

电离室矩阵验证近距离治疗中放射源位置的准确性

谷珊珊¹, 王运来², 解传斌², 赵娜娜²

1. 武汉大学物理科学与技术学院, 湖北 武汉 430072; 2. 解放军总医院放疗科, 北京 100853

【摘要】目的: 研究用电离室矩阵验证近距离治疗机¹⁹²Ir源驻留位置的准确性。方法: 使用MatrixScan 1.1软件采集数据。塑料施源管拉直固定在二维电离室矩阵探测器面板上, 选择中心电离室为测量参考电离室。以1 mm为间隔改变源的驻留位置, 驻留时间固定为10 s, 读取每个驻留位置的电离室读数, 确定矩阵面板上中心电离室计数最大的源位置; 分析电离室测量的剂量线性和重复性。设置±1 mm的源位置误差进行测量, 利用Verisoft 5.0软件作γ分析, 标准为3%/1 mm, 确定源的位置准确性。结果: 同一个电离室重复读数以及电离室之间读数的偏差范围都在±1%以内, 剂量仪读数与放射源的位置非线性变化, 而且读数随放射源位置变化的灵敏度较高。电离室矩阵可以检测的源驻留位置的灵敏度在±1 mm以内。结论: 电离室矩阵验证近距离治疗机¹⁹²Ir源驻留位置结果准确, 方法简单, 成本低, 可以用于后装治疗系统的质控。

【关键词】近距离放射治疗; 电离室矩阵; 驻留位置; 质量保证

【中图分类号】R454; R812

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)04-0586-04

Location of radiation source in brachytherapy verified by ion chamber array

GU Shan-shan¹, WANG Yun-lai², XIE Chuan-bin², ZHAO Na-na²

1. School of Physics Science and Technology, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Department of Radiation Oncology, People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100853, China

Abstract: Objective To verify the reside of ¹⁹²Ir source in brachytherapy by ion chamber array. **Methods** All data were gathered by MatrixScan 1.1 software. The plastic applicator was straightened and fixed to the face plate of two-dimensional ion chamber array detector, and the central ion chamber was selected for reference measurement. The interval of the reside of radiation resources was 1 mm with a fixed irradiation of 10 seconds. And then the location of resources with maximum reading of central ion chamber in face plate among the readings of ion chamber array at every residents was confirmed. The dose linearity and reproducibility were evaluated. The ±1 mm source location error were considered. The accuracy of source location was verified by gamma index analysis by Verisoft 5.0, with the dose-to-distance agreement of 3%/1 mm. **Results** The deviation range between duplicate reading for ion chambers and readings among ion chambers were within ±1%. The readings of an ion chamber was nonlinear with the locations of irradiation sources, and its sensitivity was quite high with the change of the locations. The sensitivity of the reside was within ±1 mm detected by ion chamber array. **Conclusion** This ion chamber array can be applied in the quality control of brachytherapy system for it can verify the reside of ¹⁹²Ir source in brachytherapy, with simplicity and low cost.

Key words: brachytherapy; ion chamber array; resides; quality assurance

前言

近距离治疗中放射源位置的准确性直接影响吸收剂量分布^[1]。放射源的位置准确性是近距离放疗

中非常重要的质量保证与控制项目^[2-3]。验证¹⁹²Ir放射源位置准确性的方法主要包括胶片曝光^[4]、Fricke凝胶剂量计^[5]、非晶硅探测器面板^[6]、直尺测量^[7]等。这些方法存在流程复杂、技术难度大、重复性差、耗时而且成本高等缺点, 需要探索简单快捷的放射源位置检测方法。电离室矩阵是新型剂量测量设备, 方形电离室测量的读数对放射源的位置非常敏感, 可以用于放射源的位置验证^[8]。本文利用PTW公司

【收稿日期】2015-02-22

【作者简介】谷珊珊(1990-), 女, 2012级医学物理专业在读硕士研究生。Tel: 15010775993; E-mail: guss1990@163.com。

【通信作者】王运来(1966-), 男, 高级工程师。E-mail: nanyangwang@163.com。

的电离室矩阵 Seven29 验证核通公司的高剂量率近距离治疗机 ^{192}Ir 源驻留位置的准确性。

1 材料与方法

1.1 近距离治疗机

Micro-Selectron 高剂量近距离治疗机主要由治疗计划系统、控制台以及放射源存储和驱动系统组成。 ^{192}Ir 放射源的活性长度为 3.5 mm, 源的最大活度为 10 Ci^[9]。治疗过程中, 放射源以大于 50 cm/s 的速度移动到驻留位置, 按照计划系统优化的照射时间进行照射, 有两个独立计时器控制治疗时间。

1.2 电离室矩阵

德国 PTW-Freiburg 公司生产的 Seven29TM 电离室矩阵包括电离室面板、接口电路、控制器和数据采集处理软件等几部分^[10]。电离室面板大小为 420 mm×300 mm×22 mm, 由 27×27 个空腔电离室构成, 电离室边长为 5 mm, 有效测量点在 5 mm 深度处。吸收剂量测量范围为 200 mGy~1000 Gy, 剂量率量程为 500 mGy/min~8 Gy/min。每个电离室出厂时均用 ^{60}Co 射线校准, 剂量校准因子 ND 由文件形式给出。测量时系统根据输入的实时温度和气压进行自动校准。使用 MatrixScan 1.1 软件采集数据, Verisoft 5.0 软件进行数据分析处理。

1.3 放射源的最大计数位置

将塑料施源管拉直固定在二维电离室矩阵探测器面板上, 沿源运动方向, 塑料施源管与二维电离室矩阵面板上中心列电离室的中线重合, 塑料施源管接第一输送通道。选择中心电离室为测量参考电离室。以 1 mm 为间隔改变源的驻留位置, 驻留时间固定为 10 s, 读取每个驻留位置的电离室读数, 寻找电离室计数最大时 ^{192}Ir 源的位置, 作为参考位置, 理论上它应位于中心电离室的几何中心。以中心电离室最大计数位置为参考点, 控制源驻留位置从 -10 mm 以 1 mm 为步长运动到 10 mm, 每个驻留位置的时间为 10 s, 测量电离室计数随源位置的变化, 分析电离室计数和放射源位置的相关性及灵敏度。

1.4 电离室计数的线性和重复性

固定驻留位置, 设置驻留时间分别为 0.5 s、1 s、2.5 s、5 s、10 s、25 s 和 50 s, 分别测量电离室的计数, 分析其剂量线性以及源传输过程的剂量贡献。源驻留时间设置为 10 s, 重复测量 10 次, 分析单个电离室计数的重复性。然后再以参考电离室为中心, 步进间距为 10 mm, 依次使放射源通过 -90 mm 到 +90 mm

共 19 个电离室, 分析电离室之间计数的一致性。

1.5 放射源位置误差检测

在电离室最大计数位置的 -80 mm、-40 mm、0 mm、40 mm 和 80 mm 共 5 个位置设置相同的照射时间 10 s, 一次测量剂量分布作为参考剂量分布。然后再在 -40 mm 和 40 mm 处分别设置 -1 mm 和 +1 mm 的位置误差, 测量剂量分布。用 Verisoft 5.0 软件作 γ 分析, 标准为 3%/1 mm。

2 结果

2.1 电离室读数随源位置的变化

当放射源位于电离室的几何中心时, 剂量仪计数最大。以剂量仪计数最大位置为参考点, 左右 10 mm 内剂量仪读数随源位置变化的结果见图 1。

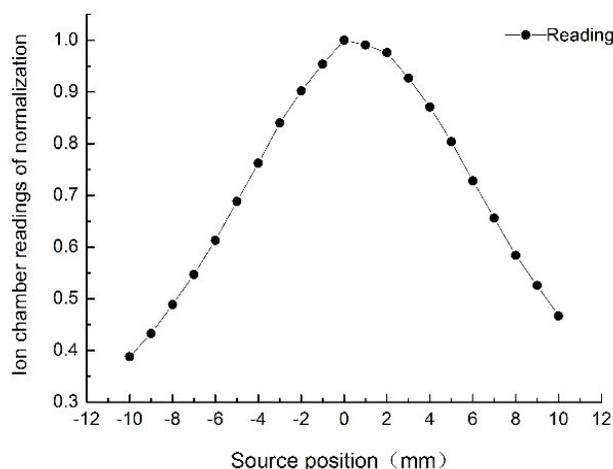


图1 剂量仪读数随源位置的变化

Fig.1 Variations of readings with the change of source position

由图 1 可以看出, 剂量仪读数与放射源的位置非线性变化, 而且读数随放射源位置变化的灵敏度较高。由于输送钢丝的吸收, 源驻留位置从 -10 mm 运动到 10 mm, 电离室测量的读数以位置 0 为中心左右不对称, 左侧有输送钢丝, 读数略低。

2.2 电离室测量的剂量线性和重复性

中心参考电离室测量的剂量线性如图 2 所示, 图中读数用最大值进行归一。源驻留时间从 0.5 s~50 s, 剂量仪的读数为通过坐标原点的直线, 测量读数具有良好的剂量线性。

源驻留时间设置为 10 s, 重复测量 10 次, 剂量仪的读数如图 3 所示, 图中读数用平均值进行归一。读数的偏差范围在 $\pm 1\%$ 以内, 重复性较好。

源驻留时间设置为 10 s, 相同条件下 19 个电离

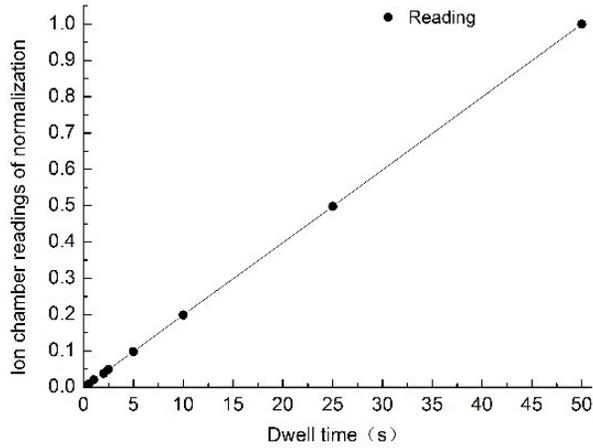


图2 电离室测量的放射源剂量线性
Fig.2 Dose linearity of ion-chamber

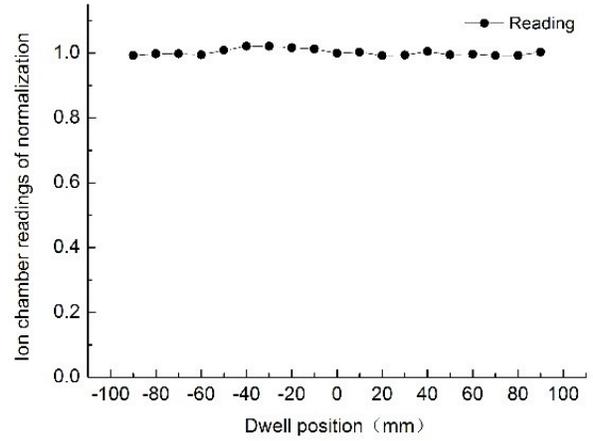


图4 电离室之间测量计数的一致性
Fig.4 Consistency of readings between ion-chambers

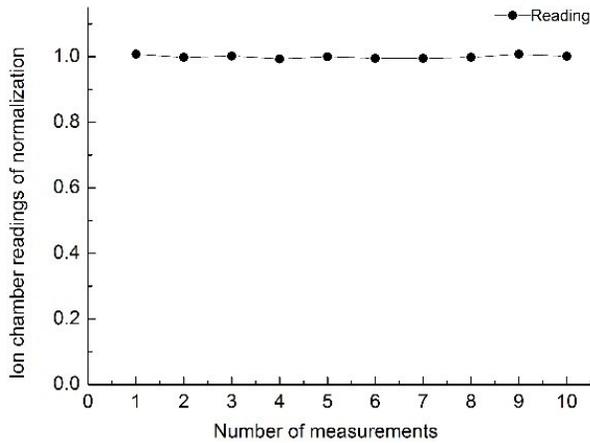


图3 电离室测量的计数重复性
Fig.3 Reproducibility of ion-chamber readings

室测量的计数如图4所示,图中电离室的读数用中心参考电离室的读数归一。电离室之间的读数存在差异,但偏差范围在 $\pm 1\%$ 之内。

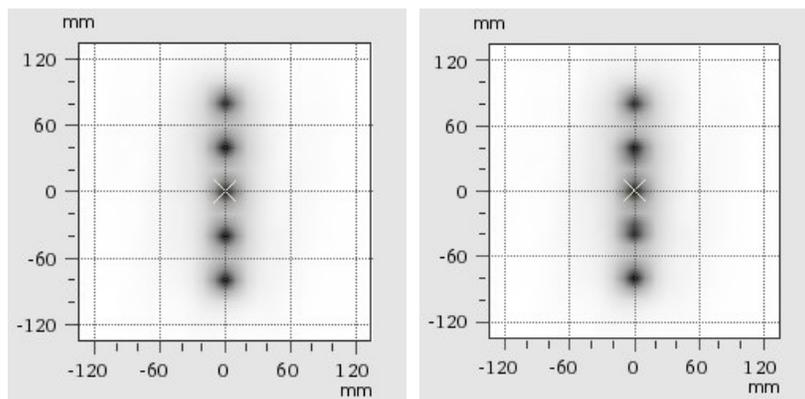
2.3 源位置误差检测

电离室矩阵测量反映放射源位置的吸收剂量灰度图见图5。图中(a)为没有位置偏差的参考吸收剂量分布灰度图,(b)为存在1 mm位置偏差的吸收剂量分布的灰度图。

用 Verisoft 5.0 软件作 γ 分析,标准为 $3\%/1\text{ mm}$ 。误差剂量分布分别如图6所示, $\gamma > 1$ 时的红色区域为 γ 指数不通过区域。结果显示 γ 指数不通过位置的与预设的位置偏差一致。二维电离室矩阵可以检测的源驻留偏差的灵敏度在 $\pm 1\text{ mm}$ 以内,但由于空间分辨率的限制,电离室矩阵不能给出位置偏差的具体数值。

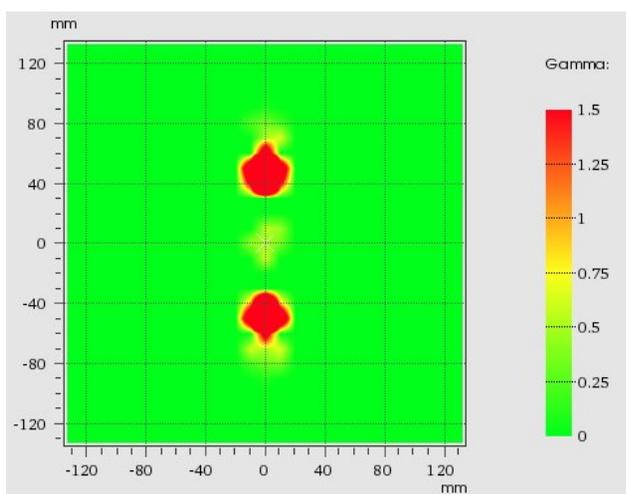
3 讨论

放射治疗中吸收剂量分布是影响肿瘤控制率和正常组织与器官并发症的重要因素,医疗工作者在临床实践中对近距离治疗的剂量分布进行了研究^[1]。源驻留位置和驻留时间是影响近距离治疗吸收剂量分



a: Reference positions b: Source positions with 1 mm error

图5 电离室矩阵测量的放射源位置
Fig.5 Source positions measured by ion chamber array

图6 γ 分析结果Fig.6 Result of γ index analysis

布的主要因素。驻留时间控制的准确性较高, 近距离治疗中最大的误差来源就是放射源的位置准确性, 需要严格的质量保证与控制措施^[12-13]。非活性源模拟和胶片曝光测量是目前主要的方法, 其中非活性源模拟虽然简单快捷, 但与活性源之间存在差异, 容易产生较大的误差; 胶片曝光的分辨率较高, 但存在冲洗、源位置测量困难等问题。电离室矩阵通过测量放射源的吸收剂量分布, 并与参考剂量分布对比, 根据 γ 指数不通过的位置可以对后装治疗机¹⁹²Ir源进行位置准确性验证, 能方便并且很准确地检测出源的驻留位置误差, 检测的源驻留位置的灵敏度在 ± 1 mm以内。本研究方法简单易行, 灵敏度和准确性非常高; 缺点是不能给出位置偏差的具体数值。电离室矩阵可以作为近距离治疗中放射源位置验证的新方法。

【参考文献】

- [1] 苑淑渝, 戴光复, 刘 寅, 等. 血管内近距离放射治疗剂量影响因素的研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2004, 24(4): 74-76.
Yuan SY, Dai GF, Liu Y, et al. Study of dose-influencing factors in endovascular brachytherapy[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2004, 24(4): 74-76.
- [2] 中华人民共和国卫生行业标准. WS 262-2006后装 γ 源治疗的患者防护与质量控制检测规范[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
Health industry standard of People's Republic of China. WS 262-2006 Specification for radiological protection of patients and quality control in γ ray source after loading brachytherapy[S]. Beijing: People's Health Publishing House, 2007.
- [3] AAPM. High dose-rate brachytherapy treatment delivery: Report of the AAPM radiation therapy committee task group No. 59[R]. New York: American Institute of Physics, 1998.
- [4] Evans MD, Devic S, Podgomek EB. High dose-rate brachytherapy source position quality assurance using radiochromic film[J]. Med Dosim, 2007, 32(1): 13-15.
- [5] Austerlitz C, Mota H, Almeida CE, et al. Quality assurance of HDR ¹⁹²Ir sources using a Fricke dosimeter[J]. Med Phys, 2007, 34(4): 1348-1353.
- [6] Song H, Bowsher J, Das S, et al. Tracking brachytherapy sources using emission imaging with one flat panel detector[J]. Med Phys, 2009, 36(4): 1109-1111.
- [7] 单国平, 徐明清, 严英师. 后装机¹⁹²Ir放射源到位精度及剂量重复性测量[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2003, 23(3): 203.
Shan GP, Xu MQ, Yan YS. Measurement of position quality assurance and dose reproducibility for ¹⁹²Ir source[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2003, 23(3): 203.
- [8] 刘 浩, 李公平, 孙 燕, 等. 二维电离室矩阵在近距离治疗的质量保证中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(4): 2718-2721.
Liu H, Li GP, Sun Y, et al. Application of a two-dimension ion chamber array[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2011, 28(4): 2718-2721.
- [9] 余 耘, 冯宁远. 微型铱源空间剂量角分布的测定[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 1993, 2: 60-61.
Yu Y, Feng NY. Determination of spatial dose angular distribution for micro iridium source[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 1993, 2: 60-61.
- [10] 刘 孜, 罗 伟, 王国庆, 等. 中晚期宫颈癌后装腔内放疗剂量分布影响因素探讨[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(6): 444-447.
Liu Z, Luo W, Wang GQ, et al. Multi-purpose horizontal transit table for influential factors in dose distribution of brachytherapy in moderately advanced and advanced uterine cervical cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(6): 444-447.
- [11] 鞠忠建, 王运来, 马 林, 等. 用二维电离室矩阵验证多叶准直器叶片到位精度[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 7: 335-338.
Ju ZJ, Wang YL, Ma L, et al. Verification of accuracy of multileaf collimator leaf position using a two-dimensional ion chamber array [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 7: 335-338.
- [12] Claudia F, Richard P, Tomas HK, et al. Comparison of radiography- and computed tomography-based treatment planning in cervix cancer in brachytherapy with specific attention to some quality assurance aspects[J]. Radiother Oncol, 2001, 58(1): 53-56.
- [13] Rupal KD, Rakesh P, Hiral S, et al. 3D CT-based high-dose-rate breast brachytherapy implants: Treatment planning and quality assurance[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 59(4): 1224-1228.