

## 不同材料的定位板对吸收剂量的影响

牛振洋, 费振乐, 段宗锦, 李志杰, 王 磊

解放军第105医院肿瘤放射治疗科, 安徽 合肥 230031

**【摘要】目的:**探讨有机玻璃与碳纤维定位板对吸收剂量的影响。**方法:**将固体水模置于治疗床的中心, 测量在不同的机架角度( $0^{\circ} \sim 80^{\circ}$ )下等中心处加与不加定位板时的吸收剂量, 计算出定位板对X射线的衰减。使用治疗计划系统(Treatment Planning System, TPS)软件对不同角度和不同材料定位板进行模拟计算。**结果:**采用6 MV X射线照射时, 碳纤维定位板对吸收剂量的衰减为1.8%~3.1%, 而有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减为5.1%~8.5%; 采用15 MV X射线照射时, 碳纤维定位板对吸收剂量的衰减为1.3%~2.2%, 有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减为3.5%~5.7%。随着射线穿过定位板的深度增加, 衰减作用也显著增加, 当机架角度为 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 时, 衰减率达到最大。实测值与TPS模拟的结果一致。**结论:**有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减影响是碳纤维定位板的2倍~3倍。在制定放疗计划时, 应针对定位板对吸收剂量的衰减影响进行剂量修正, 同时有机玻璃定位板也不宜应用于临床放疗。

**【关键词】**剂量衰减; 定位板; 吸收剂量

**【中图分类号】**R312

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2015)06-0917-04

## Influences of positioning-board of different materials on the absorbed dose

NIU Zhen-yang, FEI Zhen-le, DUAN Zong-jin, LI Zhi-jie, WANG Lei

Department of Radiation Oncology, No. 105 Hospital of Chinese People's Liberation Army, Hefei 230031, China

**Abstract: Objective** To explore the influence of positioning-board of plexiglass and carbon fiber on the absorbed dose. **Methods** Solid water phantom was fixed at the center of treatment couch. The absorbed doses of the isocenter point with or without positioning-board in different gantry angle changing from  $0^{\circ}$  to  $80^{\circ}$  were measured, and the X ray attenuations of different positioning-boards were calculated. Treatment planning system (TPS) software was finally applied to carry out the simulated calculation for different gantry angels and different positioning-boards. **Results** When 6 MV X ray was applied, the absorbed dose attenuation of carbon fiber positioning-board was 1.8%-3.1%, while that of plexiglass positioning-board was 5.1%-8.5%. When 15 MV X ray was applied, the absorbed dose attenuation of carbon fiber positioning-board was 1.3%-2.2%, while that of plexiglass positioning-board was 3.5%-5.7%. The attenuation was significantly worse with the increasing ray penetration thickness. When the gantry angle was  $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ , the attenuation rate reached the highest. Measured results and TPS simulated results were consistent. **Conclusion** The absorbed dose attenuation of plexiglass positioning-board is 2-3 times than that of carbon fiber positioning-board. Dose correction is necessary for treatment plan design, and plexiglass positioning-board is not appropriate for clinical radiotherapy.

**Key words:** dose attenuation; positioning-board; absorbed dose

### 前言

放射治疗中用于固定病人体位的定位板在肿瘤的精确放疗中至关重要。它与其他辅助定位器材如热塑膜、负压袋等联合使用能够很好地固定病人体

位, 使放疗的摆位复位更容易、精度更高、更具可靠性。目前放疗用的定位板多是由有机玻璃或碳纤维材料制成的, 厂家仅仅注明定位板受到射线垂直照射时的穿透系数, 并没有提及当射线从其他方向穿透时, 定位板对射线的衰减作用, 也很少有文献针对定位板对吸收剂量的衰减作用进行报道。本文系统地探究定位板对吸收剂量的衰减影响, 从而为各放疗单位应选用何种材料的定位板, 选用后如何使用

**【收稿日期】**2015-05-30

**【作者简介】**牛振洋(1983-), 男, 物理师, 硕士, 主要从事放射物理工作。Tel: 15855128741; E-mail: nzy105yy@163.com。

**【通信作者】**费振乐, 科室主任, 高级工程师。Tel: 13805510886。

以及制定精确的放疗计划时应考虑的因素提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

Varian 21EX 型医用直线加速器,射线质为 6 MV、15 MV X 线,定位板为科莱瑞迪公司生产的 R605 型有机玻璃与碳纤维定位板各一套,厚度均为 2 cm。测量采用 PTW 公司生产的 UNIDOS E 型剂量仪和 TW30013 0.6 cc 指型电离室, Varian Eclipse 放疗计划系统 (Treatment Planning System, TPS), 测量介质为 30 cm×30 cm 厚度不等多层叠放的固体水模,电离室中心点位于固体水模的几何中心,均距上下表面 10 cm。

1.2 测量方法

将固体水模置于加速器治疗床上,固体水模平面中心与治疗床左右两边等距,用水平仪将固体水模调整至水平。测量时机房环境为: T=27.0 ℃, P=100.5 kPa。采用等中心照射,源轴距为 100 cm,照射野大小为 10 cm×10 cm,加速器机架角从 0°开始,顺时针方向每间隔 10°测量 1 个数据,先选用 6 MV X 射线出束 100 MU,用剂量仪测量等中心处的吸收剂量,直到机架角达 80°为止,得到 1 组测量值。然后将不同材料的定位板对称放置在固体水模上,依次从 0°~80°每间隔 10°测量出束 100 MU 等中心处的吸收剂量,各得

到 1 组测量值。对不同条件下,每个机架角测量 3 次数据并取其平均值以减小测量误差。最后选用 15 MV X 射线重复以上步骤,对不同材料的定位板进行测量。

1.3 TPS 计算

将指型电离室置于固体水模中进行 CT 扫描(层厚 2 mm),然后将不同材料的定位板对称放置在固体水模上再进行 CT 扫描,得到 3 个序列 CT 图像。将这些图像传送到 TPS 软件进行自动勾画模体外轮廓,放置定位板时要把其轮廓勾画进去,并把手动勾画出的电离室测量室腔作为计划靶区。对不同序列图像选择 6 MV 和 15 MV X 线分别从 0°~80°的机架角中每间隔 10°设置 1 个 10 cm×10 cm 大小的单野计划,等中心位于指型电离室中心。

2 结果

把不加定位板时测量所得的数据作为参考吸收剂量,记作  $D_r$ ,加定位板后测得的对应吸收剂量记作  $D_c$ ,定位板对 X 射线的衰减影响定义为: 衰减率  $f=(D_r-D_c)/D_r \times 100\%$ 。

2.1 吸收剂量的测量值

随着机架角度的增大,射线穿过测量介质和定位板的深度先增后减,相应的  $D_r$  和  $D_c$  先减后增,在机架角约为 60°时达到峰谷最小值,结果见表 1、表 2。

表 1 6 MV X 射线各组吸收剂量的平均测量值

Tab.1 Average measurement values of the absorbed dose when 6 MV X-ray was applied

Item	Gantry angle (°)								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Comparison (cGy)	80.52	79.96	78.41	75.66	71.27	64.46	59.79	63.31	65.71
Carbon fiber (cGy)	79.01	78.50	76.91	74.11	69.61	62.63	57.96	63.11	65.50
Plexiglass (cGy)	76.36	75.80	74.08	71.06	66.25	59.03	54.91	63.01	65.57

表 2 15 MV X 射线各组吸收剂量的平均测量值

Tab.2 Average measurement values of the absorbed dose when 15 MV X-ray was applied

Item	Gantry angle (°)								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Comparison (cGy)	93.58	93.04	91.73	89.49	85.79	80.08	75.95	79.23	81.24
Carbon fiber (cGy)	92.35	91.81	90.50	88.11	84.48	78.62	74.35	79.00	81.01
Plexiglass (cGy)	90.27	89.73	88.26	85.71	81.78	75.57	72.17	79.00	81.08

2.2 定位板对 X 射线的衰减率

通过衰减率定义公式计算出不同材料的定位板对吸收剂量的衰减率,有机玻璃定位板对 X 射线的衰减作用明显比碳纤维定位板大。随着 X 射线能量

的增加,射线穿透本领增强,衰减作用也相应变小;随着射线穿过定位板的深度增加,衰减作用显著增加,当机架角度为 50°~60°时,衰减率达到最大,结果见表 3、表 4 和图 1。

表3 6 MV X射线的剂量衰减率  
Tab.3 Dose attenuation rates of 6 MV X-ray

Item	Gantry angle (°)								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Carbon fiber (%)	1.875	1.826	1.913	2.049	2.329	2.839	3.061	0.316	0.320
Plexiglass (%)	5.166	5.203	5.522	6.080	7.044	8.424	8.162	0.474	0.213

表4 15 MV X射线的剂量衰减率  
Tab.4 Dose attenuation rates of 15 MV X-ray

Item	Gantry angle (°)								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Carbon fiber (%)	1.314	1.341	1.346	1.542	1.527	1.823	2.107	0.290	0.283
Plexiglass (%)	3.537	3.558	3.783	4.224	4.481	5.632	4.977	0.290	0.197

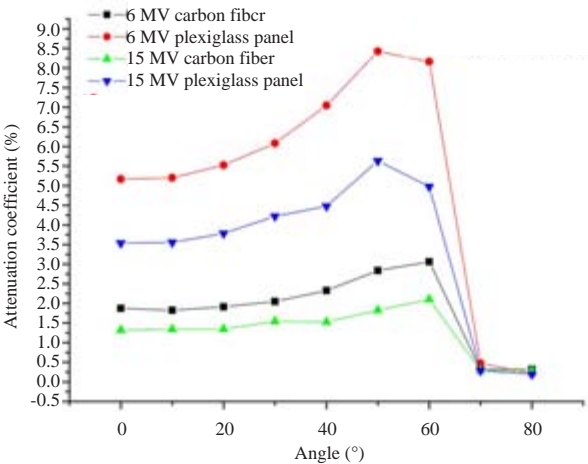


图1 不同材料定位板线衰减率对比  
Fig.1 Comparison of the attenuation rate of different positioning-boards

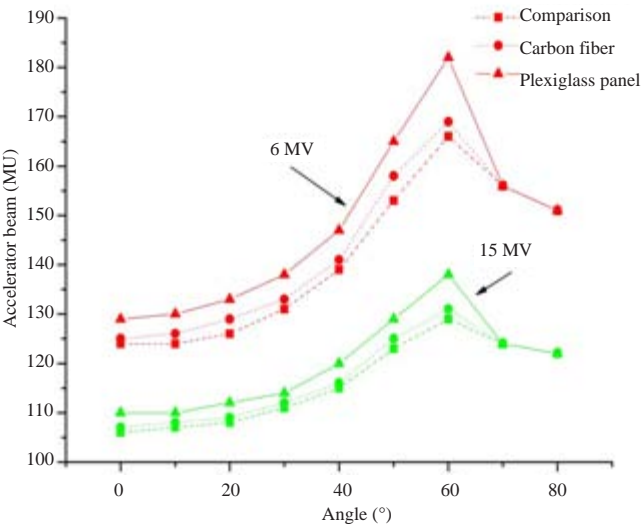


图2 TPS 计算需要的MU对比  
Fig.2 Calculated monitor unit (MU) of treatment planning system (TPS)

2.3 TPS 计算值

等中心剂量归一为 100 cGy,通过 TPS 计算出 3 种情况下 6 MV 和 15 MV X线在每个角度时加速器所需的出束,结果如图 2 所示。等中心 100 cGy 吸收剂量需要的加速器跳数(Monitor Unit, MU)越大,说明定位板对射线的衰减越明显,TPS 计算所得的定位板对吸收剂量的影响与实际测量结果一致。

3 讨 论

本研究选用0°~80°射野,并将定位板置于固体水模上是为了排除加速器治疗床的床体对吸收剂量的衰减影响,因为治疗床对吸收剂量的影响也是不容忽视的<sup>[1]</sup>,很多文献也对此进行了研究<sup>[2-6]</sup>。另外,在肿瘤患者的实际放疗中,定位板是置于患者体下的,这与实验测量呈对称性。实验结果中定位板对吸收剂量的衰减作用主要在机架角小于70°的照射野中,在此范围的照射野内,X射线穿透定位板后,衰减作用会在机架角为50°~60°时达到最大。与之相对称,在肿瘤患者的实际放疗中,定位板对吸收剂量的衰减作用主要在于110°~250°范围内的照射野,而位于120°~130°(或230°~240°)范围内的射野,定位板对其的衰减作用达到最大。

在精确放疗时代,三维适形放射治疗与调强放射治疗已成为常规放射治疗方法,容积调强放射治疗的应用也越来越广泛,但是这些治疗计划的设计需要采用多机架角度(或弧形)照射野,这导致了部分照射野(或弧度)的射线不可避免地穿透定位板。由于定位板对吸收剂量的衰减作用,穿过定位板的照射野(或弧度)会导致靶区出现剂量冷点区域,而且X射线剂量建成效应的改变会导致射线的最大剂

量点向皮肤漂移<sup>[7]</sup>,在临床上应引起足够的重视。ICRU 24号报告指出肿瘤原发灶根治剂量的精确性应小于5%,如果靶区剂量偏离最佳剂量达到5%时,就可能导致肿瘤复发或并发症增加,从而导致治疗计划的失败<sup>[8-9]</sup>。采用6 MV X射线照射时,碳纤维定位板对吸收剂量的衰减影响为1.8%~3.1%,有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减影响为5.1%~8.5%;采用15 MV X射线照射时,碳纤维定位板对吸收剂量的衰减影响为1.3%~2.2%,有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减影响为3.5%~5.7%。如果在制定放射治疗计划时不考虑定位板对吸收剂量的衰减影响而制定计划,并按计划实施治疗,此时的靶区吸收剂量难以达到ICRU 24号报告的标准。放射治疗计划的质量控制是整个放射治疗过程中质量控制的重要组成部分,合理的放射治疗计划设计有助于保证放射治疗中肿瘤靶区剂量的准确性。

不同材料的定位板对吸收剂量的衰减影响相差很大,有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减影响是碳纤维定位板的2倍~3倍。尤其是卡条式有机玻璃定位板,其配套的卡条也是有机玻璃材料,在特殊情况下射野不得不穿过卡条时,会在射野入射方向卡条后形成一长条状的欠剂量区,大大降低靶区剂量的准确度与剂量均匀性。有机玻璃定位板对X射线剂量建成效应的改变远大于碳纤维定位板,致使皮肤所受剂量也远大于后者<sup>[10]</sup>。因此有机玻璃定位板不适用于临床应用。

物理师在制定放射治疗计划时应考虑定位板对吸收剂量的衰减影响,并进行必要的剂量补偿和修正,尤其是旋转照射和拉弧照射<sup>[11]</sup>。但如何进行修正还待进一步探究,目前有两种常用的修正方法:一是TPS引入定位板的修正或把定位板导入TPS形成脚本功能,设计计划时通过添加此功能进行计算修正<sup>[5]</sup>;二是对CT定位扫描时的图片进行轮廓勾画,将定位板勾画体表轮廓,给出相应密度后进行剂量计算解决定位板对吸收剂量的影响<sup>[12]</sup>。相比之下,后一种方法更便于应用。

综上所述,有机玻璃定位板对吸收剂量的衰减影响明显比碳纤维定位板大。在制定放疗计划时应针对定位板对吸收剂量的衰减影响进行剂量修正,并在临床上慎用有机玻璃定位板,最好不予选用。

## 【参考文献】

- [1] Spezi E, Ferri A. Dosimetrics of the Siemens IGRT carbon fiber tabletop[J]. Med Dosim, 2007, 32(4): 295-298.
- [2] 鞠永健, 陈美华, 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 YJ, Chen MH, Tang YH, et al. Influence of treatment couch for different angle beam on the absorbed dose[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2008, 28(4): 374-376.
- [3] 花威, 李军, 陈婷婷, 等. Varian直线加速器全碳纤维治疗床对放疗剂量的影响[J]. 医疗卫生装备, 2012, 33(7): 108-109.  
Hua W, Li J, Chen TT, et al. Effect of whole carbon fiber couch of Varian linear accelerator on radiotherapy dose[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2012, 33(7): 108-109.
- [4] 明智. 床体因素对于放疗剂量的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(3): 3358-3359.  
Ming Z. The bed impact factors for the radiation dose[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(3): 3358-3359.
- [5] 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 JY, Hu YX, Luo YQ, 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.
- [6] 郭飞宝, 陈金梅, 洪金省, 等. 放射治疗中碳纤维头颈肩剂量影响研究[J]. 黑龙江医药, 2010, 23(3): 377-379.  
Guo FB, Chen JM, Hong JS, et al. Dosimetric impact of polycarbonate board for head, neck & shoulder patient positioning in radiotherapy[J]. Heilongjiang Medicine Journal, 2010, 23(3): 377-379.
- [7] 盛延兴, 隋振忠, 郑芳霞, 等. 立体定向放疗床、头架、真空袋对吸收剂量的影响[J]. 现代肿瘤医学, 2004, 12(3): 184.  
Sheng YX, Sui ZZ, Zheng FX, et al. Effect for absorb dose of treatment couch, head bracket, vacuum bag in 3D-radiotherapy[J]. Journal of Modern Oncology, 2004, 12(3): 184.
- [8] International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of absorbed dose in a patient irradiated by beams of X or gamma rays in radiotherapy procedures[R]. ICRU Report 24. Washington (DC), 1976: 5.
- [9] Oldham M, Létourneau D, Watt L, et al. Cone-beam-CT guided radiation therapy: A model for on-line application[J]. Radiother Oncol, 2005, 75(3): 271-278.
- [10] 单国平, 严师英, 狄小云. 加速器有机玻璃床面及附加真空垫对皮肤剂量的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2002, 11(1): 54.  
Shan GP, Yan SY, Di XY. Influence of the plexiglass couch and vacuum bag on the absorbed dose[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2002, 11(1): 54.
- [11] Ploquin N, Rangel A, Dunscombe P. Phantom evaluation of a commercially available three modality image guided radiation therapy system[J]. Med Phys, 2008, 35(11): 5303-5311.
- [12] 张初旭, 贺秋冬, 杨立, 等. 真空袋对肿瘤吸收剂量的影响[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2006, 3(3): 54-59.  
Zhang CX, He QD, Yang L, et al. Influence of the vacuum bag on the absorbed dose[J]. Journal of Hunan Normal University (Medical Sciences), 2006, 3(3): 54-59.