

## 全身集成定位架对放疗靶区吸收剂量的影响

洪君,单鹤声,周玉凤

解放军第82医院放疗科,江苏 淮安 223001

**【摘要】目的:**研究YC-TQ-II型全身集成定位架对放疗靶区吸收剂量的影响。**方法:**将尺寸为30 cm×30 cm×15 cm的固体水模体固定在全身集成定位架体部中心轴上进行CT扫描后,将CT图像导入XiO TPS并勾画出固体水模体、靶区及全身集成定位架结构,之后以电离室为中心,机架角度从0°开始每隔一定角度添加一个10 cm×10 cm、100 MU不同能量射线的照射野。考虑到高密度材料的大小对机架角度的影响,在以下机架角度范围内每隔1°测一个值(61°~79°、101°~119°、241°~259°、281°~299°);在其他机架角度范围内每隔10°测一个值(0°~60°、80°~100°、120°~240°、260°~280°、300°~350°)。根据对称性计算出高能X射线穿过全身集成定位架的衰减率,随后在医用直线加速器上用UNDOSE剂量仪进行同等条件下的测量来验证XiO TPS计算的准确性,最后在XiO TPS上对比有无全身集成定位架的三维适形放疗计划靶区吸收剂量变化情况。**结果:**全身集成定位架对高能X射线的最大衰减率为:13.0%(6 MV)、11.4%(15 MV),并且XiO TPS计算值与实际测量值符合得很好,最大偏差0.6%(15 MV);添加全身集成定位架后靶区的 $D_{95\%}$ 由6 000 cGy变化为5 304 cGy(6 MV)、5 484 cGy(15 MV);放疗计划靶区的均匀性指数分别由0.091(6 MV)、0.104(15 MV)变化为0.195(6 MV)、0.175(15 MV);靠近体架端靶区的6 000 cGy、5 500 cGy等剂量线明显上移,且6 MV比15 MV严重。**结论:**YC-TQ-II型全身集成定位架中的高密度材料可显著降低放疗靶区的吸收剂量,需要考虑其对高能X射线的衰减率并加以修正。

**【关键词】**集成定位架;放射治疗;衰减率;吸收剂量

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2018)07-0785-05

## Effects of systemic integrated orientation frame on absorbed dose of target areas in radiotherapy

HONG Jun, SHAN Husheng, ZHOU Yufeng

Department of Radiotherapy, the 82nd Hospital of the PLA, Huai'an 223001, China

**Abstract: Objective** To discuss the effects of YC-TQ-II systemic integrated orientation frame on the absorbed dose of target areas in radiotherapy. **Methods** A solid water phantom of 30 cm×30 cm×15 cm was fixed on the body center axis of systemic integrated orientation frame for CT scanning. Then the obtained CT images were imported into XiO TPS, and the solid water phantom, target areas and the structure of systemic integrated orientation frame were sketched. A 10 cm×10 cm and 100 MU radiation field with different energies at the center of ionization chamber was added at regular angles, which starting at 0°. Considering the effects of the size of high-density material on the angle, a value was measured at every 1° in the following angle ranges, namely 61°-79°, 101°-119°, 241°-259°, 281°-299°, and a value was measured at every 10° in other angle ranges (0°-60°, 80°-100°, 120°-240°, 260°-280°, 300°-350°). According to symmetry, the attenuation rate was calculated when high-energy X-ray went through systemic integrated orientation frame. Then the accuracy of XiO TPS was verified by the measurement of UNDOSE dosimeter under the same conditions on medical linear accelerator. Finally, the changes of absorbed dose in three-dimensional conformal radiotherapy were analyzed on XiO TPS with or without systemic integrated orientation frame. **Results** The maximum attenuation rate of high-energy X-ray caused by systemic integrated orientation frame were 13.0% (6 MV), 11.4% (15 MV), and the calculated output of XiO TPS was in good agreement with measured value, with a maximum deviation of 0.6% (15 MV). After adding systemic integrated orientation frame, the  $D_{95\%}$  of target areas decreased from 6 000 cGy to 5 304 cGy (6 MV), 5 484 cGy (15 MV). The homogeneity index of target areas increased from 0.091 (6 MV), 0.104 (15 MV) to 0.195 (6 MV), 0.175 (15 MV). The isodoses lined of 6 000, 5 500 cGy of target areas closing to body frame were shifted up obviously, and the shift of 6 MV was more obviously than that of 15 MV. **Conclusion** The high-density material of YC-TQ-II systemic integrated orientation frame can significantly

**【收稿日期】**2018-01-17

**【作者简介】**洪君,硕士,助理研究员,研究方向:医学物理,E-mail: 455190466@qq.com

**【通信作者】**单鹤声,硕士,主治医师,研究方向:肿瘤放射治疗,E-mail: 195555886@qq.com

lower the absorbed dose of target areas in radiotherapy, and the attenuation rate of high-energy X-ray caused by the material must be considered and corrected.

Keywords: integrated orientation frame; radiotherapy; attenuation rate; absorbed dose

### 前言

目前,放疗设备的不断更新和先进技术的广泛应用,标志着放疗已经进入精确放疗时代<sup>[1-3]</sup>。精确放疗不仅仅要求医用直线加速器输出的绝对剂量精确<sup>[4-5]</sup>,更要保证达到病人病灶剂量的精确<sup>[6-7]</sup>。国内大部分医院为了定位和摆位的方便,在定位过程中都采用全身集成定位架(Systemic Integrated Orientation Frame, SIOF)来对病人进行位置固定,在放疗计划设计完成后将病人和定位床一同放入加速器治疗床上进行治疗过程中忽略定位床板的影响。虽然定位床板为碳纤维材料,但笔者工作中发现:(1)此床大部分为碳纤维,在床板边缘附近存在高密度材料,这样的材料会对高能X射线进行衰减从而导致病人靶区剂量的不足<sup>[8-12]</sup>; (2)由于X射线束的入射角度不同,穿透定位床板的厚度也不同,并且X射线穿透某材质的射线数和厚度成指数衰减,这样也会造成病人放疗靶区的剂量不足<sup>[13-14]</sup>。因此,为了让病人的靶区剂量更加准确,研究YC-TQ- II型全身集成定位架对放疗靶区吸收剂量的影响是十分必要的,现报告如下。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

解放军第82医院2014年1月投入使用的瑞典医科达SYNERGY型医用直线加速器一台,可输出6 MV和15 MV两档X射线;深圳市腾飞宇科技有限公司生产的YC-TQ- II型全身集成定位架;医科达XiO TPS;德国PTW公司的UNDOSE剂量仪、30013指型电离室(0.6CC)、WI3型固体水;水平仪、温度计、空盒气压表、钢板尺。

#### 1.2 测量方法

将WI3型固体水叠放成30 cm×30 cm×15 cm的固体水模体,并将30013指型电离室放置在固体水模体中心的圆孔里,将模体固定在YC-TQ- II型全身集成定位架体部中心轴上,进行CT扫描,将扫描得到的CT图像导入XiO TPS并勾画出固体水模体、靶区及全身集成定位架结构。以电离室为中心的等中心照射野,机架角度从0°开始每隔一定角度添加一个10 cm×10 cm、100 MU不同能量射线的照射野,考虑到高密度材料的大小对机架角度的影响,在以下机

架角度范围内每隔1°测一个值(61°~79°、101°~119°、241°~259°、281°~299°);在其他机架角度范围内每隔10°测一个值(0°~60°、80°~100°、120°~240°、260°~280°、300°~350°)。根据对称性分别计算6 MV和15 MV的X射线穿过YC-TQ- II型全身集成定位架的衰减率( $f$ ),  $f = [(D_{无} - D_{有}) / D_0 \times 100\%]$ <sup>[15]</sup>,其中 $D_{无}$ 为无全身集成定位架时电离室体积腔内计算出的平均剂量数值, $D_{有}$ 为有全身集成定位架时电离室体积腔内计算出的平均剂量数值, $D_0$ 为0°照射野时电离室体积腔内计算出的平均剂量数值。

随后在医用直线加速器上用UNDOSE剂量仪进行同等条件下的测量(注意全身集成定位架的测量部分要悬空,排除医用直线加速器治疗床的干扰)来验证全身集成定位架勾画和XiO TPS计算的准确性,每个射野重复测量3次后取平均值,测量结果保留3位有效数字。最后在XiO TPS上无全身集成定位架的靶区进行不同能量的固定射野角度(0°、110°、250°)及权重配比(1:0.8:0.8),放疗处方为6 000 cGy的三维适形计划设计,将无全身集成定位架计划中每个射野角度及跳数移植到添加全身集成定位架的固体水模体上进行重新计算,并对比两个计划的DVH(剂量体积直方图)和等中心等剂量曲线的变化。

### 2 结果与分析

结合图1和图2可以看出,高能X射线的衰减率随着高能X射线穿过全身集成定位架厚度的增加而增大,在图2中可见曲线最大梯度线与曲线的交点处的衰减率陡增,说明高密度材料加大了对X射线的衰减,此处对应的机架角度范围分别为:107°~114°、246°~252°,并在此机架角度范围内随着穿过高密度材料厚度的增加,衰减率也在增加,在111°和249°时衰减率增到最大,并且图中XiO TPS计算值与实际测量测符合得很好,最大偏差为0.6%(15 MV),这里没有排除勾画床板及外轮廓大小的误差和测量时带来的随机摆位误差<sup>[16-17]</sup>。实际测量最大衰减率分别为:13.0%(6 MV)、11.4%(15 MV),可见高密度材料对高能X射线衰减影响很大。

由于UNDOSE剂量仪实际测量只是点剂量值的变化情况,图2中高密度材料影响的机架角度范围也只能对应中心射野宽度接近0 cm时的影响,对于具有一定

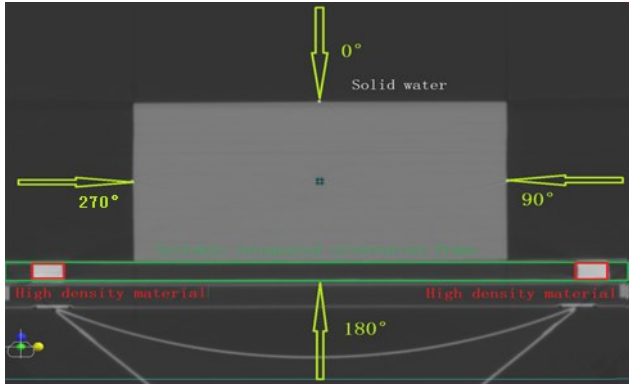


图1 全身集成定位架及固体水模体的剖面图  
Fig.1 Cross-section of systemic integrated orientation frame (SIOF) and solid water phantom

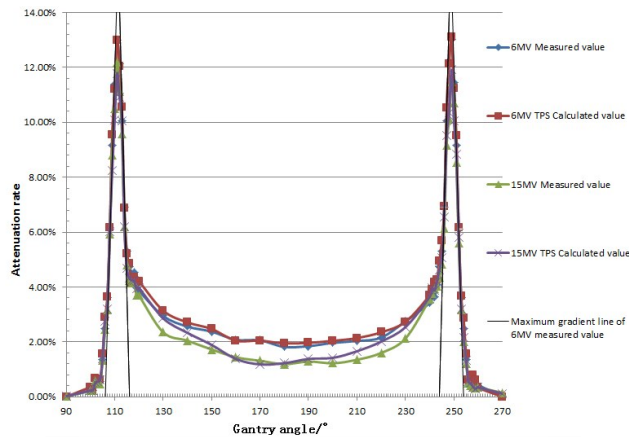


图2 全身集成定位架对高能X射线的衰减率随机架角度的变化  
Fig.2 Gantry angle-dependent changes of attenuation rate of high-energy X-ray caused by SIOF

宽度的射野,高密度材料影响机架角度的范围为:

$$111^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}c < \theta < 111^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}d$$

$249^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}c < \theta < 249^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}d$  (中心射野);

$$111^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}c < \theta < 111^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}d$$

$249^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}c < \theta < 249^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} + \cos^{-1}d$  (偏心射野且偏向左手方向);

$$111^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}c < \theta < 111^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}d$$

$249^\circ - \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}c < \theta < 249^\circ + \tan^{-1}\frac{a}{b} - \cos^{-1}d$  (偏心射野且偏向右手方向)。

其中,  $a$  为垂直射野中心轴方向高密度材料的最大宽度,  $b$  为等中心到  $a$  垂直距离,  $c$  为

$$100 - \frac{100^2}{\sqrt{100^2 + X^2}} + \frac{100}{\sqrt{100^2 + X^2}} \sqrt{\frac{100^4}{100^2 + X^2} - 100^2 + a^2 + b^2}$$

$d$  为

$$\frac{100 - \frac{100^2}{\sqrt{100^2 + Y^2}} + \frac{100}{\sqrt{100^2 + Y^2}} \sqrt{\frac{100^4}{100^2 + Y^2} - 100^2 + a^2 + b^2}}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

, 其中

$X, Y$  分别为在机架角度为  $0^\circ$  时, 人面对加速器枪的右、左手方向多叶光栅在等中心处距离中心轴的开野大小, 单位为  $\text{cm}$ 。

有无全身集成定位架三维适形计划的 DVH 如图 3 所示, 添加全身集成定位架后  $D_{95\%}$  (95% 的靶区体积达到的剂量值) 由 6 000 cGy 变化为 5 304 cGy (6 MV) 和 5 484 cGy (15 MV); 6 MV 放疗计划靶区的均匀性指数 (HI) 由 0.091 变化到 0.195, 15 MV 放疗计划靶区的 HI 由 0.104 变化到 0.175。由此可以看出全身集成定位架的高密度区对靶区的吸收剂量有着很大的影响, 致使靶区分次剂量降低、剂量分布不均匀, 从而大大降低治疗的效果。

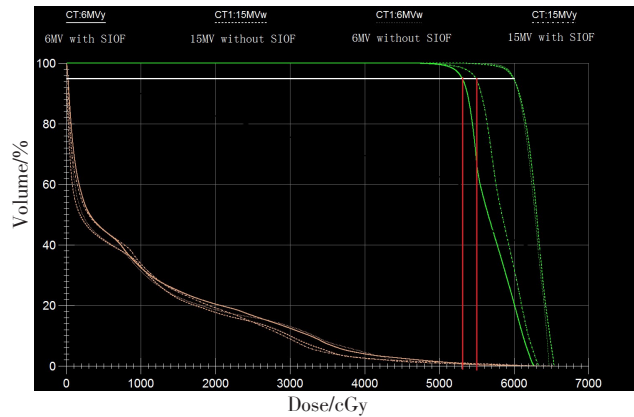
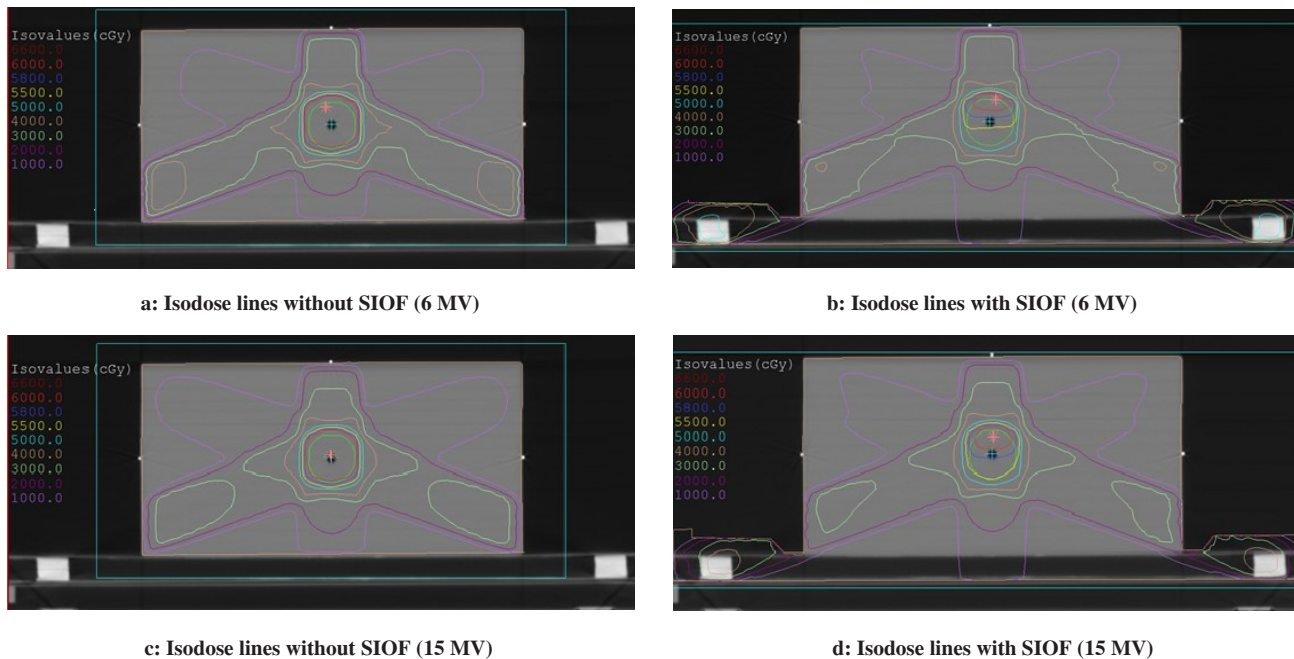


图3 有无全身集成定位架后各档能量放疗计划设计的 DVH 变化  
Fig.3 Dose-volume histogram changes of radiotherapy plan (6 MV or 15 MV) with or without SIOF

有无全身集成定位架三维适形放疗计划等中心的等剂量曲线图如图 4 所示, 从图中可以看到有全身集成定位架的靠近床板端靶区 6 000、5 500 cGy 等剂量线与无全身集成定位架时相比明显上移, 且 6 MV 比 15 MV 上移幅度更大。部分剂量沉积在高密度材料上, 放疗靶区剂量欠量主要集中在被高密度材料遮挡部分。对于高密度材料引起靶区欠量的部位需要引入射野机架角度修正因子给予修正, 但因 XiO TPS 没有射野机架角度修正功能, 并且 XiO TPS 计算值与实际测量测符合得很好, 最大偏差为 0.6%, 因此可采用将全身集成定位架一并加入计划计算的方法来给予修正, 通过 XiO TPS 显示欠量结果, 并在相关机架角度给予布野修正, 直观方便。

### 3 讨论与结论

笔者使用 30 cm×30 cm×15 cm 的 W13 型固体水模



a: Isodose lines without SIOF (6 MV)

b: Isodose lines with SIOF (6 MV)

c: Isodose lines without SIOF (15 MV)

d: Isodose lines with SIOF (15 MV)

图4 有无全身集成定位架放疗靶区在等中心处等剂量线的变化

Fig.4 Changes of isodose lines at isocenter in radiotherapy plan with or without SIOF

体时, YC-TQ- II 型全身集成定位架对高能 X 射线的衰减率较大的机架角度是 111°和 249°。当模体厚度改变时, 根据几何关系可以推断出最大衰减率对应的机架角度也是变化的。对未修正 6 MV 或 15 MV 的高能 X 射线对靶区进行 6 000 cGy 的放疗处方剂量时, 靶区  $D_{95\%}$  均大大降低, HI 变差, 并且从 6 000、5 500 cGy 的等剂量线变化可以看出, 放疗靶区吸收剂量欠量的地方主要是射野被高密度材料遮挡的部位, 从而达不到有效的治疗效果。因此, YC-TQ- II 型全身集成定位架中的高密度材料可显著降低放疗靶区的吸收剂量, 需要考虑其对高能 X 射线的衰减率并加以修正。对于有射野角度修正功能的计划系统, 需要测量出等中心距离全身集成定位架表面不同高度、不同机架角度的衰减率, 并加以修正, 该方法对简单的二维、三维治疗计划很容易实施, 但对目前复杂的静态 IMRT、VMAT 模式无法实现<sup>[18-21]</sup>。对于没有修正功能的计划系统需在计划设计时使射野避开全身集成定位架的高密度区域, 这样对计划设计来说无疑增加了困难。笔者通过对模体的实际测量和 XiO TPS 的计算进行对比, XiO TPS 可以很准确地计算有全身集成定位架时靶区吸收剂量的值, 因此可将全身集成定位架添加到计算区内计算来修正高密度材料带来的影响, 该方法也可应用到静态 IMRT、VMAT 模式。

【参考文献】

[1] LOW D A, MOREOE D, CHOW P, et al. Does the  $\gamma$  dose distribution comparison technique default to the distance to agreement test in

clinical dose distributions?[J]. Med Phys, 2013, 40(7): 071722. DOI: 10.1118/1.4811141.

[2] CLEMENTE S, WU B, SANGUINETI G, et al. SmartArc-based volumetric modulated arc therapy for oropharyngeal cancer: a dosimetric comparison with both intensity-modulated radiation therapy and helical tomotherapy [ J ] . Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 80(4): 1248-1255.

[3] KRY S F, SMITH S A, WEATHERS R, et al. Skin dose during radiotherapy: a summary and general estimation technique[J]. J Appl Clin Med Phys, 2012, 13(3): 20-34.

[4] 刘卓伦, 张艺宝, 岳海振, 等. 医用直线加速器中心轴绝对剂量输出长期稳定性对比分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2016, 33(1): 1-5. LIU Z L, ZHANG Y B, YUE H Z, et al. Comparative analysis on long-term stability of absolute dose output at central axis of medical linear accelerators[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2016, 33(1): 1-5.

[5] CHAN M F, LI Q, TANG X, et al. Visual analysis of the daily QA results of photon and electron beams of a trilogy linac over a five-year period[J]. Int J Med Phys Clin Eng Radiat Oncol, 2015, 4(4): 290-299.

[6] VERBAKEL W F, CUIJPERS J P, HOFFMANS D, et al. Volumetric intensity-modulated arc therapy vs. conventional IMRT in head-and-neck cancer: a comparative planning and dosimetric study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 74(1): 252-259.

[7] SYAMKUMAR S A, PADMANABHAN S, SUKUMAR P, et al. Characterization of responses of-2D array seven 29 detector and its combined use with octavius phantom for the patient-specific quality assurance in RapidArc treatment delivery[J]. Med Dosim, 2012, 37(1): 53-60.

[8] 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, 40(4): 304-313.

[9] 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): 3471.

- [10] SMITH D W, CHRISTOPHIDES D, DEAN C, et al. Dosimetric characterization of the iBEAMevo carbon fiber couch for radiotherapy [J]. *Med Phys*, 2010, 37(7): 3595-3606.
- [11] ALI A S, DIRKX M L, BREUERS M G, et al. Inclusion of the treatment couch in portal dose image prediction for high precision EPID dosimetry[J]. *Med Phys*, 2011, 38(1): 377-381.
- [12] GERIG L H, NIEBALA M, NYIRI B J. Dose perturbations by two carbon fiber treatment couches and the ability of a commercial treatment planning system to predict these effects[J]. *Med Phys*, 2010, 37(1): 322-328.
- [13] 叶逢松, 吴魁, 吴爱菊. 瓦里安 IGRT 治疗床对调强放疗剂量的影响 [J]. *中国医学物理学杂志*, 2016, 33(4): 430-432.  
YE P S, WU K, WU A J, et al. Dosimetric impact of Varian IGRT treatment couch on intensity-modulated radiotherapy [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2016, 33(4): 430-432.
- [14] OLCHEA 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): 061501.
- [15] 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 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.
- [16] 符贵山, 程斌, 覃仕瑞, 等. 放疗患者摆位误差与治疗床位置误差相关性分析 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2016, 25(3): 266-269.  
FU G S, CHENG B, QIN S R, et al. Analyzing of correlation between the setup error and the couch position in radiotherapy [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2016, 25(3): 266-269.
- [17] 张建宇, 丁涤非, 周玉凤, 等. 基于 XVI 技术对食管胸中段癌放疗摆位误差的分析 [J]. *徐州医学院学报*, 2016, 36(8): 520-522.  
ZHANG J Y, DING D F, ZHOU Y F, et al. Analysis on the positioning errors of mid-thoracic esophageal carcinoma radiotherapy using XVI [J]. *Acta Academiae Medicinae Xuzhou*, 2016, 36(8): 520-522.
- [18] 丛也彤, 陈大伟, 白岚, 等. 乳腺癌术后胸壁电子线放射治疗的剂量分布 [J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2006, 32(5): 832-834.  
CONG Y T, CHEN D W, BAI L, et al. Dose distribution of chest wall electron beam radiotherapy for patients with breast cancer after radical mastectomy [J]. *Journal of Jilin University (Medicine Edition)*, 2006, 32(5): 832-834.
- [19] 张若辉, 迟子锋, 白文文, 等. Monaco TPS 中两种治疗床模型比较 [J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2016, 25(6): 618-621.  
ZHANG R H, CHI Z F, BAI W W, et al. Comparison of two treatment couch model in Monaco treatment planning system [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2016, 25(6): 618-621.
- [20] 倪千喜, WONG P F, 张九堂. 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 [J]. *中国医学物理学杂志*, 2016, 33(11): 1116-1120.  
NI Q X, WONG P F, ZHANG J T. Dose attenuation in intensity modulated radiotherapy and volumetric modulated arc therapy with different treatment couches [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2016, 33(11): 1116-1120.
- [21] PULLIAM K B, HOWELL R M, DAVID F, et al. The clinical impact of the couch top and rails on IMRT and arc therapy [J]. *Phys Med Biol*, 2015, 56(23): 7435-7447.

(编辑:黄开颜)