

非晶硅电子射野影像装置在宫颈癌剂量验证中的应用

黎旦¹, 宾石珍², 程品晶¹, 单冬勇², 成树林², 张俊俊²

1. 南华大学核科学技术学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 中南大学湘雅三医院, 湖南 长沙 410013

【摘要】目的:非晶硅电子射野影像装置(a-Si EPID)分别与 Arc CHECK 和二维电离室矩阵(PTW729)两种验证技术在宫颈癌剂量验证中的应用比较。**方法:**随机选取40例宫颈癌容积旋转调强技术(VMAT)和调强放射治疗技术(IMRT)病例。在相应的模体上分别设计出验证计划,将验证计划分为 VMAT 和 IMRT 两组,利用 a-Si EPID 和 Arc CHECK 验证 VMAT 计划, a-Si EPID 和 PTW729 验证 IMRT 计划,在 UNIQUE 加速器上进行验证。采用 γ 分析方法(3%, 3 mm, 10%标准),比较两组验证计划的相对剂量与绝对剂量通过率和 X、Y 方向的 profile。**结果:**VMAT 组:Arc CHECK 的绝对剂量通过率为(97.73 \pm 1.98)%,相对剂量通过率为(96.96 \pm 2.34)%;a-Si EPID 的绝对剂量通过率为(97.58 \pm 1.88)%,相对剂量通过率为(98.13 \pm 1.47)%。IMRT 组:PTW729 的绝对剂量通过率为(98.48 \pm 1.89)%,相对剂量通过率为(97.32 \pm 1.56)%;a-Si EPID 的绝对剂量通过率为(98.74 \pm 1.77)%,相对剂量通过率为(97.98 \pm 1.65)%。同时两组 X、Y 方向的 profile 理论与实测很相近,理论剂量分布图与实测计算剂量分布图在高低剂量点分布上重合度较高。**结论:**3种验证技术的结果在剂量学上没有明显差异,但 a-Si EPID 具有成像分辨率高、图像处理快捷、使用方便等优点。

【关键词】非晶硅电子射野影像系统;宫颈癌;容积旋转调强;调强放射治疗;剂量验证

【中图分类号】R73

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)03-0230-05

Dose verification of cervical cancer using a-Si EPID

LI Dan¹, BIN Shizhen², CHENG Pinjing¹, SHAN Dongyong², CHENG Shulin², ZHANG Junjun²

1. School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang 421001, China; 2. Third Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410013, China

Abstract: Objective To compare the application of amorphous silicon electronic portal imaging device (a-Si EPID) and Arc CHECK, two-dimensional ionization chamber (PTW729) in the dose verification of cervical cancer. **Methods** The volumetric modulated arc therapy (VMAT) plans and intensity-modulated radiotherapy (IMRT) plans in 40 patients with cervical cancer were randomly selected. The verifiable plans were designed on corresponding phantoms, and were divided into VMAT group and IMRT groups. The a-Si EPID and Arc CHECK were used to verify VMAT plan, while a-Si EPID and PTW729 were used to verify IMRT plan. The verifications were performed on UNIQUE accelerator. The Gamma method (3%, 3 mm, 10% criterion) was adopted to compare the passing rate of relative dose and absolute dose, and the profile of X and Y directions between the different verification methods. **Results** In VMAT group, the passing rates of absolute dose and relative dose of Arc CHECK were (97.73 \pm 1.98)% and (96.96 \pm 2.34)%, respectively, while those of a-Si EPID were (97.58 \pm 1.88)% and (98.13 \pm 1.47)%, respectively. In IMRT group, the passing rate of absolute dose and relative dose of PTW729 were (98.48 \pm 1.89)% and (97.32 \pm 1.56)%, respectively, while those of a-Si EPID were (98.74 \pm 1.77)% and (97.98 \pm 1.65)%. The calculated profile of X and Y direction was coincided with the actual one. The measured and calculated dose distribution had a high degree of coincidence at the distribution of high and low dose points. **Conclusion** No significant differences were found among Arc CHECK, PTW729 and a-Si EPID, but a-Si EPID has the advantages of higher resolution, more efficient image processing and convenience.

Keywords: amorphous silicon electronic portal imaging device; cervical cancer; volumetric modulated arc therapy; intensity-modulated radiotherapy; dosimetric verification

【收稿日期】2016-09-23

【基金项目】中南大学医疗新技术项目(201513)

【作者简介】黎旦, 硕士研究生, 研究方向:放射治疗剂量, E-mail: 380727608@qq.com

【通信作者】宾石珍, 硕士, 主管技师, 研究方向:放射治疗技术, E-mail: binshizhen@aliyun.com

前言

目前放射治疗宫颈癌的基本技术为:调强放射治疗技术(IMRT)和容积旋转调强技术(VMAT)。IMRT具有高剂量等剂量线面与靶区在三维空间上形状一致,而靶区边缘剂量梯度大的特点,能够很好地遵循放疗的四大原则,但其治疗方式复杂,增加了治疗过程中错误的几率,由于其高度适形的剂量学特点,错误的发生将严重影响治疗效果,使肿瘤控制率下降,正常组织并发症几率上升^[1]。VMAT是一种精准复杂的治疗技术,在计划执行的过程中,叶片的形状、剂量率和机架旋转速度等均在不断变化^[2]。在相同的条件下VMAT技术的靶区剂量适形度与静态调强无明显差异^[3]。由于VMAT技术在治疗过程中加速器的大机架、准直器、多叶光栅都在不停运动,那么其对剂量验证的要求就达到了前所未有的新高度^[4]。所以IMRT和VMAT的质量保证和质量控制是一个急需解决的问题,确保放射治疗的精确极其重要。目前应用于这两种技术的验证工具种类较多,但大多数为第三方验证工具,验证步骤较为繁琐,价格也较为昂贵。而非晶硅电子射野影像系统(amorphous Silicon Electronic Portal Imaging Device, a-Si EPID)在放射治疗中应用十分广泛,其具有成像分辨率高、采集数据快、图像便于处理、使用方便等优点,因此现在越来越多人将其应用在剂量验证上,然而利用a-Si EPID对宫颈癌VMAT和IMRT计划剂量验证却鲜有报道,因此本研究将采用a-Si EPID对宫颈癌VMAT和IMRT计划进行验证,并分别比较两者的验证效果,探讨a-Si EPID在宫颈癌剂量验证中的可行性。

1 材料与方法

1.1 CT图像

本研究随机选取2015~2016年中南大学湘雅三医院放疗中心40例宫颈癌病人定位CT影像,中位年龄48.5岁,病理分期均为为中晚期,其中T2期5例,T3期28例,T4期7例。患者取仰卧位,用热塑型盆模固定,进行CT扫描(扫描层厚1 mm),将扫描获得的CT图像上传至Eclipse治疗计划系统(版本11.0)。

1.2 设备材料

UNIQUE加速器(Varian公司),配套Eclipse治疗计划系统和portal dosimetry剂量验证数据分析软件,美国Sun Nuclear公司Arc CHECK(软件版本6.2),德国PTW-Freiburg公司的T10018型Seven29TM二维电离室矩阵。

1.3 设备仪器校准

为了排除因机器参数的变化而影响最终比较结果,在进行数据采集之前,先对加速器进行机械和几何参数检测与校准。保证a-Si EPID、PTW和Arc CHECK的数据采集在相同条件下进行,

Arc CHECK在收集数据之前须经过本底校准、矩阵校准和绝对吸收剂量校准。PTW在收集数据之前需在应用前对其中心电离室进行交叉刻度^[5]。

1.4 验证方法

选取已经完成计划设计的40例宫颈癌病例,创建相应的验证计划,将验证计划传输至网络系统,在加速器上执行验证计划。

(1)VMAT计划验证:Arc CHECK模体置于加速器治疗床上,激光十字线对准模体中心,在加速器QA模式下,按验证计划出束。同时将验证计划从Eclipse系统中导出,导入到Arc CHECK分析软件中,采用 γ 分析方法(3%,3 mm,10%标准)分析实际测量到的结果。a-Si EPID采集数据时,只需将治疗床和一体板按验证计划中数值设定到位,按验证计划出束即可。采集到的数据会被自动上传到Eclipse系统并保存至portal dosimetry软件中,最后利用portal dosimetry软件对收集的数据进行分析,并与治疗计划系统的计算结果进行比对,分析的方法和阈值标准选择与Arc CHECK一致。

(2)IMRT计划验证:将PTW模体置于加速器治疗床上,激光十字线对准模体中心,源皮距设为100 cm,在加速器QA模式下,按验证计划出束。同时将验证计划从Eclipse系统中导出,导入到分析软件中,采用 γ 分析方法(3%,3 mm,10%标准)分析实际测量到的结果。a-Si EPID数据采集与之前一致。

1.5 统计学方法

所采集数据利用SPSS 19.0软件进行统计学分析,统计结果以均数 \pm 标准差表示,两种验证工具的相对剂量通过率和绝对剂量通过率比较采用配对 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 VMAT验证结果

图1和图2为其中一个病例在Arc CHECK模体中实测量剂量分布和计划系统理论计算的剂量分布。图3为该病例Arc CHECK计划系统理论计算和实测X方向profile。图4和图5为此病例a-Si EPID实测剂量分布和计划系统理论计算的剂量分布。图6为a-Si EPID的X方向的profile。

2.2 IMRT验证结果

图7和图8为此病例PTW实测剂量分布和计划

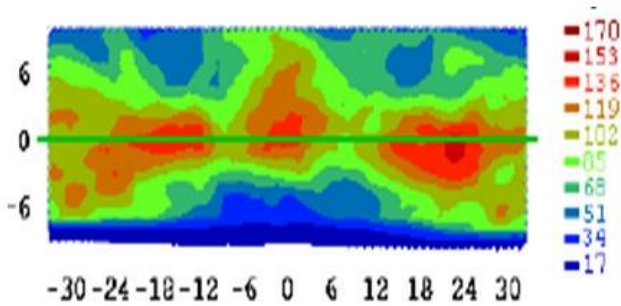


图1 Arc CHECK 实测剂量分布
Fig.1 Measured dose distribution of Arc CHECK

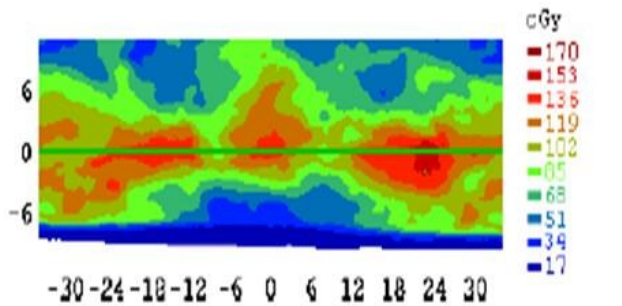


图2 Arc CHECK 理论计算剂量分布
Fig.2 Calculated doses distribution of Arc CHECK

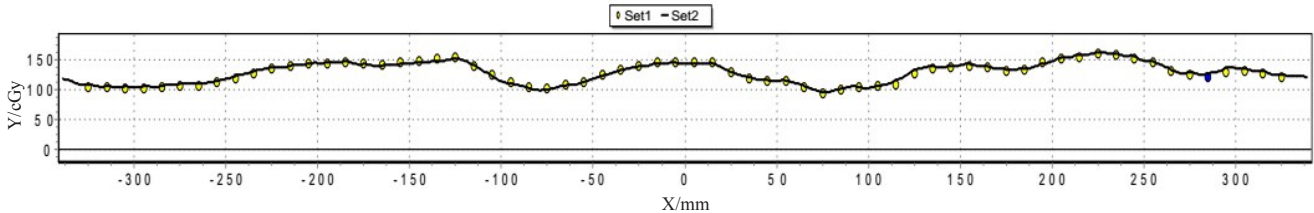


图3 Arc CHECK X方向profile(其中set1为实测曲线,set2为理论计算结果曲线)
Fig.3 Profile of Arc CHECK at X direction (Set1 was the measured Curve; Set2 was the calculated curve.)

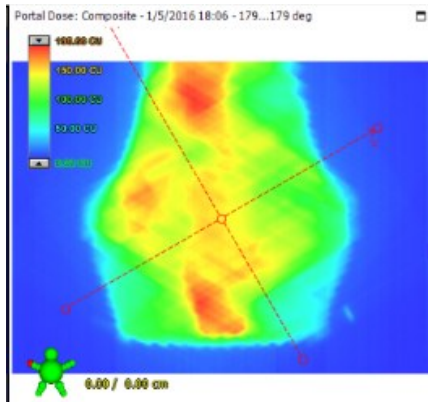


图4 a-Si EPID 实测剂量分布 (VMAT)
Fig.4 Measured doses distribution of a-Si EPID (VMAT)

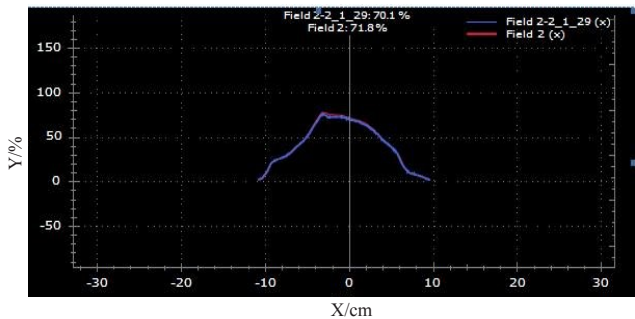


图6 a-Si EPID X方向profile (VMAT)
Fig.6 Profile of a-Si EPID at X direction (VMAT)

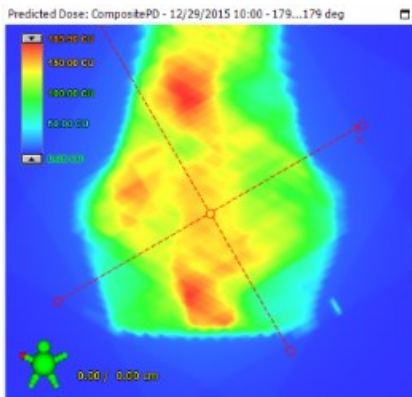


图5 a-Si EPID 理论计算剂量分布 (VMAT)
Fig.5 Calculated dose distribution of a-Si EPID (VMAT)

系统理论计算的剂量分布。图9为PTW的X方向的profile。图10和图11为此病例a-Si EPID实测剂量分布和计划系统理论计算的剂量分布。图12为a-Si EPID的X方向的profile。

2.3 a-Si EPID与Arc CHECK 验证结果的比较

a-Si EPID与Arc CHECK的绝对剂量通过率分别为 $(97.58 \pm 1.88)\%$ 和 $(97.73 \pm 1.98)\%$,相对剂量通过率分别为 $(98.13 \pm 1.47)\%$ 和 $(96.96 \pm 2.34)\%$,经配对t检验之后的t值为0.132,P值为0.179。

2.4 a-Si EPID与PTW 验证结果的比较

a-Si EPID与PTW729的绝对剂量通过率为 $(98.74 \pm 1.77)\%$ 和 $(98.48 \pm 1.89)\%$,相对剂量通过率为 $(97.98 \pm 1.65)\%$ 和 $(97.32 \pm 1.56)\%$,经配对t检验之后的t值为0.122,P值为0.167。

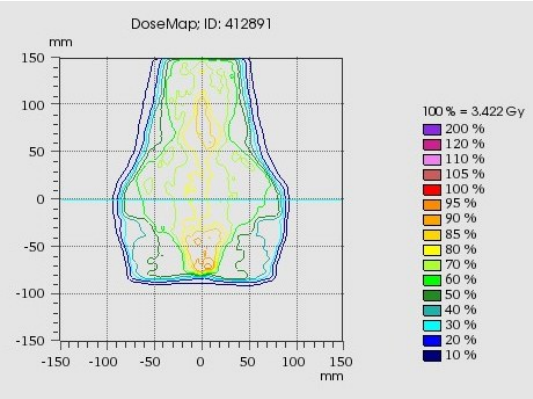


图 7 PTW 实测剂量分布
Fig.7 Measured dose distribution of PTW

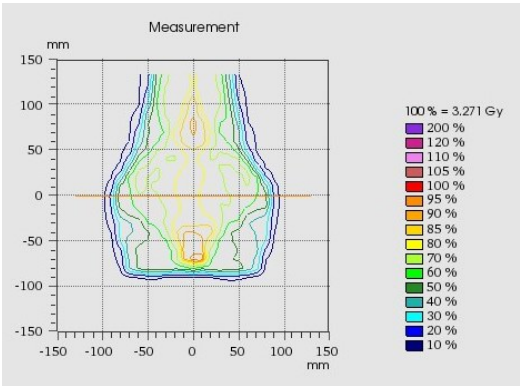
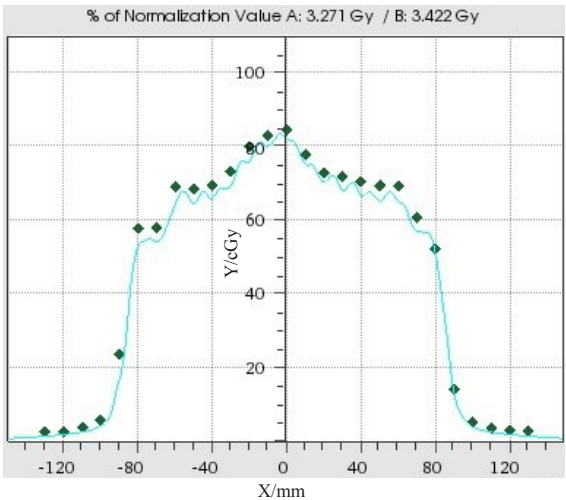


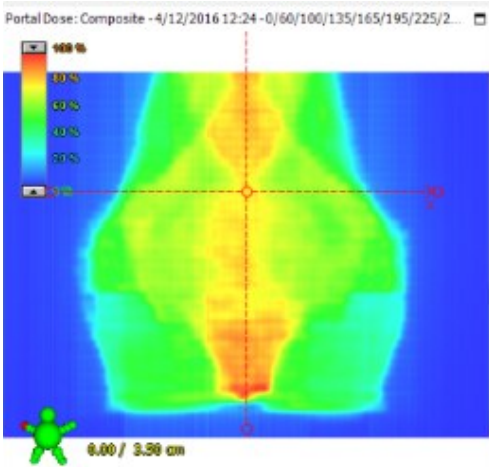
图 8 PTW 理论计算剂量分布
Fig.8 Calculated dose distribution of PTW



Rhombus was the measurement; solid line was the calculation.
图 9 PTW X 方向 profile
Fig.9 Profile of PTW at X direction

3 讨论

本研究选取的 40 例宫颈癌病例,用 a-Si EPID 分别对 IMRT 和 VMAT 的放射治疗计划进行验证,结果表明:在 IMRT 计划剂量验证中,a-Si EPID 和 PTW 两种验证技术的相对剂量通过率与绝对剂量通过率的



IMRT: Intensity-modulated radiotherapy
图 10 a-Si EPID 实测剂量分布 (IMRT)

Fig.10 Measured dose distribution of a-Si EPID (IMRT)

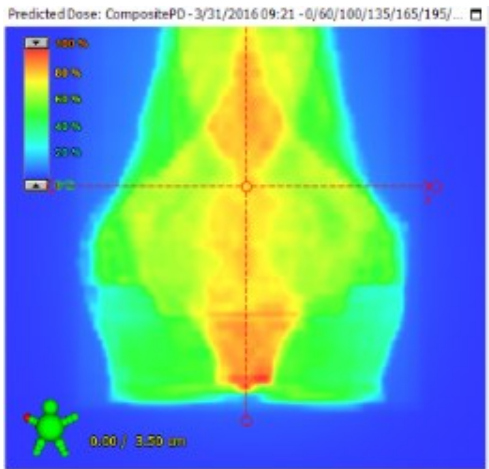
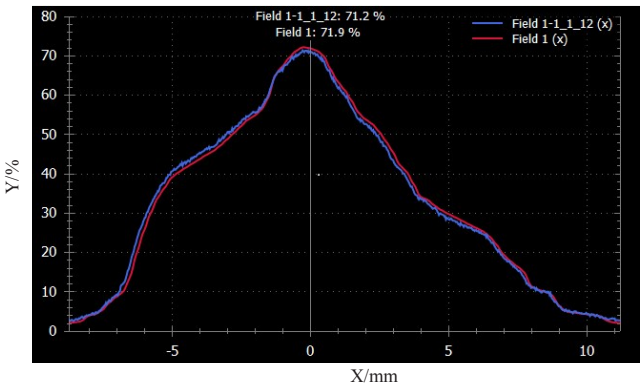


图 11 a-Si EPID 理论计算剂量分布 (IMRT)
Fig.11 Calculated dose distribution of a-Si EPID (IMRT)



Red was the measured curve; blue was calculated curve.
图 12 a-Si EPID X 方向 profile (IMAT)
Fig.12 Profile of a-Si EPID at X direction (IMAT)

平均值都在 95% 以上,且通过率高无明显差异;在 VMAT 计划剂量验证中,a-Si EPID 和 Arc CHECK 两种验证技术的相对剂量通过率与绝对剂量通过率的平均值也都在 95% 以上,通过率高无明显差异。

两组各自的实测剂量分布和计划系统理论计算剂量分布重合度较高,而且两者在X和Y方向上的profile实测结果与计划系统理论计算结果基本一致。说明a-Si EPID可以满足于验证宫颈癌VMAT和IMRT计划验证的需求。

目前将a-Si EPID用于剂量验证的尝试越来越多,特别是利用a-Si EPID的剂量验证^[6-8]。国外多个放疗单位利用a-Si EPID验证IMRT计划,采用 γ 分析(3%,3 mm,10%标准)方法得出了绝对剂量98.7%的通过率,认为在IMRT验证中a-Si EPID是一个有效和准确的验证工具^[9-10]。Kim等^[11]比较a-Si EPID与二维电离室在VMAT和IMRT中的验证效果,结果发现二者都适用于治疗前的剂量验证。窦文等^[12]利用a-Si EPID和Matrixx对调强计划进行剂量验证,结果表明两者都适用于调强计划的剂量验证并可以确保计划准确执行。但由于实验仪器和实验条件的限制,本研究也有不足之处,主要体现在:本研究所选剂量验证标准阈值均为10%,而不同阈值的选取对剂量验证通过率有一定影响,不能简单的基于剂量验证通过率的高低来判断验证设备的优劣。

总体而言,Arc CHECK和PTW是第三方验证软件,在QA过程中使用步骤比a-Si EPID多,同时Arc CHECK和PTW在使用过程中涉及到校准和模体的摆位,而a-Si EPID是加速自带的硬件,具有操作简单、使用方便、显示剂量即时等优点,可以更为便捷地进行VMAT剂量验证,甚至可以具体地验证每一个射野的通过率,从而有助放疗人员更为细致的分析问题,提高放射治疗效率。

【参考文献】

[1] HUSSEIN M, ROWSHANFARZAD P, EBERT M A, et al. A comparison of the gamma index analysis in various commercial IMRT/VMAT QA systems[J]. *Radiother Oncol*, 2013, 109(3): 370-376.

- [2] MANS A, REMEIJER P, OLACIREGUIRUIZ I, et al. 3D Dosimetric verification of volumetric-modulated arc therapy by portal dosimetry[J]. *Radiother Oncol*, 2010, 94(2): 181-187.
- [3] DOBLER B, WEIDNER K, KOELBL O, et al. Commissioning of volumetric modulated arc therapy (VMAT) in a dual-vendor environment[J]. *Radiat Oncol*, 2011, 99(1): 86-89.
- [4] BERTELSEN A, HANSEN C R, JOHANSEN J, et al. Single arc volumetric modulated arc therapy of head and neck cancer [J]. *Radiat Oncol*, 2010, 95(2): 142-148.
- [5] CHANDRARAJ V, STATHAKIS S, MANICKAM R, et al. Consistency and reproducibility of the VMAT plan delivery using three independent validation methods[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2010, 12(1): 129-140.
- [6] RAMMA U, KÖHNA J, DOMINGUEZ R R, et al. Feasibility study of patient positioning verification in electron beam radiotherapy with an electronic portal imaging device (EPID)[J]. *Phys Med*, 2014, 30(2): 215-220.
- [7] WOODRUFF H C, FUANGROD T, VAN U E, et al. First experience with real-time EPID-based delivery verification during IMRT and VMAT sessions[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2015, 93(3): 516-522.
- [8] FUANGROD T, ROWSHANFARZAD P, GREER P B, et al. A cine EPID based method for jaw detection and quality assurance for tracking jaw in IMRT/VMAT treatments[J]. *Phys Med*, 2015, 31(1): 16-24.
- [9] ROXBY K J, CROSBIE J C. Pre-treatment verification of intensity modulated radiation therapy plans using a commercial electronic portal dosimetry system[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2010, 33(1): 51-57.
- [10] BAWAZEER O, HERATH S, SARASANANDARAJAH S, et al. Electronic portal imaging device dosimetry for IMRT: a review on commercial available solutions [C]. *IFMBE Proceedings*, 2015, 51: 553-556.
- [11] KIM Y L, LEE J W, CHOI K S, et al. Comparison of the performance between portal dosimetry and a commercial two-dimensional array system on pretreatment quality assurance for volumetric-modulated arc and intensity-modulated radiation therapy [J]. *J Korean Phys Soc*, 2014, 64(8): 1207-1212.
- [12] 窦文, 钟青松, 樊剑, 等. 调强放射治疗射野和剂量的验证[J]. *中国医学物理学杂志*, 2012, 29(1): 3085-3087.
- DOU W, ZHONG Q S, GONG J, et al. Field sharp and dose verification of intensity modulated radiotherapy [J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2012, 29(1): 3085-3087.

(编辑:薛泽玲)