

Varian EPID 和 PTW Detector 729 在 容积旋转调强剂量验证中的比较分析

孟慧鹏 孙小喆 王 昊 孙劲松 郑爱青 梁克明

(武警后勤学院附属医院放疗中心 天津 300162)

摘要 对 Varian EPID 和 PTW Detector 729 在容积旋转调强剂量验证中的结果进行比较, 分析两种方法的通过率是否存在差异。选取 30 例不同部位的 RapidArc 计划分别生成两种验证计划, 一种为瓦里安 RapidArc 系统自带的 EPID 验证计划, 另一种为 PTW 电离室矩阵的验证计划, 以 3 mm 和 3% 标准进行 γ 通过率分析。两种方法 7 组验证结果的 γ 通过率(靶区内、有效探测面积内及靶区外扩 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm、50 mm) 行单因素 F 检验分析。结果发现靶区外扩 30 mm 区域内的 γ 通过率无统计学差异($F=0.395$, $p>0.05$), 其余 6 组结果均有统计学差异($p<0.05$)。两种剂量验证方式各有利弊, 对其结论进行比较分析可更全面保障调强放疗计划验证的准确性。

关键词 电子射野影像系统, 电离室矩阵, 容积调强

中图分类号 TL72

DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.050204

电离室矩阵和半导体矩阵因其方便快捷、设备可重复利用、数字化程度高等特点而被广泛使用, 成为近年来调强放疗剂量验证的主流方法^[1-5]。电子射野影像装置(Electronic portal imaging device, EPID)早期主要用于射野摆位验证, 近年来开始逐步用于调强放疗的剂量验证^[6-10]。笔者使用 Varian EPID 和 PTW Detector 729 对 30 例(包括头颈部、胸部、腹部各 10 例)患者的容积旋转调强放疗计划进行剂量验证, 分析两种方法的通过率是否存在差异, 讨论两种方法存在的差异在临床应用中的意义。

1 材料和方法

1.1 仪器设备

采用 Varian 公司 Eclipse 10.0 版本的计划系统用于计划设计; Varian 公司的 Clinac IX 直线加速器作为治疗机, 能量选择 6MV X-射线, 剂量率为 600 MU/min; Philips 公司的 CT 机用于采集定位数据; 随机选取 30 例在中心接受 RapidArc 治疗的患者, 起止日期为 2012 年 12 月至 2014 年 4 月, 包括头颈部、胸部、腹部各 10 例; PTW 公司的 0.6cc 指形电离室和 OCTAVIUS Detector 729 矩阵作为本研究

的校准及测量工具, PTW 公司的 5.1 版本 Verisoft 软件和瓦里安的 10.0 版本 Portal Dosimetry 系统作为本研究的 Gamma 指数分析软件; PTW 公司的八角模体和瓦里安(型号为: aS500-II) EPID 探测面板为本研究的验证模体; 固体水使用 MT-VW 红固体水, 密度为 1.03 g/cm³。

1.2 方法

1.2.1 计划生成及验证

将随机选取的 30 例已经做治疗的 RapidArc 计划分别生成 Portal Dosimetry 可用的 QA 计划和 PTW 电离室矩阵 QA 计划, 由于 EPID 生成的通量不能进行多野(弧)合成, 为便于比较, 本研究选取的病例均为单弧计划。为了保证验证的准确性, 测量前对加速器及验证设备进行相应的校准, 如: 用 PTW 0.6cc 指形电离室和固体水对加速器刻度及计算电离室矩阵的修正系数 Kuser (保证电离室矩阵在测试环境中放置超过半小时以上后, 对矩阵进行照射后计算得到), 同时测量前检测校准机器机械参数、剂量输出特性等, 确保机器性能稳定。第一种方法中所有的测量都是将二维矩阵置于 PTW 公司的八角模体中进行, 将结果保存为后缀名为

第一作者: 孟慧鹏, 男, 1981 年 10 月出生, 2011 年于南开大学获得硕士学位, 物理师、高级工程师, 主要从事肿瘤放射治疗物理学及网络相关的研究工作, E-mail: hongyi1218@163.com

收稿日期: 初稿 2015-06-03; 修回 2015-07-02

mcc 的文件供后续评估;第二种方法直接通过网络传输到控制电脑执行,瓦里安系统自动记录结果,并保存到服务器,同样在进行验证前对 EPID-Portal Dosimetry 系统进行了相应的校准以保证验证的准确性,比如对 EPID 进行本底修正、增益修正和坏点修正等^[6-7]。

1.2.2 实验的设计与评估方法

按照日常验证病人的方法,对 30 例 RapidArc 计划进行验证,两种方法的中心位置均放在等中心位置。即 PTW 八角模体放置在 SAD=100 cm 处,EPID 的位置为 0。用 3%和 3 mm 的标准对两种方法生成的结果进行 Gamma 指数分析。同样,为了保证验证的准确性,两种方法最终给出结果前均通过软件进行了必要的修正。设计 7 种比对条件,分别为靶区内、靶区外扩 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm、50 mm 的区域内、有效探测范围内(由于 PTW 的最大探测范围为 27 cm×27 cm,为了便于比较,EPID 的有效探测范围也只记录 27 cm×27 cm 范围内的情况),两种方法共计记录 7 组 γ 通过率数据。

1.2.3 统计学方法

用 SPSS17.0 软件计算得到均值、标准差等统计学参数,对两种方式验证结果行单因素 F 检验分析,

当 $p<0.05$ 时认为差异有统计学意义。

2 结果

两种方法的 γ 通过率折线图如图 1 所示。30 例病例 7 种比对条件的 γ 通过率结果列于表 1,可见所有的通过率基本均在 95%以上。单因素 F 检验的结果见表 2。

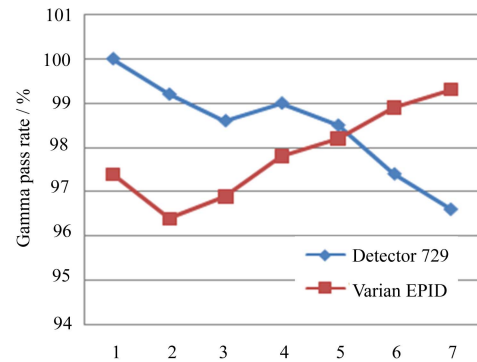


图 1 两种方法的 γ 通过率折线图
注:横坐标 1-7 分别代表靶区内、靶区外扩 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm、50 mm 以及有效探测面积内
Fig.1 Gamma pass rates line chart of two kinds of methods
Note: abscissa axis(1-7): inside the target, the target with expansions of 5 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm and 50 mm respectively and inside the effective detection area

表 1 两种方法的 γ 通过率
Table 1 Gamma pass rates of two kinds of methods

比对条件 Comparison conditions	γ 通过率 Gamma pass rates / %	
	Detector 729	Varian EPID
靶区内 Inside the target	100±0	97.4±1.2
靶区外扩 5 mm Target with expansions of 5 mm	99.2±0.7	96.4±1.7
靶区外扩 10 mm Target with expansions of 10 mm	98.6±1.3	96.9±1.3
靶区外扩 20 mm Target with expansions of 20 mm	99.0±0.6	97.8±0.9
靶区外扩 30 mm Target with expansions of 30 mm	98.5±0.9	98.2±0.8
靶区外扩 50 mm Target with expansions of 50 mm	97.4±2.4	98.9±0.4
有效探测面积内 Inside the effective detection area	96.6±2.6	99.3±0.5

表 2 F 检验结果
Table 2 Results of F -test

比对条件 Comparison conditions	F 值 F value	p 值 p value
靶区内 Inside the target	52.572	<0.001
靶区外扩 5 mm Target with expansions of 5 mm	29.646	<0.001
靶区外扩 10 mm Target with expansions of 10 mm	9.482	0.005
靶区外扩 20 mm Target with expansions of 20 mm	13.918	0.001
靶区外扩 30 mm Target with expansions of 30 mm	0.395	0.536
靶区外扩 50 mm Target with expansions of 50 mm	4.317	0.050
有效探测面积内 Inside the effective detection area	12.329	0.002

由图 1 可见,靶区外扩 30 mm 范围之内表现为 PTW Detector 729 矩阵的通过率高于 Varian EPID,靶区外扩 30 mm 范围两者的通过率趋于相同,靶区外扩 30 mm 范围之外(有效有效测量面积之内)表现为 Varian EPID 的通过率高于 PTW Detector 729 矩阵。由表 2 可见,7 种比对条件中除了靶区外扩

30 mm 组的 γ 通过率无统计学差异外,其余组的 γ 通过率均有统计学差异。典型的两种验证方法的验证结果见图 2。由图 2 可知,Varian EPID 的验证结果表现为剂量梯度变化较大的地方即靶区的边缘易产生不通过的点,而 Detector 729 的不通过的点主要集中在靶区外的低剂量区。

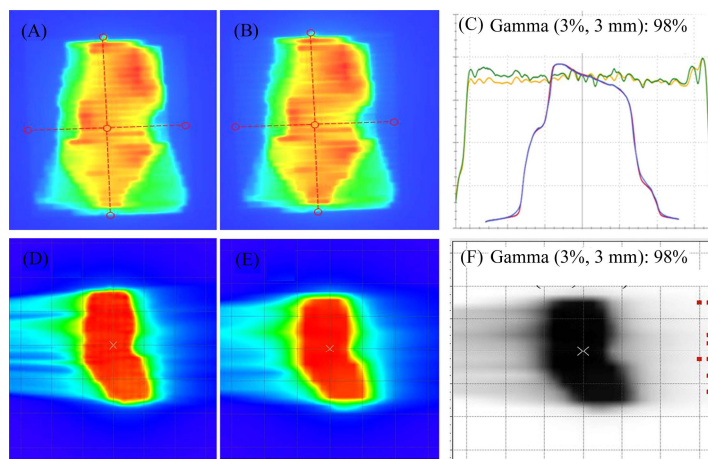


图 2 两种验证方法的结果示例

注:图 A、B 和 C 为 EPID-Portal Dosimetry 的验证结果,图 D、E 和 F 为 PTW Detector 729 的验证结果
Fig.2 Verification results of the two methods. Note: Figs. A, B, and C show verification results of EPID portal dosimetry, Figs. D, E, and F are verification results of PTW detector 729

3 讨论

探测面板型号为 aS500-II 的 Varian EPID 有效探测面积为 $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$,分辨率约为 0.78 mm ; PTW Detector 729 电离室矩阵有效探测面积 $27\text{ cm} \times 27\text{ cm}$,分辨率为 10 mm ,通过其特殊的 4 步合成测量可以达到 5 mm 的分辨率;电离室矩阵和半导体矩阵因其方便快捷、设备可重复利用、数字化程度高等特点而被广泛使用,成为近年来调强放疗的剂量验证的主流方法^[1-5],限于篇幅不再赘述;EPID 早期主要用于射野摆位验证,近年来开始逐步用于调强放疗的剂量验证^[6-10]。调强验证中采用不同的验证工具、评价方法和评价标准,相互之间没有可比性,本质上的通过率差异可以是这三者中任意的一种或几种组合因素所造成的^[11]。本研究不对两种验证方法做深入的比对,仅在临床实际应用的层面分析两种方法的 γ 通过率,讨论两种方法存在的差异在临床应用中的意义。

Fogliata 等^[12]证实了利用 EPID 验证 RapidArc 方法的可行性,朱金汉等^[7]用 EPID 进行了临床上的二维平面剂量验证,发现基于 EPID 建立的二维剂量重建模型能很好地用于调强放疗二维剂量验证

中,Steciwi 等^[13]用 EPID 的剂量分布推导出三维剂量,然后将该结果与 TPS 导出的剂量体积直方图作对比,Pejman 等^[8]将 EPID 用在了 VMAT 计划剂量验证中。而事实上只有知道 EPID 的剂量响应特性,在剂量验证中,射野图像转化为通量分布或射野剂量才是可行的,Kavuma^[14]对 Varian 所用的 EPID 进行剂量特性差异性研究,提示实际应用中需要对一些参数做必要的修正。本研究中的所有结果均通过软件进行了必要的修正,从而减少因剂量响应特性带入的误差。

从研究结果来看,两者的 γ 通过率结果均在 95% 以上符合临床要求,靶区内 Detector 729 得到的 γ 通过率均为 100%,即靶区内按照 3%、3 mm 的标准未检测到不通过验证的点,而 EPID 得到的 γ 通过率明显低于前者,但是并不代表 Detector 729 验证的结果优于 EPID 的,实际上造成 Detector 729 验证结果优于 EPID 的主要原因在于两者的分辨率差别,EPID 的分辨率比 Detector 729 的要高出一个数量级,也就是说,同样的体积内 EPID 分布的探测点数要远大于 Detector 729,由于 Detector 729 分辨率低,加上自身软件的处理,将未通过验证的比例降低了;同样在靶区外扩 30 mm 范围内也是由于上

述原因,使得在剂量梯度变化最大的靶区外到外扩30 mm 范围内,Detector 729 同样检测到了较少的未通过验证点;而在有效探测范围内(27 cm×27 cm),由于 Detector 729 软件的算法原因(使用 Local Dose 算法)使得靶区远端,即低剂量区出现了较多的不通过验证的点。以上现象提示常规计划的剂量验证两种方法均可使用,但是特殊的边界离敏感器官较近的计划验证,比如病灶在脊髓附近计划的剂量验证,EPID 的验证可信度更高。

实际使用中两者也是各有优缺点。EPID 方面,其优点首先是 EPID 测量简单方便、有效探测面积大、分辨率高且无探测器角度响应影响,因此,结合一定剂量重建模型可广泛用于调强放疗的剂量验证^[7],其次 EPID-Portal Dosimetry 系统移植验证计划时效率高,几乎可以实时完成计算,通量图会自动生成,并且基于瓦里安的封闭系统所有的结果包括各种参数都能够自动存储于服务器,避免了人为出错的几率,但是实际使用中其缺点也是显而易见的,首先其不能进行多野(弧)剂量合成,多野(弧)计划不能直接查看到叠加结果,并且验证中途由于任何原因造成验证中断(比如出现剂量学连锁等等),即便是单野(弧)计划也只能重新开始验证,非常不方便;其次,其实测的绝对剂量值精度也不如电离室矩阵的高;最后,EPID 的臂一般是可伸缩的,因此机械位置的修正也比电离室矩阵要频繁复杂。Detector 729 和 EPID 相比其优点主要体现在可以进行多野剂量合同、绝对剂量精度高、不需要特殊的机械位置校准等;缺点则主要是方便性稍差、有效探测面积小、分辨率低、有角度依赖性、移植验证计划计算时间长且需要额外导出通量图等。

总之,EPID 像 Detector 729 一样可以安全应用于调强放疗的剂量验证,两种剂量验证方式各有利弊,对其结论进行比较分析可更全面保障调强放疗计划验证的准确性。

参考文献

- 1 李成强,李光俊,冀传仙,等. ArcCHECK 半导体探头特性及在容积调强弧形治疗剂量验证应用研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2013, 22(3): 484-487. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.03.024.
- LI Chengqiang, LI Guangjun, JI Chuanxian, *et al.* The characteristics and clinical application of the ArcCHECK diode array for volumetric-modulated arc therapy verification [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology,

- 2013, 22(3): 484-487. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.03.024.
- 2 戴越,胡春红,李小东,等. MatriXX 两种调强放疗剂量验证方法的比较分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2013, 22(4): 312-314. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.04.014.
- DAI Yue, HU Chunhong, LI Xiaodong, *et al.* Analyse two kinds of intensity-modulated radiotherapy verification methods comparatively by using the MatriXX [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2013, 22(4): 312-314. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.04.014.
- 3 Fredh A, Scherman J B, Fog L S, *et al.* Patient QA systems for rotational radiation therapy: a comparative experimental study with intentional errors [J]. Medical Physics, 2013, 40(3): 1716-1721. DOI: 10.1118/1.4788645.
- 4 Hussein M, Adams E J, Jordan T J, *et al.* A critical evaluation of the PTW 2D-ARRAY seven29 and OCTAVIUS II phantom for IMRT and VMAT verification [J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2013, 14(6): 4460-4464. DOI: 10.1120/jacmp.v14i6.4460.
- 5 Syamkumar S A, Prabakar S, Sriram P, *et al.* A patient specific quality assurance study on absolute dose verification using ionization chambers of different volumes in rapidarc treatments [J]. Medical Physics, 2011, 38(6): 3595-3600. DOI: 10.1118/1.3612418.
- 6 庄名赞,张拓丹,彭逊,等. 应用电子射野影像装置进行 RapidArc 系统质量控制的初步探讨[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2013, 22(1): 16-17. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.01.005.
- ZHUANG Mingzan, ZHANG Tuodan, PENG Xun, *et al.* The preliminary study of EPID system in QA of RapidArc [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2013, 22(1): 16-17. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2013.01.005.
- 7 朱金汉,陈立新,靳光华,等. 基于电子射野影像装置的容积调强弧形治疗二维剂量验证研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(6): 550-553. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2012.06.020.
- ZHU Jinhan, CHEN Lixin, JIN Guanghua, *et al.* The study of two-dimensional dosimetric verifications of volumetric intensity-modulated arc therapy based on electronic portal imaging devices [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(6): 550-553. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2012.06.020.
- 8 Pejman R, Mahsheed S, Michael P B, *et al.* EPID-based verification of the MLC performance for dynamic IMRT

- and VMAT [J]. Medical Physics, 2012, **39**(10): 6192-6207. DOI: 10.1118/1.4752207.
- 9 James L B, Ian M H, Vibeke N H. Portal dosimetry for VMAT using integrated images obtained during treatment [J]. Medical Physics, 2014, **41**(2): 021725. DOI: 10.1118/1.4862515.
 - 10 Blake S J, McNamara A L, Deshpande S, *et al.* Characterization of a novel EPID designed for simultaneous imaging and dose verification in radiotherapy [J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2013, **40**(9): 091902. DOI: 10.1118/1.4816657.
 - 11 孟慧鹏, 孙小喆. 剂量率和准直器角度对二维电离室矩阵调强验证 Gamma 通过率的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2014, **31**(1): 4608-4611. DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2014.01.004.
 - MENG Huipeng, SUN Xiaozhe. The effect to Gamma pass rates of dose rate and collimator angle during the 2D chamber array IMRT verification [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2014, **31**(1): 4608-4611. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2014.01.004.
 - 12 Fogliata A, Clivio A, Fenoglietto P, *et al.* Quality assurance of RapidArc in clinical practice using portal dosimetry [J]. The British Journal of Radiology, 2011, **84**(1002): 534-545. DOI: 10.1259/bjr/72327299.
 - 13 Steciw S, Warkentin B, Rathee S, *et al.* Three-dimensional IMRT verification with a flat-panel EPID [J]. Medical Physics, 2005, **32**(2): 600-612. DOI: 10.1118/1.1843471.
 - 14 Kavuma A, Glegg M, Currie G, *et al.* Assessment of dosimetrical performance in 11 Variana-Si500 electronic portal imaging devices [J]. Physics in Medicine and Biology (PMB), 2008, **53**: 6893-6909. DOI: 10.1088/0031-9155/53/23/016

Comparative analysis for dose verification of volumetric modulated arc therapy by Varian EPID and PTW Detector 729

MENG Huipeng SUN Xiaozhe WANG Hao SUN Jinsong ZHENG Aiqing LIANG Keming
(Radiotherapy Center, the Affiliated Hospital of Logistics University of Chinese People's Armed Police Force,
Tianjin 300162, China)

ABSTRACT The data of dose verification between Varian EPID and PTW Detector 729 is compared to discuss whether the statistics difference of gamma passing rates between the two methods exists. The RapidArc plans for different body sites of 30 patients undergoing radiation treatment with RapidArc technique were used for the generation of the two verification plans, with one for using the electronic portal imaging device (EPID) of Varian RapidArc systems (Varian medical systems), and the other for using the chamber array detector from PTW(PTW Detector 729). Seven comparative experiments were performed for each pair of the plans, which were measurements inside the target, inside the effective detection area, and the target with expansions of 5 mm, 10 mm, 20 mm, 30 mm, and 50 mm, respectively. The gamma passing rate of 3%/3 mm and *F*-test were used in the quantitative analysis. No statistical difference between the two methods was found for the measurement of the area of target with 30 mm expansion ($F=0.395$, $p>0.05$), while statistical difference existed ($p<0.05$) for all the other measurements. The comparative analysis showed that both verification methods have advantages and disadvantages and the countercheck of each other will provide value for comprehensive verification of intensity modulated radiotherapy(IMRT) plans.

KEYWORDS Electronic portal imaging device (EPID), Chamber array, Volumetric modulated arc therapy (VMAT)

CLC TL72