

^{60}Co γ 射线放疗水平二级剂量标准的 TLD 国际比对

刘 雅 郭朝晖 姜庆寰 程金生

中图分类号: TL816⁺.7 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2013)06-0670-02

【摘要】 目的 通过参加 IAEA/WHO 组织的 TLD 国际比对, 检查二级标准剂量学实验室(SSDL) 放疗水平剂量标准和国际标准的一致性。方法 SSDL 对 IAEA 邮寄的 TLD 进行照射, 并计算出其吸收剂量, 然后将 TLD 及其计算结果寄往 IAEA 剂量学实验室, IAEA 对其进行评价后给出比对的偏差。结果 本次 ^{60}Co γ 射线吸收剂量比对的偏差为 -1.8%。结论 按照 IAEA 要求, 该项比对的最大允许偏差为 $\pm 3.5\%$, 所以这次比对结果是合格的。

【关键词】 国际比对; 热释光剂量计; 二级剂量标准

TLD International Intercomparison of Secondary Dosimetry Standard for ^{60}Co γ -ray Radiotherapy Level. LIU Ya, GUO Zhao-hui, JIANG Qing-huan, CHENG Jin-sheng. *National Institute for Radiological Protection, China CDC, Beijing 100088 China.*

Corresponding Author: CHENG Jin-sheng, E-mail: chengjs3393@163.com

【Abstract】 Objective To check the consistency between SSDL radiotherapy dose level standard and international standard, our SSDL participated in TLD international intercomparison organized by IAEA/WHO in 2012. **Methods** SSDL irradiated the TLDs posted by IAEA and calculated the dose to be delivered to the TLDs, then returned the TLDs and data sheet to IAEA dosimetry laboratory. IAEA gave the deviation of intercomparison result. **Results** The deviation for ^{60}Co is -1.8%. **Conclusion** The requirement of deviation between IAEA and SSDL should be no more than $\pm 3.5\%$. Therefore the results of this intercomparison are considered satisfactory.

【Key words】 International Intercomparison; TLD; Secondary Dosimetry Standard

自 1976 年开始, 为了改善和提高世界范围内放射治疗剂量的一致性和准确度, 促进电离辐射在医学领域的安全有效应用, 国际原子能机构(IAEA) 和世界卫生组织(WHO) 在发展中国家建立二级标准剂量学实验室网。二级标准剂量学实验室(以下简称 SSDL) 通过给放射治疗中心提供剂量仪校准和测量技术服务, 在国家基准剂量学实验室(PSDL) 和放疗中心之间起到了重要的桥梁作用。1983 年, 经国家有关部门批准, 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所(原卫生部工业卫生实验所) 加入了 WHO/IAEA 建立的二级标准剂量学实验室网, 成为 SSDL 成员实验室, 本实验室共建立了 4 项标准, ^{60}Co 放疗水平剂量标准是其中之一。IAEA 为了检查各 SSDL 标准的准确度水平, 从 1989 年以来每两年组织一次 SSDL 间的邮寄热释光剂量计(TLD) 国际比对。1991 年开始把比对时间改为了每年一次, 并要求采用 IAEA 的 277 号技术报告规定的吸收剂量计算方法。中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 SSDL 曾多次参加了 IAEA/WHO TLD 国际比对, 并取得了满意的结果^[1-2]。通过进行比对, 也保证了本所 SSDL 剂量标准与国际

标准的一致性。本文介绍了本实验室 2012 年参加国际比对的方法及结果。

1 比对的目、材料和方法

1.1 比对目的 IAEA/WHO 通过 TLD 国际比对的方法, 对各 SSDL 的量值、程序和技术能力进行核查, 在所推荐的参考条件下, 检验 SSDL 剂量标准的准确性。

1.2 比对材料 IAEA 标准剂量学实验室使用同一批经退火处理的 LiF-700 粉末, 装入黑色塑料胶囊管(防水), 制成统一尺寸的热释光剂量计(TLD), 连同 TLD 照射专用支架和数据表格一起邮寄到 SSDL 网内的各个参比实验室。每个实验室发放的 TLD 剂量计数量有 4 个, 其中 3 个用于照射, 1 个用于扣除在运输、辐照和保存过程中 TLD 可能受到的环境影响。比对要求在 IAEA 规定的时间内, 按照 IAEA 提出的照射条件和要求对 TLD 样品进行照射, 每个 TLD 样品在照射位置的吸收剂量为 2 Gy 左右。

此次比对使用本所的 ^{60}Co 照射装置(FCC-7000), 使用的工作标准是德国 PTW 公司生产的 UNIDOSE30010 型剂量仪和配套的 0.6cc 电离室, 该电离室比对之前在国家计量院进行了校准, 比对时再经本实验室的二级标准剂量仪检验校准, 保证比对仪器准确可靠。测量用 30 cm \times 30 cm \times 30 cm 标准水

作者单位: 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 辐射防护与核应急中国疾病预防控制中心重点实验室, 北京 100088
作者简介: 刘雅(1981-), 女, 助理研究员, 从事辐射剂量学相关工作。
通讯作者: 程金生, E-mail: chengjs3393@163.com

模,支架为 IAEA 提供。

1.3 比对条件及方法 规定的辐照参考条件是在常用的源皮距(SSD)下水平照射。此次 ^{60}Co 照射源皮距 $\text{SSD} = 80\text{ cm}$,辐射野尺寸是 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$,TLD样品置于标准水模体的水下 5 cm 深度处。因此,比对时先用剂量仪测量 ^{60}Co γ 射线水下 5 cm 处的一定时间内的读数,按 IAEA277 号报告规定的计算方法计算水中的吸收剂量率,根据剂量率计算出 ^{60}Co 照射 2 Gy 所需的时间 t ;然后把 TLD 照射支架放入专用照射水模,加水使水刚好和支架顶端平,并按照计算出的照射时间对每一个 TLD 进行照射(共照射三个剂量计)。照射完毕后,本实验室通过计算,给出 TLD 在照射位置准确的吸收剂量值 D_{SSDL} ,并填好数据表格,在照射后一周之内把照射后的 TLD 连同数据表一同寄回 IAEA 标准剂量学实验室。IAEA 标准剂量学实验室通过测量 TLD 给出其吸收剂量测量值 D_{IAEA} ,并给出比对结果的偏差。偏差在 $\pm 3.5\%$ 以内,则比对结果合格,若超出此范围,则需查找原因,重新比对。计算偏差的公式为:

$$\text{DEV}(\%) = (D_{\text{SSDL}} - D_{\text{IAEA}}) / D_{\text{IAEA}} \times 100$$

1.4 水中吸收剂量计算方法 1987 年 IAEA 出版了 TRS-277 号报告《光子和电子束吸收剂量的国际实用准则》,旨在提供一个世界范围内统一的放射治疗剂量测定程序,以促进放疗剂量的准确度达到国际上可以接受的一致性。1997 年 IAEA 又出版了 277 号报告的修订版,对高能光子束部分的主要修正是在水中测量时电离室的有效点的深度校正从原来的 $0.5r$ 都变为 $0.6r$ 。 r 为电离室空腔内半径,由于 PTW 30001 型电离室 $r = 0.315\text{ cm}$,所以测量时把电离室的几何中心置于水下 5.19 cm 处。

根据 TRS-277 报告^[3], ^{60}Co γ 射线在水中吸收剂量的计算分两个步骤:首先确定电离室空腔空气吸收剂量因子 N_D ,其计算公式为:

$$N_D = N_k(1 - g)k_{\text{att}}k_m \quad (1)$$

式中: N_k —电离室剂量计空气比释动能校准因子; g —次级电子韧致辐射能量份额,对于 ^{60}Co γ 射线, $g = 0.003$; k_{att} —仪器校准时电离室物质对光子减弱的修正因子; k_m —仪器校准时电离室物质的非空气等效校正因子。

对于本次比对测量所使用 PTW 30001 型电离室, $k_{\text{att}}k_m = 0.972$ 。

因在我国现行量值传递体系中,给出的是照射量校准因子 N_x ,因此 N_k 与 N_x 的数值关系为:

$$N_k = 2.58 \times 10^{-4} N_x \frac{W}{e} \frac{1}{1 - g} \quad (2)$$

式中: N_x —照射量校准因子; $\frac{W}{e}$ —在空气中形成一个离子对每电子电荷所消耗的平均能量,对于 ^{60}Co γ 射线, $\frac{W}{e} = 33.97\text{ J/C}$ 。

然后确定水模体中电离室测量有效点 P_{eff} 深度处吸收剂量 $D_w(P_{\text{eff}})$,其公式为:

$$D_w(P_{\text{eff}}) = M \cdot N_D S_{w,\text{air}} P_u P_{\text{cel}} \quad (3)$$

式中: M —经环境大气温度、气压修正后的仪器读数; N_D —电离室空气吸收剂量校正因子; $S_{w,\text{air}}$ —水/空气阻止本领比。对于 ^{60}Co γ 射线, $S_{w,\text{air}} = 1.133$; P_u —扰动修正因子。对于 ^{60}Co γ 射线, $P_u = 1.002$; P_{cel} —电离室中心收集极空气等效不完全的校正因子, $P_{\text{cel}} = 1.000$ 。

2 比对结果

通过上述公式计算出:照射时间 $t = 11.367\text{ min}$,对每个 TLD 样品进行照射后,将样品邮寄回 IAEA 标准剂量学实验室,IAEA 在收到照射过的 TLD 样品后,通过测量给出了 TLD 吸收剂量值 D_{IAEA} ,并给出 D_{SSDL} 的偏差,比对结果见表 1。

表 1 ^{60}Co γ 射线 TLD 样品比对结果

参数	结果(Gy)		
D_{SSDL}	2.02	2.02	2.02
D_{IAEA}	2.08	2.04	2.06
\bar{D}_{IAEA}		2.06	
相对偏差(%)		-1.8	

从表 1 看出,对 ^{60}Co γ 射线,相对偏差为 -1.8% ,在 IAEA 要求的相对偏差 $\pm 3.5\%$ 以内,因此,本所 SS-DL 2012 年参加的 IAEA/WHO 组织的 ^{60}Co γ 射线 IAEA-SSDL 国际比对,其比对结果是符合要求的。通过此次比对,证明了本实验室 ^{60}Co γ 射线标准与国际相应标准的一致性。同时也表明本实验室使用的测量方法和照射技术是正确的。

3 讨论

从结果可知,虽然此次比对结果的偏差在 $\pm 3.5\%$ 以内,但是出现负偏差现象,提示本实验室是否在 ^{60}Co γ 射线标准照射中存在 B 类误差,应在今后的比对中进一步进行考察。通过这次比对,检验了本实验室所使用剂量仪和电离室利用 IAEA 277 号技术报告的计算规范的正确性,对维护我们标准的准确度和可靠性起到了质量保证的作用;另一方面,也使我们熟练掌握了 IAEA 的测量方法和计算方法,对于在我国推广应

青岛市 2011 – 2012 年个人剂量监测中异常剂量分析

田青香,于海涛,王洪林

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004 – 714X(2013)06 – 0672 – 02

【摘要】 目的 调查分析放射工作人员个人剂量异常原因,保证报告值的准确可靠。方法 对单次监测结果超过调查水平的人员发放《职业外照射个人监测达到调查水平剂量核查登记表》。结果 2011 和 2012 年度共计 44 人次个人剂量异常,其中从事介入放射学工作的占 54.5%,从事诊断放射学工作的占 34.1%。大部分异常剂量在 5 mSv 以下,占 52.2%;大部分的剂量异常并非实际受照。导致剂量异常的原因主要有剂量计佩戴不规范,工作量大、接触射线时间长,以及操作不规范等。结论 加强防护知识培训,加大监督执法力度,提高个人防护意识,保证数据真实可靠是下一步工作的重点。

【关键词】 个人剂量; 监测; 异常

测定个人剂量的主要目的是证实符合剂量限值 and 审管要求,发现非预期事件,特别是那些可能产生相对高剂量的事件,以便能够提供相应的运行或医学响应^[1]。在职业人员常规监测过程中,常有异常数据出现,引起我们高度重视。为了保证放射工作人员个人剂量报告值的真实程度,我们对每一个监测周期剂量异常的人员发放《职业外照射个人监测达到调查水平剂量核查登记表》(以下简称《核查表》)进行调查,了解受照剂量较大的原因,确定受照剂量的可靠性,并引起有关单位领导重视,配合做好个人剂量计佩戴的管理工作。《核查表》内容、格式来源于《卫生部外照射个人监测管理系统》(以下简称《系统》)。

1 对象与方法

1.1 对象 2011 和 2012 年青岛市放射工作个人剂量监测结果异常的 44 人为调查对象。

1.2 方法 依据有关国家标准和规范^[2,3],我们把每个监测周期的受照剂量都导入到《系统》,对超过调查

水平的人员发放《核查表》进行调查,并由本人、单位负责人对调查表确认、签字,加盖单位公章后返回存档。

1.3 调查水平 调查水平是“诸如有效剂量、摄入量或每单位面积或体积的污染量这类量的值,处于或高于此水平,应当进行调查”。即如果超过调查水平,就应着手审议防护安排,以解决根由^[4]。调查水平采用《系统》默认的调查水平参考值(默认调查水平参考值 = $5 \times (T_2 - T_1) / 365.25$)。

2 结果

2.1 个人剂量监测达到调查水平人次占总监测人次比例 2011 年青岛市职业外照射个人剂量监测 915 人次,其中达到调查水平有 15 人次,占总监测人次的 1.6%;2012 年共监测 2 642 人次,达到调查水平有 29 人次,占总监测人次的 1.1%。

2.2 个人剂量监测异常剂量工种分布 两年中个人剂量监测达到调查水平人员中,从事介入放射学的人员最多,为 24 人次,占达到调查水平总人数的 54.5%;诊断放射学人数为 15 人次,占达到调查水平

作者单位: 青岛市疾病预防控制中心,山东 青岛 266003

作者简介: 田青香(1979 –),女,主管医师,硕士,从事辐射防护专业。

用 IAEA 剂量学国际实用准则奠定了基础,对于提高我国的放射治疗剂量的准确度有非常高的价值。

参考文献:

- [1] 程金生,李开宝,姜庆寰,等. ^{60}Co γ 射线放疗水平标准的 TLD 国际比对[J]. 中华放射医学与防护杂志,1997,17: 282 – 283.
- [2] 程金生,姜庆寰,李开宝,等. 医用高能 X 射线剂量测量 SSDL – TLD 国际比对[J]. 中华放射医学与防护杂志,

1998,18: 277 – 278.

- [3] IAEA TRS No. 277. Absorbed dose determination in photon and electron beams: An International Code of Practice [R]. Second Edition. Vienna: IAEA, 1997.
- [4] IAEA DMRP – 9810. TLD postal dose quality audit service for external radiotherapy [R]. IAEA, 1998.
- [5] IAEA/WHO ISSN 1011 – 2669. SSDL Newsletter [R]. IAEA, No. 44, 2001.

(收稿日期: 2013 – 08 – 05)