

运用PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪分析医用加速器输出稳定性

蒋大振, 王骁踊, 张俊, 谢丛华, 王大荣, 陈诚, 陈飞, 江舟, 肖智志, 张庆玲, 刘海洋, 王中豪, 王衍, 周明剑, 刘晖
武汉大学中南医院放疗科/湖北省肿瘤生物学行为重点实验室和湖北省肿瘤医学临床研究中心, 湖北 武汉 430071

【摘要】目的:通过PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪分析加速器输出稳定性。**方法:**收集电离室更换前后加速器输出绝对剂量, 回顾性分析PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪对加速器的检测情况, 并分析不同能量输出剂量的稳定性。**结果:**6、10 MV X射线以及6、9、12 MeV 电子线中心轴输出剂量误差均在3%以内。方差分析显示此加速器不同能量输出稳定性无显著性差异($P>0.05$)。PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪检测发现每周输出剂量不断偏高, 经进一步检测确认为电离室故障。更换电离室后输出剂量在标准值附近极小的范围内波动, 保持较高的稳定性能。PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪可以提前发现加速器存在的隐患, 帮助物理师及时处理隐患。**结论:**使用PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪对直线加速器输出剂量进行检测有利于确保直线加速器的准确性与稳定性, 可有效地降低加速器系统误差, 避免出现严重失误。

【关键词】PTW QUICKCHECK weblin 晨检仪; 直线加速器; 稳定性; 质量保证

【中图分类号】R815.6; R318

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)05-0540-06

Using PTW QUICKCHECK weblin to monitor the output stability of linear accelerator

JIANG Dazhen, WANG Xiaoyong, ZHANG Jun, XIE Conghua, WANG Dajiang, CHEN Cheng, CHEN Fei, JIANG Zhou, XIAO Zhizhi, ZHANG Qingling, LIU Haiyang, WANG Zhonghao, WANG Kan, ZHOU Mingjian, LIU Hui

Department of Radiation and Medical Oncology, Hubei Key Laboratory of Tumor Biological Behaviors, Hubei Cancer Clinical Study Center, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China

Abstract: Objective To analyze the output stability of a medical linear accelerator by PTW QUICKCHECK weblin. **Methods** The absolute doses of the medical linear accelerator before and after the replacement of ionization chamber were collected in this study. The monitoring results of accelerator by PTW QUICKCHECK weblin were retrospectively analyzed, and the output stabilities of different energies from the same accelerator were analyzed. **Results** The central-axis dose for 6, 10 MV X-ray and 6, 9, 12 MeV electron beams were within $\pm 3\%$. Analysis of variance showed that there was no significant difference in the output stability of different energies from the same accelerator ($P>0.05$). The monitoring of PTW QUICKCHECK weblin revealed that the output dose kept increasing, and the malfunction of ionization chamber was confirmed by the subsequent detection. After the replacement of ionization chamber, the output dose was close to the standard value and only fluctuated in a small range, having a high stability performance. Using PTW QUICKCHECK weblin could detect the hidden danger of the accelerator in advance and help the physicist detect and eliminate the hidden danger in time. **Conclusion** The output dose measurement before daily treatment by PTW QUICKCHECK weblin can ensure the accuracy and stability of the linear accelerator, effectively reduce the system error and avoid serious mistakes.

Keywords: PTW QUICKCHECK weblin; linear accelerator; stability; quality assurance

前言

调强放射治疗和容积调强放射治疗现已基本取

代正常适形放疗, 因为调强放射治疗和容积调强放射治疗能提供更适合靶区形状的剂量分布, 并且可以有效提高靶区剂量均匀性, 还可以降低周围正常组织接受照射剂量, 从而达到提高临床治疗增益比的目的^[1-4], 这也标志着肿瘤放射治疗已由传统放疗进入精确放疗时代^[5-6]。系统设备及其应用的不断复杂化要求直线加速器必须在稳定性和准确性方面得到保证。放射治疗中医用直线加速器是最为主要的设

【收稿日期】2018-12-16

【作者简介】蒋大振, 硕士研究生, 研究方向: 放射物理, E-mail: dzjiang-@yeah.net

【通信作者】刘晖, 副主任物理师, 研究方向: 肿瘤放疗, E-mail: liuhui-69_wh@hotmail.com

备,在质量保证中,其输出剂量的稳定性是非常重要的环节。然而对这一种高精度而且结构极为复杂的大型医疗设备,任何器件的老化和故障均可能对输出剂量产生重要的影响,因此直线加速器的每日晨检是质量保证的重要项目^[7-9]。相比于欧美等发达国家,我国物理师人员配置明显偏低,此外,我国还存在每台机器平均治疗时间和治疗人数偏高等客观条件的限制。国内多数放疗单位对于直线加速器的每日质量保证不能做到细致详尽,亟需一晨检设备对加速器进行快速全面的检测。本研究拟通过PTW QUICKCHECK weblin晨检仪分析武汉大学中南医院肿瘤放疗科 Varian IX 6324加速器更换电离室前后每日晨检数据,以此分析此台加速器的输出稳定性和评价PTW QUICKCHECK weblin晨检仪在加速器质量保证的应用价值。

1 材料和方法

1.1 仪器设备和使用方法

采用PTW公司QUICKCHECK weblin (PTW, Freiburg, Germany)晨检仪作为测量仪,分析机器稳定性。PTW QUICKCHECK weblin晨检仪测量射野大小为10 cm×10 cm和20 cm×20 cm,且有13个探测器,主要用于测量中心吸收剂量、剂量率、出束时间、温度和气压。

采用PTW 31010型0.125 cm³指形电离室测量加速器输出。当输出为标准绝对剂量时,对晨检仪剂量进行校准,使其输出数值为100。

常规晨检是在每天治疗前对直线加速器X射线和电子线中心轴输出剂量(Central-Axis Dose, CAX)的测量。开机预热后,通过激光引导PTW晨检仪进行准确摆位(图1)。本研究对X射线和电子线进行测量,其中,6、9、12 MeV电子射线由电子线进行测量,10、6 MV X射线由X射线进行测量。X射线CAX测量方法为Fs=10 cm×10 cm, SAD=100 cm, MU=100,剂量率为400 MU/min;电子线CAX测量方法为插入20 cm×20 cm的电子限光筒,Fs=20 cm×20 cm, SAD=100 cm, MU=100,剂量率为400 MU/min。在直线加速器标准输出时,刻度晨检仪输出数值为100。当绝对剂量输出范围大于3%时,晨检仪显示屏相应参数处显示叉号,自动报警。由于电子线测量稍微复杂,因此本研究每周利用晨检仪测量一次,同时搭配周检时用电离室对电子线进行测量,本研究实现每周两次电子线的测量。

电离室测量方法如下:对于光子能量的测量,使用PTW 31010型0.125 cm³指形电离室插入长×宽×高

=30 cm×30 cm×10 cm的3层叠放的标准固体水模, SSD=100,射野大小10 cm×10 cm, MU=100;对于电子能量的测量,插入15 cm×15 cm的限光筒,6、9和12 MeV电子射线的测量点位于水下2 cm。

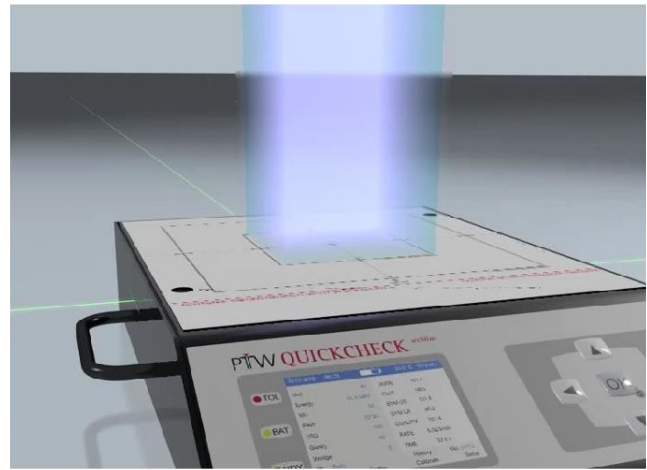


图1 晨检仪摆位和测量示意图

Fig.1 Setup schematic diagram of PTW QUICKCHECK weblin

1.2 CAX的计算

1.2.1 剂量值测量 PTW QUICKCHECK weblin晨检仪对剂量的测量如图2所示。

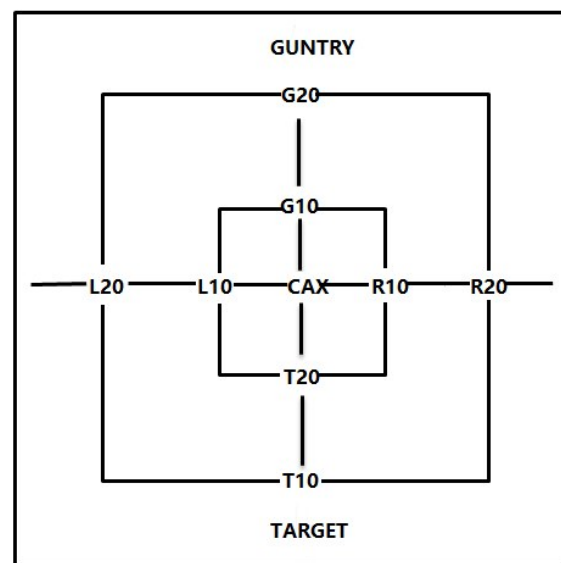


图2 晨检仪测量设计图

Fig.2 Plan of PTW QUICKCHECK weblin

首先,根据式(1)进行剂量值的测量。

$$D_i = M_i \times N_i \times K_{TP} \quad (1)$$

其中, M_i 是测量电离室*I*的测量电荷; N_i 是电离室*i*的⁶⁰Co校准因子; K_{TP} 是空气密度校正的校正因子,PTW QUICKCHECK weblin晨检仪根据式(2)进行

自动校准。

$$K_{tp} = \frac{(273.2 + T) * P_0}{(273.2 + T_0) * P} \quad (2)$$

其中, T 是PTW QUICKCHECK weblin e测量的温度值,单位是 $^{\circ}\text{C}$; P 是QUICKCHECK测量的气压值,单位是hPa; T_0 是校准温度,为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; P_0 是校准气压值,为 $1\ 013.25\ \text{hPa}$ 。

1.2.2 归一化因子 K_{norm} PTW QUICKCHECK weblin e晨检仪允许用户使用归一化因子 K_{norm} 来评估测量值,评估值是测量值和归一化因子相乘的结果。同时,PTW QUICKCHECK weblin e晨检仪也会进行自动计算。

1.2.3 CAX的计算 根据式(3)计算CAX。

$$\text{CAX} = (k_{\text{norm}})_{\text{CAX}} * D_{\text{CAX}} \quad (3)$$

其中, $(k_{\text{norm}})_{\text{CAX}}$ 是CAX的归一化因子; D_{CAX} 是根据式(1)计算得出的中心电离室的剂量值。

1.3 数据的测量与获取

采用 $0.125\ \text{cc}$ 电离室(PTW TM31010)测量加速器输出绝对剂量并校准晨检仪。随后根据2017年11月至2018年7月每天早上在肿瘤病人治疗前对加速器的输出情况,运用PTW QUICKCHECK weblin e晨检仪进行剂量测量。通过激光线对PTW QUICKCHECK weblin e晨检仪进行摆位,使用QUICKCHECK weblin e晨检仪监测加速器 $6、10\ \text{MV X}$ 射线以及 $6、9、12\ \text{MeV}$ 电子线中心轴推荐深度输出剂量。晨检时每个单位的能量连续测量两次。

1.4 统计学分析

对得到的数据进行SPSS 23.0的统计学分析。在2017年11月至2018年7月,分别采集加速器5个挡的晨检输出剂量数据,然后利用SPSS 23.0统计学软件绘制各自能量挡下的散点图,分析其能量偏差波动情况。由于直线加速器经过一段时间的使用后,机器输出剂量可能会发生一定的偏移。在两次周检之间,笔者根据晨检仪的输出情况有效地对直线加速器输出稳定性进行检测。当电离室输出剂量误差小于 2% 时,则不对机器进行调整。最后,采用SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)对以上各参数进行方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

每日机器输出数值为100,机器绝对稳定时晨检仪输出数值也为100。从更换电离室前晨检仪输出数据可以看出,晨检仪输出结果基本在 2% 上下波动,但有几个时间点输出超过 2% ,物理师及时通过电离室测量并对加速器进行校准,使其回到标准值附近。回顾性分析晨检仪一段时间内输出剂量(图3),

笔者发现光子能量数据显示每周加速器输出剂量出现不断增大,当物理师调低后依旧不断增大,虽然偏差均满足临床要求,但笔者怀疑该加速器存在一定的安全隐患。经过物理师和厂家工程师严格检测之后确定为电离室功能故障。

更换电离室后,晨检仪连续一段时间内的测量数据如图4所示。由图4可以看出,加速器输出在标准值附近极小($< \pm 1\%$)的范围内波动,具有较高的稳定性能。

3 讨论

放射治疗的根本目的在于对肿瘤区域给与尽可能高的放射剂量,同时最大限度保护正常器官,使其受到尽可能低的剂量,从而提高肿瘤的局部控制率,减少正常组织和器官的并发症^[10-11]。实现这一目标的前提是要确保机器具有较高的稳定性。AAPM Report 142及《外照射治疗辐射源》计量检定规程JJG589规定医用加速器输出稳定性误差应在 3% 以内^[12-15]。研究者认为Varian加速器良好的稳定性($98\% \sim 99\%$)为各放疗单位根据自身业务特点及工作负荷情况适当降低监测频率提供了可能,也有学者认为可以在两次基于电离室的标准测量之间采用晨检仪监测直线加速器输出参数的稳定性,并在可能出现问题时及时利用电离室进行确认并调试^[16-17]。

本研究采用PTW公司QUICKCHECK weblin e晨检仪在每日治疗前监测直线加速器输出剂量,结果表明 $6、10\ \text{MV X}$ 射线以及 $6、9、12\ \text{MeV}$ 电子束射线每日晨检的数据与要求值的偏差均在 3% 以内。当晨检仪输出大于 2.5% 时,物理师应及时用电离室对加速器输出绝对剂量进行校准,然而从图3可以看出,每周测量数据均出现不断增大的现象。更换电离室后一段时间,物理师需严格检测加速器输出状态。从图4可以看出,加速器输出在标准值附近极小的范围内波动,保持较高的稳定性能。虽然笔者不能确定更换检测电离室前剂量增加的现象和电离室故障是否存在必然联系,但是此现象对笔者具有一定的启示:即使机器输出偏差均在 3% 以内,也不能肯定机器性能良好。如果机器在一段时间内在标准值上下出现较大值的波动或者输出剂量连续朝着一个方向增加,物理师需要特别注意,此时加速器存在故障隐患的概率很大,需要及时对机器进行维护和故障分析。有研究发现,对加速器某一能量输出剂量的稳定性进行分析时,如果输出量周测量数据波动 $> \pm 1\%$,表明加速器存在故障隐患;当输出量每周测量数据波动 $> \pm 2\%$ 时,加速器故障隐患的发生率很大,需要及时对机器进行维护和故障分析^[18]。

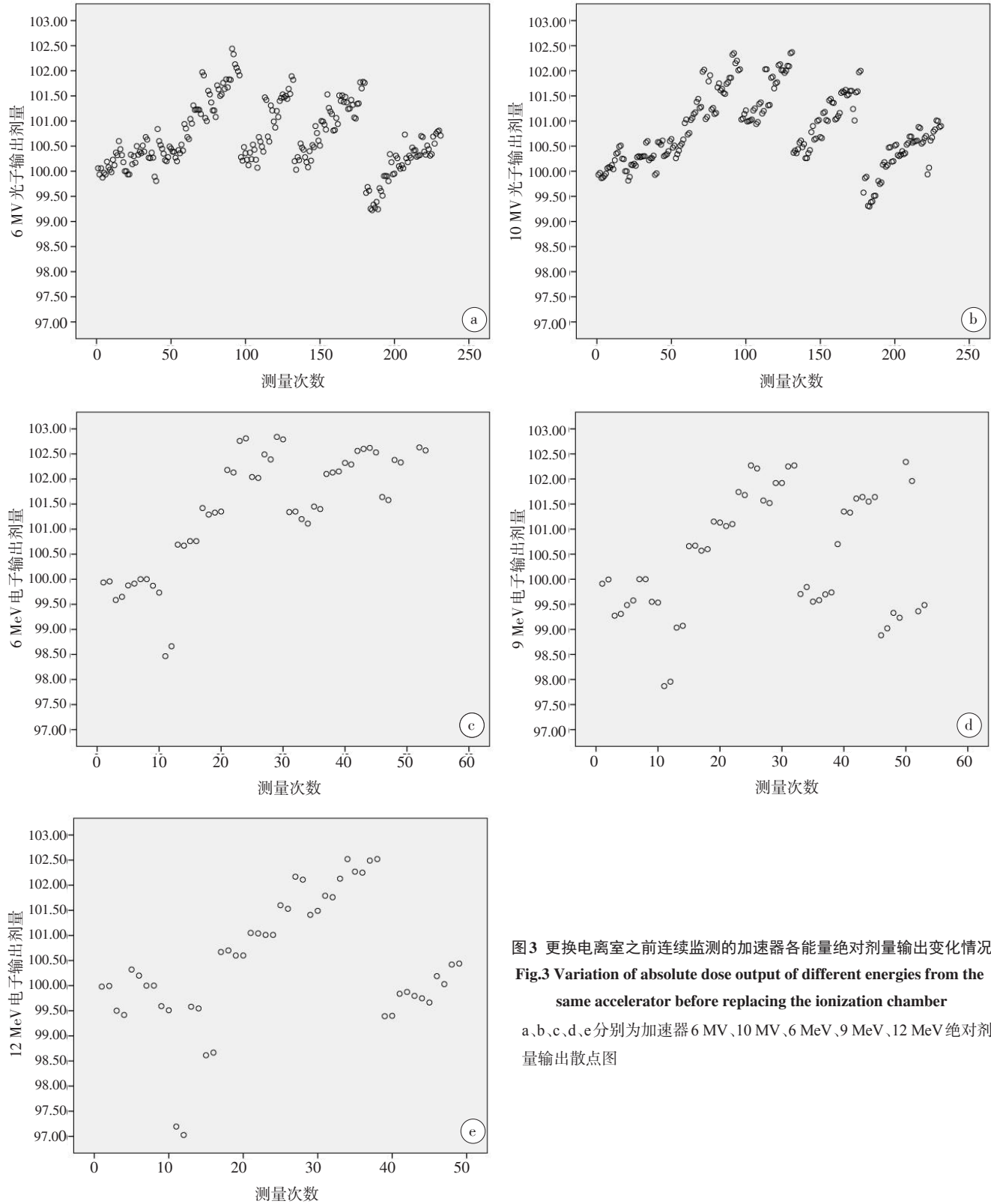


图3 更换电离室之前连续监测的加速器各能量绝对剂量输出变化情况
Fig.3 Variation of absolute dose output of different energies from the same accelerator before replacing the ionization chamber

a、b、c、d、e分别为加速器6 MV、10 MV、6 MeV、9 MeV、12 MeV绝对剂量输出散点图

武汉大学中南医院肿瘤放疗科采用每日用PTW QUICKCHECK weblin晨检仪对Varian ix6324加速器进行每日质量保证,取得了令人满意的成果。医用直线加速器是肿瘤放射治疗的主要设备,其稳定性是保证患者治疗效果的关键^[19]。物理师不但需要定期进行加速器输出剂量的校对校正,而且还需要监测每次剂

量校正间期输出剂量的稳定性。在日常质量保证工作中,发现加速器出现剂量偏差时,物理师应及时调整相关参数,使加速器恢复到正常状态并保证患者得到较为准确的放射剂量。此外,每日进行医用直线加速器能量输出剂量的稳定性分析和校对能够及时提醒故障隐患,避免出现严重失误。

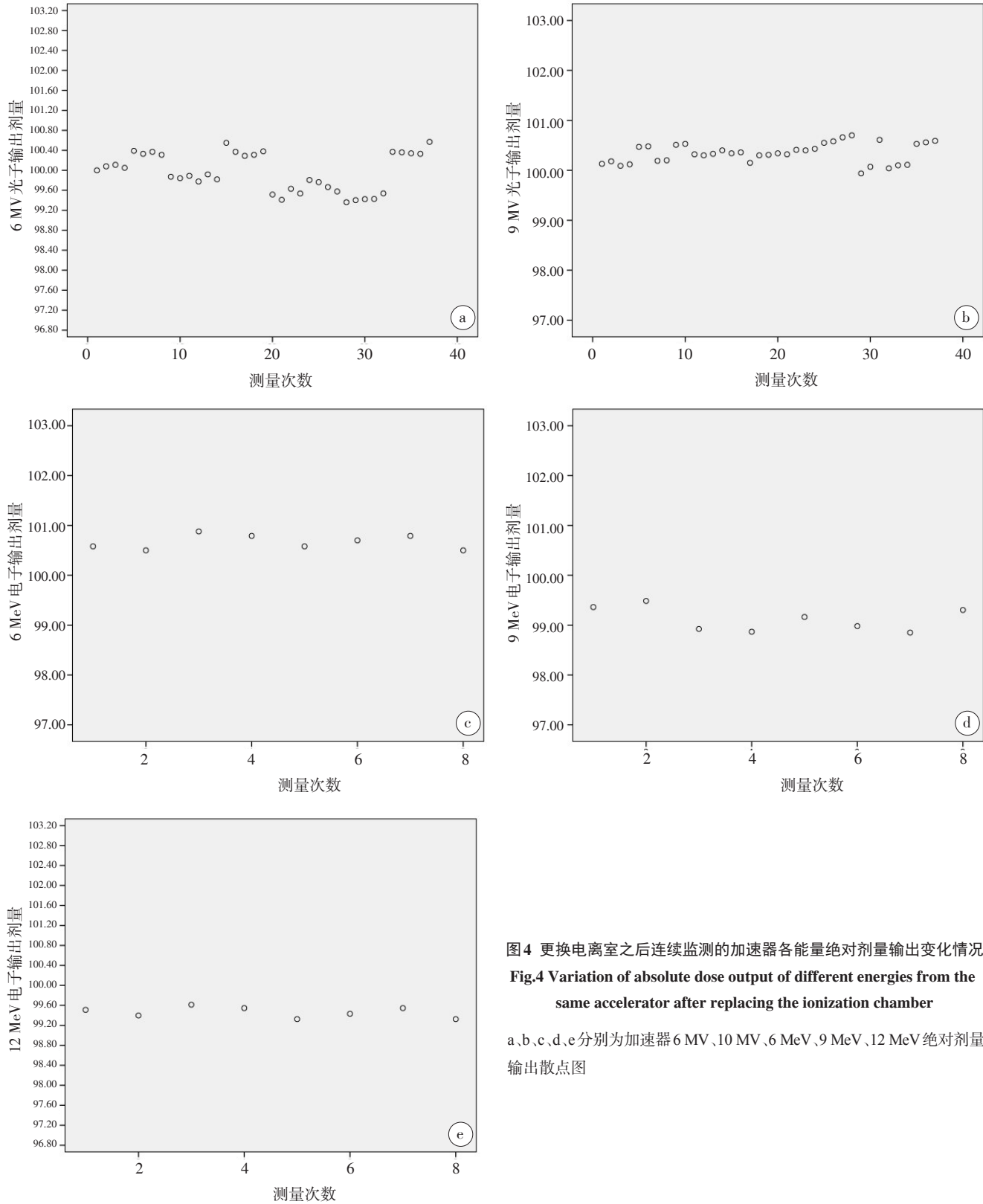


图4 更换电离室之后连续监测的加速器各能量绝对剂量输出变化情况

Fig.4 Variation of absolute dose output of different energies from the same accelerator after replacing the ionization chamber

a、b、c、d、e分别为加速器6 MV、10 MV、6 MeV、9 MeV、12 MeV绝对剂量输出散点图

【参考文献】

[1] 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.

[2] REHMAN J, ISA M, AHMAD N, et al. Dosimetric, radiobiological and secondary cancer risk evaluation in head-and-neck three-

dimensional conformal radiation therapy, intensity-modulated radiation therapy, and volumetric modulated arc therapy: a phantom study[J]. J Med Phys, 2018, 43(2): 129-135.

[3] ZHAO J, HU W G, CAI G, et al. Dosimetric comparisons of VMAT, IMRT and 3DCRT for locally advanced rectal cancer with simultaneous integrated boost[J]. Oncotarget, 2016, 7(5): 6345-6351.

[4] 梁健, 黄思娟, 张树芝, 等. 全段食管癌旋转容积调强与固定野静态调强和三维适形放疗计划的计量学比较[J]. 中山大学学报(医学

- 科学版), 2016, 37(4): 597-601.
- LIANG J, HUANG S J, ZHANG S Z, et al. Dosimetric comparison of VMAT, IMRT, and 3DCRT for treatment of esophagus cancer[J]. Journal of Sun Yat-sen University (Medical Sciences), 2016, 37(4): 597-601.
- [5] 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.
- [6] DOORNAERT P, VERBAKEL W F, BIEKER M, et al. RapidArc planning and delivery in patients with locally advanced head-and-neck cancer undergoing chemoradiotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 79(2): 429-435.
- [7] BINNY D, LANCASTER C M, KAIRN T, et al. Monitoring daily QA 3 constancy for routine quality assurance on linear accelerators[J]. Phys Med, 2016, 32(11): 1479-1487.
- [8] MCDERMOTT G M, BUCKLE A H. Monitoring linear accelerator output constancy using the PTW Linaccheck[J]. Med Dosim, 2011, 36(1): 71-74.
- [9] SANGHANGTHUM T, SURIYAPEE S, SRISATTI S A. Retrospective analysis of linear accelerator output constancy checks using process control techniques[J]. J Appl Clin Med Phys, 2013, 14(1): 147-160.
- [10] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 487-490.
- HU Y M. Radiation oncology physics[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 487-490.
- [11] SJOLIN M, EDMUND J M. Incorrect dosimetric leaf separation in IMRT and VMAT treatment planning: clinical impact and correlation with pretreatment quality assurance[J]. Phys Med, 2016, 32(7): 918-925.
- [12] BLANCK O, MASI L, CHAN M K, et al. High resolution ion chamber array delivery quality assurance for robotic radiosurgery: commissioning and validation[J]. Phys Med, 2016, 32(6): 838-846.
- [13] HOSSAIN M T. Output trends, characteristics, and measurements of three megavoltage radiotherapy linear accelerators[J]. J Appl Clin Med Phys, 2014, 15(4): 4783.
- [14] COURT L, WANG H, ATEN D, et al. Illustrated instructions for mechanical quality assurance of a medical linear accelerator[J]. J Appl Clin Med Phys, 2018, 19(3): 355-359.
- [15] PAWLICKI T, WHITAKER M, BOYER A L. Statistical process control for radiotherapy quality assurance[J]. Med Phys, 2005, 32(9): 2777-2786.
- [16] KUTCHER G J, COIA L, GILLIN M, et al. Comprehensive QA for radiation oncology: report of AAPM radiation therapy committee task group 40[J]. Med Phys, 1994, 21(4): 581-618.
- [17] 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.
- [18] 李林鸽. “医用直线加速器设备技术新进展及质量控制与维修培训班”圆满结束[J]. 中国医学装备, 2011, 8(4): 56.
- LI L G. New progress of medical linear accelerator equipment technology and quality control and maintenance training course successfully concluded[J]. China Medical Equipment, 2011, 8(4): 56.
- [19] MIFTEN M, OLCH A, MIHAILIDIS D, et al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: recommendations of AAPM task group No. 218[J]. Med Phys, 2018, 45(4): e53.

(编辑: 谭斯允)