇新体架对吸收剂量的衰减百分比分别为1.32%、1.38%、1.68%;15 MV能量分别为1.18%、1.22%、1.53%。不同射野大小和不同能量条件下,体架穿射率及散射对穿射率的影响见表1。

表1 不同射野大小及能量的体架穿射率及散射对穿射率的影响

Tab.1 Transmission rate of body-frame and effect of the scattering of body-frame on transmission rate

Body-frame	6 MV			15 MV		
	5 cm×5 cm	10 cm×10 cm	20 cm×20 cm	5 cm×5 cm	10 cm×10 cm	20 cm×20 cm
Civco	0.983 4 (-0.345%)	0.986 8	0.986 9 (0.010%)	0.987 4 (-0.081%)	0.988 2	0.991 5 (0.334%)
Teng Feiyu	0.980 9 (-0.537%)	0.986 2	0.986 5 (0.030%)	0.986 8 (-0.101%)	0.987 8	0.991 2 (0.344%)
Hua Yuxin	0.976 2 (-0.712%)	0.983 2	0.984 3 (0.112%)	0.982 8 (-0.193%)	0.984 7	0.988 8 (0.416%)

Normalized with 10 cm×10 cm field as the standard, the value in parentheses was the effect of scattering on transmission rate.

2.3 PD图像的CU值

当机架角 0° 时,治疗床PD图像的中心点CU值为1.586,周围点CU均值为1.587;治疗床上放置Civco、滕飞宇、华宇新体架的PD图像中心点CU值分别为1.571、1.566、1.556;周围6个点CU均值分别为

1.568、1.560、1.553(表2)。当VMAT照射时,治疗床PD图像的中心点CU值为1.581,周围点CU均值为1.576;治疗床上放置Civco、滕飞宇、华宇新体架的PD图像中心点CU值分别为1.554、1.544、1.540;周围6个点CU均值为1.543、1.534、1.526(表3)。

表2 治疗床及3种体架在机架角 $Gan=0^{\circ}$ 照射时PD图像的CU值

Tab.2 Calibration unit (CU) value in Portal Dosimetry (PD) image with treatment couch and 3 kinds of body-frames when the gantry was fixed at 0°

Body-frame	Gantry= 0° (x, y)						
	(0, 0)	(-10, 0)	(-5, 0)	(5, 0)	(10, 0)	(0, 5)	(0, -5)
Treatment couch	1.586	1.550	1.601	1.602	1.550	1.631	1.592
Civco and treatment couch	1.571	1.530	1.583	1.584	1.530	1.610	1.574
Teng Feiyu and treatment couch	1.566	1.521	1.577	1.575	1.523	1.607	1.560
Hua Yuxin and treatment couch	1.556	1.512	1.566	1.574	1.514	1.599	1.556

表3 治疗床及3种体架在VMAT照射时PD图像的CU值

Tab.3 CU value in PD image with treatment couch and 3 kinds of body-frames when VMAT was used

Body-frame	VMAT (x, y)						
	(0, 0)	(-10, 0)	(-5, 0)	(5, 0)	(10, 0)	(0, 5)	(0, -5)
Treatment couch	1.581	1.530	1.593	1.597	1.526	1.630	1.580
Civco and treatment couch	1.554	1.494	1.560	1.562	1.490	1.599	1.555
Teng Feiyu and treatment couch	1.544	1.482	1.552	1.550	1.480	1.590	1.549
Hua Yuxin and treatment couch	1.540	1.477	1.542	1.546	1.472	1.582	1.539

VMAT: Volumetric modulated arc therapy

2.4 Profile 曲线分析

通过Profile曲线分析得知,3种治疗床上有、无体架的PD图像CU值对比均显示同一种情况,即当机架角 0° 照射时,治疗床上有、无体架的曲线在X、Y方向上CU值相差较均匀。治疗床上放置Civco、滕飞宇、华宇新体架的PD图像X方向CU值差异范围为0.012~0.016、0.016~0.021、0.019~0.027,Y方向差异范围为0.012~0.014、0.016~0.021、0.021~0.024。当VMAT照射时,曲线在X方向上距中心点5~10 cm处的CU值相差明显,CU值差异范围为0.033~0.038、0.041~0.050、0.051~0.056,Y方向相差较均匀,CU值差异范围为0.025~0.031、0.031~0.040、0.041~0.048。机架角 0° 照射相较于VMAT照射得到的PD图像CU值差异较小。

2.5 Gamma通过率分析

EPID图像采集中,只照射治疗床的图像为参考

图像,其余放置体架的图像与其进行Gamma通过率的分析,结果见表4。

3 讨论

碳纤维具有机械强度高、密度小、无金属支架、对射线散射吸收少等特点,越来越多地被用于放疗^[9-11]。而头颈肩定位体架材料是由碳纤维包裹填充物组成,为较好地支撑人体重量,体架需具有一定的厚度。测量数据显示3种体架的碳纤维、填充物厚度与CT值不同,说明制作体架的工艺和填充物的选择有所差别。放疗定位体架的材料并非空气等效材料,射线经过时会造成一定的衰减^[12]。王良英等^[13]对全碳纤维床板的研究表明,不同角度照射对6 MV X线碳纤维床板造成的衰减达2.55%~5.57%。郭海亮等^[14]分析测量发现,碳纤维床直射穿透因子为96.7%。本文数据显示3种体架在机架角 0° 照射时对

表4 3种体架+治疗床对比只有治疗床的PD图像Gamma通过率(%)

Tab.4 Gamma passing rate of the comparison between the PD image with frame on the treatment couch and no frame (%)

Body-frame	Gantry=0°			VMAT		
	1%/1 mm	2%/2 mm	3%/3 mm	1%/1 mm	2%/2 mm	3%/3 mm
Civco and treatment couch	56.6	100.0	100.0	18.2	99.7	99.8
Teng Feiyu and treatment couch	19.1	93.4	100.0	14.8	27.6	80.9
Hua Yuxin and treatment couch	15.9	63.9	100.0	14.2	19.6	66.4

射线的衰减均小于2%,其在标准10 cm×10 cm射野下的穿射率均大于0.98,表明当体架具备一定刚性条件时,外围碳纤维包裹填充物,相较于全碳纤维床对射线的影响更小。

本文研究发现6 MV或15 MV能量下,射线穿过碳纤维头颈肩定位体架的衰减在2%以内,射野增大的同时体架穿射率越接近1。不同体架由于制作工艺和材料不同,其穿射率也有所差异。相同体架对射线能量的衰减,能量越高衰减越小;照射野越大,衰减越小。照射野大小相对于10 cm×10 cm标准射野来说,6 MV X线能量照射野越大散射影响减小;15 MV能量则射野越大散射影响越大。在制订放疗计划时如需考虑体架因素,通常会以10 cm×10 cm标准射野的体架穿射率作为参考,但是数据表明散射对穿射率的影响最大可能会大于1%,也就是说,当我们将非标准射野以标准射野作为参照时,其结果会比考虑的数值还要相差1%或更多。

沙翔燕等^[15]和鞠永健等^[16]对加速器治疗床的研究表明,不同的射野角度通过治疗床的位置和厚度不同,即治疗床的透射因子不是一个固定值,它应与射野角度有关。在本实验中,PD图像的CU值显示,机架角0°照射时相对于VMAT照射,体架+治疗床与只有治疗床的CU值更接近且数值更小。Profile曲线显示机架角0°照射时,两者CU值相差变化较小,说明制作体架的材料整体较均匀;VMAT照射时,两者Profile曲线的CU值相差较大,并且在X方向上距中心点5~10 cm处CU值相差明显,说明当照射方向经过体架侧缘时,会对CU值产生较多的影响。同上述研究相似,即不同的射野角度下会产生不同的体架穿射率,而经过体架侧缘时的改变尤其明显。因此,在制订三维适形放疗计划或调强放疗计划时,尽量选择射野方向不经过体架侧缘照射;当需要制订复杂的调强计划时则不可避免地照射到体架侧缘,此时可以选择制订VMAT计划,这样可以降低照射到体架侧缘射野的权重,减少体架对剂量衰减的影响。

从3种体架+治疗床与只有治疗床的PD图像Gamma

通过率的分析看,体架之间差别较明显,对PD剂量验证结果的影响较大。一般情况下,Gamma通过率设置标准剂量差异与距离符合度为3%/3 mm,体架在机架角0°照射时采集的图像剂量分布Gamma通过率均为100%,此时体架对PD剂量验证的结果基本没有影响;当使用VMAT照射时,Gamma通过率较机架角0°照射时降低,此时则需要将体架对射线能量的衰减考虑在内。因此,使用EPID进行患者的剂量验证时,建议不要将机架角归为0°,这样可以减少放疗计划剂量计算结果与实际治疗中剂量分布的差异。

综上所述,头颈肩定位体架对放疗剂量有衰减作用,在制作放疗计划时,体架材质、厚度对射线能量的衰减应实际测量并且给予修正。为有效提高靶区剂量的精确性,应该把体架的因素考虑进去。放疗计划的临床验证是一项近乎苛刻的工作,在每一个环节都需要精益求精,放射剂量的精确性与患者位置摆位都直接影响放射治疗疗效。计划验证即需要找出各种对射线剂量有影响的因素,通过不断的论证和实验,排除一切干扰,力求提高放疗计划照射于人体剂量的精确性。

【参考文献】

- [1] LEIBEL S A, SCOTT C B, MOHIUDDIN M, et al. The effect of local-regional control on distant metastatic dissemination in carcinoma of the head and neck: results of an analysis from the RTOG head and neck database[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1991, 21(3): 549-556. DOI:10.1016/0360-3016(91)90669-U.
- [2] 葛琴, 吴建亭, 谢国栋, 等. 胸部肿瘤放射治疗两种体位固定技术摆位误差比较研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(18): 1424-1426. GE Q, WU J T, XIE G D, et al. Setup errors of two position fixing skills in radiotherapy for thoracic neoplasm[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2012, 19(18): 1424-1426.
- [3] 惠周光, 王群, 韩伟, 等. 食管癌放疗两种不同固定体位对摆位误差的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2014, 23(4): 336-339. HUI Z G, WANG Q, HAN W, et al. Comparison of set-up errors between two different body positions in precision radiotherapy for esophageal cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2014, 23(4): 336-339.
- [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] 牛振洋, 费振乐, 段宗锦, 等. 不同材料的定位板对吸收剂量的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2015, 32(6): 917-920.
NIU Z Y, FEI Z L, DUAN Z J, et al. Influences of positioning-board of different materials on the absorbed dose[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2015, 32(6): 917-920.
- [6] 甘家应, 胡银祥, 罗元强, 等. Elekta Precise 直线加速器新型全碳素纤维治疗床床板对放疗剂量的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(4): 386-389.
GAN J Y, HU Y X, LUO Y Q, et al. Effect of the new carbon fiber bed board of Elekta Precise linear accelerator on the radiation dose[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2012, 32(4): 386-389.
- [7] 谭欢, 曾勇明, 朱明霞. 数字乳腺X线摄影曝光模式对乳腺体模图像质量和辐射剂量的影响[J]. 吉林大学学报(医学版), 2015, 41(5): 1036-1040.
TAN H, ZENG Y M, ZHU M X. Effect of digital mammography exposure modes in image quality and radiation dose of breast phantom[J]. Journal of Jilin University (Medicine Edition), 2015, 41(5): 1036-1040.
- [8] 丛秀峰, 纪天龙, 邹华伟, 等. 西门子 550TxTTM 全碳纤维治疗床的剂量学特性[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(3): 272-273.
CONG X F, JI T L, ZOU H W, et al. Dosimetric characteristics of carbon fiber bed of Siemens 550TxTTM [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19(3): 272-273.
- [9] MYINT W K, NIEBALA M, WILKINS D, et al. Investigating treatment dose error due to beam attenuation by a carbon fiber tabletop[J]. Appl Clin Med Phys, 2006, 7: 21-27.
- [10] MEARA S J, LANGMACK K A. An investigation into the use of carbon fiber for megavoltage radiotherapy applications[J]. Phys Med Biol, 1998, 43: 359-1366.
- [11] MCCORMACK S, DIFFEY J, MORGAN A. The effect of gantry angle on megavoltage photon beam attenuation by a carbon fiber couch insert[J]. Med Phys, 2005, 32: 483-487.
- [12] 李军, 张西志, 汪步海, 等. 探讨瓦里安加速器治疗床对放射治疗剂量的影响[J]. 生物医学工程与临床, 2009, 13(2): 131-133.
LI J, ZHANG X Z, WANG B H, et al. Effect of VARIAN accelerator treatment couch on radiotherapy dose[J]. Biomedical Engineering and Clinical Medicine, 2009, 13(2): 131-133.
- [13] 王良英, 柏朋刚, 李奇欣, 等. 医科达新型全碳纤维床衰减及各项一致性的研究[J]. 医疗装备, 2010, 23(7): 132-135.
WANG L Y, BAI P G, LI Q X, et al. Investigation of the attenuation factor of Elekta carbon fiber table and its consistency in every direction[J]. Chinese Journal of Medical Device, 2010, 23(7): 132-135.
- [14] 郭海亮, 袁军, 许明君, 等. 通过电离室测量分析碳纤维床对放疗剂量的影响[J]. 临床医学工程, 2013, 20(11): 1336-1337.
GUO H L, YUAN J, XU M J, et al. Influence of carbon fiber couch on radiotherapy dose: analysis by ionization chamber[J]. Clinical Medical & Engineering, 2013, 20(11): 1336-1337.
- [15] 沙翔燕, 王运来, 廖雄飞, 等. 全碳素纤维治疗床对吸收剂量的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(3): 223-225.
SHA X Y, WANG Y L, LIAO X F, et al. Dosimetric evaluation of carbon fiber tabletop on absorbed doses[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(3): 223-225.
- [16] 鞠永健, 陈关华, 汤娅红, 等. 加速器治疗床对不同角度射野吸收剂量的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2008, 28(4): 374-376.
JU Y J, CHEN G H, YANG Y H, et al. Effect of accelerator treatment couch on radiotherapy dose at different angles of field[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2008, 28(4): 374-376.

(编辑: 黄开颜)