

参与 IAEA/WHO 医用加速器剂量输出比对的结果及分析

赵红福, 赵志鹏, 王志强, 程光惠

吉林大学中日联谊医院放射治疗科, 吉林 长春 130033

摘要: **目的** 通过参加国际原子能机构 (IAEA) 和世界卫生组织 (WHO) 组织的邮寄热释光剂量计 (TLD) 国际比对, 检查医院加速器剂量输出的准确性。 **方法** 申请 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查, 获得参与比对资格。每个能量照射两个 TLD 样品, 照射剂量为 2 Gy, 并填写数据表格。将 TLD 及数据表邮寄回 IAEA 实验室。IAEA 测量后给出比对结果。 **结果** 6 MV 光子束的两个 TLD 剂量均值为 2.00 Gy, 平均偏差为 0.0%, 10 MV 光子束的两个 TLD 剂量均为 2.02 Gy, 平均偏差为 -0.8%。 **结论** 按照 IAEA 标准的允许偏差 $\pm 5\%$ 考虑, 本次比对结果符合比对要求。 **关键词:** 热释光; 国际比对; 绝对剂量

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2019)01-0069-03

Results and analysis of participation in the medical accelerator dose output comparison organized by IAEA/WHO

ZHAO Hongfu, ZHAO Zhipeng, WANG Zhiqiang, CHENG Guanghui

Department of Radiation Oncology, China-Japan Union Hospital of Jilin University, Changchun 130033 China

Abstract: **Objective** To check the accuracy of medical accelerator dose by participating in international comparisons by postal TLD organized by the IAEA/WHO. **Methods** Apply for the IAEA/WHO postal TLD dose audit to obtain the participation qualification. For each energy condition, irradiate the 2 TLD samples at an irradiation dose of 2 Gy and fill out the data sheet. Mail the TLDs and data sheet back to the IAEA lab, and the results were given after the IAEA measurements. **Results** The mean measured dose of the 6 MV photon beam was 2.00 Gy with an average deviation of 0.0%, and the doses for 2 TLDs irradiated at 10 MV photon beam were both 2.02 Gy with an average deviation of -0.8%. **Conclusion** The comparison results met the requirement within allowable deviation of $\pm 5\%$ set by IAEA.

Key words: TLD; Intercomparison; Absolute Dose

Corresponding author: Cheng Guanghui, E-mail: chengghcjh@sina.com

吸收剂量的准确投照是放射治疗质量保证和质量控制的关键因素之一。TLD 是一种利用热致发光原理记录辐射剂量的器件, 常用于个人剂量检测^[1]、在体剂量测量^[2]和剂量核查^[3]。IAEA 自 1969 年就开始邮寄 TLD 剂量核查服务, 旨在对发展中国家的辐射束进行校准, 最初仅针对⁶⁰Co 治疗机, 1991 年开始提供高能光子束 (加速器) 的剂量审计^[4-5]。2016 年吉林大学中日联谊医院申请参与了 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查。邮寄 TLD 剂量核查也是大多数国际多中心研究项目参与的门槛和必要条件。笔者介绍医院参与国际比对的方法、结果及注意事项, 为放射治疗单位提供参考。

1 材料与方法

1.1 申请 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查不定期提供给会员国, 可核查⁶⁰Co 治疗机和兆伏级加速器光子束; 深部 X 射线、近距离治疗机、 γ 刀、X 刀和赛博刀不在核查范围内。同一医疗机构在两年之内只能提交一次申请, 每次最多可申请三个光子束。IAEA 收到申请后, 如符合其核查范围, 根据批次安排会发送正式申请表。详细填写申请表并回传, IAEA 会通过国际快递将 TLD 邮寄至医疗机构, 首次参与还会附带 TLD 支架, 见图 1。

1.2 材料 此次比对使用我院的电子直线加速器 (Synergy, 医科达公司), 有两个高能光子束, 分别为

6MV 和 10MV。此次比对中还使用了比利时 IBA 公司生产的 Dose 1 剂量仪、FC65-G 型电离室(灵敏体积为 0.65cc)和 WP1D 型一维水箱进行绝对剂量校准和后续绝对剂量测量。



图 1 TLD 支架和 TLD 元件

1.3 方法 将水箱中装入一定深度的蒸馏水,水深与 TLD 支架高度相当,使用 CT 模拟定位机进行断层扫描,将图像传至治疗计划系统(Treatment Planning System, TPS) (Oncentral, V4.3, 医科达公司),使用多边形工具勾画水箱轮廓(body)结构,使用标尺找到水下 10 cm 处的参考点。在治疗计划系统中,设置一 10 cm × 10 cm 的照射野,将射野中心轴放置在水箱的中心位置,以保证足够的侧向散射。射野源皮距可选 100 cm 或者 90 cm。选定源皮距后,使用 TPS 计算使参考点处剂量为 2 Gy 时的机器跳数(Monitor Unit, MU)并记录。

为了使比对结果更好,照射 TLD 前需进行加速器输出剂量的校准^[6]。照射时,将 TLD 支架安装好,放置于水箱中间,调整水量使得水面正好与 TLD 支架上端平齐。照射野参数、源皮距与治疗计划相一致,射野中心轴对准支架中轴线。TLD 安装孔中心距离支架上端为 10 cm,因此 TLD 杆中心位置正好处于治疗计划中参考点位置。

照射 TLD 前,再次确认摆位条件,确认无误后依次出束实施照射。最后,使用绝对剂量仪和指形电离室实测相同条件下水下 10 cm 处的剂量,并将测试过程中的参数和结果填写在数据表中。

1.4 注意事项 参考 TLD(外观上有白色标记)的作用是记录 TLD 在邮寄和储存过程中的天然放射性本底剂量,测量 TLD 的结果需扣除本底。因此,参考 TLD 不能被照射,也不能被放到加速器治疗室内。水箱的最小侧向尺寸为 30 cm,以保证足够的侧向散射。

由于 TLD 照射后没有纠正的机会,因此,在照射前需确认下列参数:能量、机器跳数、射野中心轴、射野

大小、源皮距及水面高度。尤其需要注意排空 TLD 支架上端管内的空气。

2 结果

我们选择源轴距 100 cm 的摆位方式,根据 TPS 计算,6 MV 光子束计算结果为 247 MU、10 MV 光子束结果为 228 MU。

IAEA 实验室收到 TLD 后,通过测量照射后的 TLD 剂量,并扣除参考 TLD 本底剂量后得到各 TLD 剂量结果,见表 1。从结果看,6 MV X 射线的相对偏差为 0%,10 MV X 射线的相对偏差为 -0.8%。根据 IAEA 对最终用户剂量偏差 ±5% 的要求,两个能量的结果均符合 IAEA 要求,且误差值明显小于剂量偏差要求。

表 1 加速器 X 射线的 TLD 比对结果

能量(IAEA 编号)	6 MV(15255)		10 MV(15256)	
	TLD1	TLD2	TLD1	TLD2
医院结果(Gy)	2.00	2.00	2.00	2.00
IAEA 结果(Gy)	1.99	2.01	2.02	2.02
IAEA 平均(Gy)	2.00		2.02	
相对偏差(%)	0%		-0.8%	

IAEA 实验室不仅对收到的 TLD 实际测量,还会对数据表中内容进行分析,发现可疑内容或剂量偏差较大时,会启动调查程序。由于我们在填表时将 Nx 的单位选错,导致 IAEA 工作人员无法理解表格中陈述的电荷是如何转换成剂量的,通过多封邮件的沟通才解释清楚。

3 讨论

根据中国大陆放疗基本情况调查研究,截至 2016 年 1 月,放疗用直线加速器有 1 931 台^[7]。现有的加速器输出剂量的质量保证工作主要由单位物理师完成。绝对剂量标准,是通过现场剂量仪每年送到一级标准剂量学实验室(primary standard dosimetry laboratory, PSDL)或次级标准剂量学实验室(secondary standard dosimetry laboratory, SSDL)进行检定来传递的。中国计量科学研究院是我国的 PSDL,中国疾病预防控制中心辐射防护与和安全医学所是我国其中一个 SSDL。文献报道的 SSDL 与 IAEA 标准比对结果均满足要求^[8-10]。根据新标定的参数进行现场绝对剂量的校准工作。近年来,医院物理师的能力和水平虽有很大进步,但仍有参差不齐。绝对剂量的校准结果与校准过程的参数选择、指形电离室的摆位、有效测量点的选取

等复杂因素有关。也就是说,在剂量仪的标定参数正确的前提下,绝对剂量的校准也可能因某些疏忽引起误差,甚至造成剂量错误。这种错误很难被检测出来,会影响期间治疗的所有患者,直到这一错误被发现才能被纠正过来。因此,医院加速器直接参与 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查,可以变相检查标定程序、摆位设置、TPS 建模等一系列与绝对剂量相关的流程。

根据邮寄 TLD 剂量核查说明,可选择源皮距和源轴距两种摆位设置。本研究中采用源轴距的方法,原因有两点:首先,目前加速器治疗中大多数采用源轴距的治疗方式;其次采用源轴距的摆位方式需使用 TPS 进行剂量计算,因此在 TLD 比对的结果中对于 CT 值电子密度转换和 TPS 建模等信息也进行取样,其比对结果涵盖范围更广。

通过邮寄 TLD 剂量核查,可发现医院加速器剂量校准程序缺陷或参数选择错误。1975—1982 年期间的此项目剂量偏差小于 $\pm 5\%$ 的不足 65%^[4],1969—1998 年期间剂量偏差大于 10% 的比率为 14%^[5]。随着这项服务的持续开展,到 1996—1998 年期间,剂量偏差小于 $\pm 5\%$ 的已超过 80%,但是剂量偏差大于 20% 的仍有 2%^[5],这已经可被认定为放射治疗事件。因此医院加速器直接参与 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查十分必要,可检查出 SSDL 到医院现场剂量传递过程中的种种错误。

随着我国精确放射治疗技术的发展,参与国际多中心临床研究也逐渐成为放射治疗科的迫切需求。然而,参与临床研究的前置条件是各中心的治疗技术和水平同质化。许多多中心临床研究需要参与者的加速器输出剂量每两年有一次第三方的独立核查,尤其 IAEA 的结果更具有权威性。我院加速器通过 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查合格后,成功参与到国际多中心合作研究 Gynecologic Cancer InterGroup Cervix Cancer Research Network (GCIG CCRN)^[11]中。

除了 IAEA/WHO 提供这项服务外,美国 MD Anderson 肿瘤中心还提供付费的放射剂量服务(Radiation Dosimetry Service, RDS),如需申请该服务,在 rds.

mdanderson.org 网站下载申请表格,电子邮件发送至 RDS@MDAnderson.org。

综上所述,医院加速器参与 IAEA/WHO 邮寄 TLD 剂量核查十分必要,有助于提高我国放射治疗质量的均质化,也能推动放射治疗部门参与国际多中心临床研究。

参考文献

- [1] 牛菲,闵楠,陈英民,等. 2012—2015 年山东省介入放射工作人员个人剂量监测结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25(6): 663-666.
- [2] 卢峰,孙洪强,李全太,等. 放射治疗对靶区外非邻近组织器官剂量的影响因素分析[J]. 中国辐射卫生, 2015, 24(6): 629-630.
- [3] Fukumura A. Multicentre dose audit for clinical trials of radiation therapy in Asia: [J]. Journal of Radiation Research, 2017, 58(3): 372-377.
- [4] Boyd A W, Eisenlohr H H. IAEA/WHO ^{60}Co teletherapy dosimetry service using mailed LiF dosimeters. A survey of results obtained during 1975—1982[J]. Medical Physics, 1983, 10(4): 491-492.
- [5] Izewska J, Andreo P. The IAEA/WHO TLD postal programme for radiotherapy hospitals[J]. Radiotherapy & Oncology Journal of the European Society for Therapeutic Radiology & Oncology, 2000, 54(1): 65-72.
- [6] 王军良,周振山,盛洪国,等. IAEA TRS398 与 TRS277 应用于加速器输出量校准的比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(3): 2594-2596.
- [7] 郎锦义,王培,吴大可,等. 2015 年中国大陆放疗基本情况调查研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(6): 541-545.
- [8] 姜庆寰,程金生,郭朝晖. ^{60}Co γ 射线国家二级剂量标准的 TLD 国际比对[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2008, 28(3): 278-279.
- [9] 姜庆寰,程金生,郭朝晖,等. IAEA/SSDL2009 年放疗剂量水平 TLD 国际比对[J]. 中国辐射卫生, 2011, 20(1): 62-63.
- [10] 刘立明,郭朝晖,姜庆寰,等. 2013 年 ^{60}Co 放疗标准的 IAEA/WHO 国际比对结果及分析[J]. 中国辐射卫生, 2015, 24(1): 79-80.
- [11] Gaffney D K, Suneja G, Ryu S Y, et al. The Cervix Cancer Research Network; A Global Outreach Effort on Behalf of the Gynecologic Cancer InterGroup[J]. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 2015, 92(3): 506-508.

收稿日期: 2018-10-08