

吉安市放射工作人员个人剂量监测误差影响因素分析

王国栋, 王晓斌, 刘仁祜

中图分类号: R144.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2012)01-0034-02

【摘要】 目的 总结分析吉安市应用 RGD-3B 型热释光剂量仪进行放射工作人员个人剂量监测的经验, 提高监测结果不确定度控制水平, 减少偏差。方法 统计分析 2009 年吉安市 CDC 参加全国个人剂量监测系统比对数据和 2003~2009 年监测工作数据, 查找不确定度原因。结果 不确定度来源主要有测读仪和探测器固有因素、测量操作者因素、佩戴者因素三个方面。结论 通过对不确定度因素的分析控制, 可有效提高监测结果数据的准确性与可信度。

【关键词】 个人剂量监测; 热释光剂量仪; 比对; 不确定度

放射工作人员个人剂量监测是放射卫生工作的重要内容之一, 是评价放射防护有效程度和辐射所致健康影响的重要指标。监测结果数据的准确性是放射个人剂量监测的灵魂。吉安市疾病预防控制中心较早通过江西省卫生厅资质认证, 从 2003 年开始至 2009 年应用由北京防化研究院研制的 RGD-3B 型热释光剂量仪进行放射个人剂量监测, 获取 7 703 个监测数据。2009 年还参加了由中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全所组织的全国放射工作人员个人剂量监测系统盲样比对, 考核合格。现将考核与监测情况报告如下。

1 材料与方法

1.1 RGD-3B 型热释光剂量仪工作原理^[1] 热释光探测器受到射线照射后, 内部电子跃迁到较高能级, 并被掺杂了 Mg、Cu、P 后的缺陷所形成的陷阱俘获。当它被加热时, 这部分受热激发的电子又返回基态, 同时把储存的能量以发光的形式放出, 物质的这种特性称为热释光(符号 TL)。热释光强度随加热条件而变化, 两者之间的函数关系称为发光曲线。某段区间内发光曲线下的面积, 即该段区间内总热释光量子数与被测 TL 探测器在辐射场中的吸收剂量成线性关系。RGD-3B 型热释光剂量仪就是根据这种特性而设计的。

1.2 盲样比对方法 完全按照中疾控辐质[2009]9 号文的要求使用热释光测量系统开展。测读器为 RGD-3B 型热释光剂量仪, 探测器为的高灵敏 TLD2000C 型 LiF(Mg, Cu, P) 剂量片, Mode-400 型 TLD 剂量盒, 使用 2000B-TLD 型远红外精密退火炉为探测器退火。将由北京防化研究院购入并经筛选后的探测器均匀平整放入经无水酒精清洗擦拭过的铝盘内, 置于退火炉中 240℃ 高温加热 10min。迅速降温冷却后用测读器检测确认已将大部分剂量信息清除。将剂量计编号分为 7 组,

每组 3 个平行探测器, 邮寄至中国 CDC。一个月后收到中国 CDC 寄来的经中国计量科学研究院辐照过的盲样, 并立即进行检测。

1.3 常规监测方法 操作基本同 1.2。一般由医防保健科长或放射科主任负责个人剂量计的领取、分发、回收、监督佩戴、情况调查等工作。每逢双月 25 日由疾病预防控制中心寄出新探测器, 下月 5 日前收回佩戴过的探测器并测量, 每年测量 6 次, 每次发监测报告。单次监测剂量高于 2.5 mSv 者作佩戴情况及工作量调查。

2 结果

2.1 盲样比对结果(见表 1) 综合评定 B+S 为 24.61%, 判定合格。考核结果值均高于约定真值, 为正偏差。X 射线组平均 P_i 较小为 1.5%, 说明检测准确性较高, 在实际工作中可放心应用。⁶⁰Co 源组平均 P_i 较大为 18.8%, 应引起重视, 认真查找原因, 积极改善提高。

2.2 历年监测情况 见表 2。

该市监测对象主要为医用诊断 X 射线工作人员, 占 96.7%, 其工种包括普通 X 射、CT 操作技术及诊断、DSA 介入、碎石等, 其他工种包括 X 射线工业探伤、工业加速器、低剂量同位素仪应用等人员。监测历时连续七年, 共监测人数 2 049 人, 平均监测率 73.2%, 最高为 2009 年 87.4%, 最低为 2008 年 55.3%。实测样本 7 703 个, 剂量计回收率约 62.7%。2003~2009 年人均年剂量当量为 1.342 mSv·a⁻¹, 与湖北省疾病预防控制中心陈祖云等报道的武汉市某三甲医院的结果 1.482 mSv·a⁻¹ 相当^[2], 人均年剂量当量最高为 2004 年 1.755 mSv·a⁻¹, 最低为 2005 年 1.261 mSv·a⁻¹。

2.3 不确定度来源分析 笔者将测读仪报告值与佩戴剂量计的放射工作人员该周期内所接受的真实受照剂量的差别称为放射个人剂量监测误差, 含实验室测量不确定度及佩戴不规范误差。按有关规定, 在好的实验室条件下不确定度优于 10%^[3],

作者单位: 吉安市疾病预防控制中心, 江西 吉安 343000

作者简介: 王国栋(1966~), 男, 副主任医师, 从事职业卫生与放射卫生工作。

[12] Freitas MB, Yoshimura EM. Diagnostic reference levels for the most frequent radiological examinations carried out in Brazil [J]. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health, 2009, 25(2): 95-104.

[13] Ziliukas J, Morkunas G. Results of a patient dose survey on diagnostic radiology in Lithuania [J]. Radiat Prot Dosim, 2005, 114(1-3): 172-175.

[14] WS76-2011 医用常规 X 射线诊断设备影像质量控制检测规范[S].

[15] 北京市卫生局, 北京市卫生局关于印发《北京市医学影

像 X 线检查及造影图像共享指南(2011 年版)》的通知, <http://zfxgk.beijing.gov.cn/columns/81/5/265750.html>.

[16] 网易. 厦漳泉 10 月起互认医学检验和影像检查结果, <http://news.163.com/11/0930/08/7F6ELS4H00014AEE.html>.

[17] 金益和, 魏伟奇, 陈新伟. 福建省医疗机构电离辐射的应用及问题[J]. 海峡预防医学杂志, 2005, 11(5): 37-39.

(收稿日期: 2011-11-31)

表 1 2009 年吉安市 CDC 参加全国放射个人剂量监测盲样比对考核结果

分组	射线质	评定值 (mSv)	约定真值 (mSv)	偏差剂量 (mSv)	单组性能 Pi(%)	单组评定
1	X 射线 能量在 65keV	0.304	0.3	0.004	1.33	T
2	X 射线 能量在 65keV	0.908	0.9	0.008	0.89	T
3	X 射线 能量在 65keV	1.833	1.8	0.033	1.83	T
4	⁶⁰ Co 源 能量 1250keV	4.492	3.32	1.172	35.3	T
5	⁶⁰ Co 源 能量 1250keV	7.601	6.9	0.701	10.2	T

表 2 2003 ~ 2009 年吉安市放射工作人员个人剂量检测结果

年度	应监测 人数	监测 人数	受检率 %	检测样 本个数	人均年剂量 当量(mSv·a ⁻¹)
2003	333	282	84.7	481	1.428
2004	357	278	77.8	1 264	1.755
2005	383	255	66.6	1 152	1.261
2006	395	287	72.7	1 019	1.311
2007	418	295	70.6	1 109	1.502
2008	452	250	55.3	973	1.359
2009	460	402	87.4	1 705	1.356
合计	2 798	2 049	73.2	7 703	1.342

精确度和准确度 $\leq 10\%$ [4] 根据宁波市 CDC 胡利丰等分析,不确定度的来源可以从测量人员、测量理论、测量方法、测量系统和测量环境五个方面来识别,归纳为探测器分散性、量值传递、刻度因子、探测器重复性及光衰退等 [5]。笔者结合多年应用 RGD-3B 型热释光剂量仪实践经验,认为在操作上影响不确定度的因素有以下三个方面。

2.3.1 测读器本身固有及探测器不确定度因素 ①探测器的筛选按 $\pm 5\%$ 标准差。探测器有一定的使用寿命,重复多次使用后储存性能差,一般每年应更换一次新探测器,特别是受过大剂量辐照、表面污染变色、变形的探测器一定要淘汰。②通过退火炉高温加热探测器退火处理后,初始值小于 20uGy 即可(不可能为 0)若剂量太大,应再次退火。有的类型探测器退火时应注意“TL”面应向上。③通过调节 R_w 旋钮,从而改变光电倍增管高压影响光源,达到调节灵敏度的要求。④对滤光片进行清洁处理,可增加光源计数值,计数板还会影响到联机通讯状态。⑤加热盘和热电偶丝使用过久会影响升温状态,故应根据工作量定期更换,一般每 1~2 年更换一次。

2.3.2 操作者不确定度因素 操作者应具有一定的放射卫生专业技能知识和电脑操作技能。除一般的 Word、Excel 外,还应熟悉 Access 数据库操作。操作者未经规范性、系统性培训,不按规定操作易导致不确定度增加。①注意开机程序。打开电源开关,拉出加热装置,高压预热 40min,环境温度不要变化过大,最好恒温,以 25℃ 为宜,平时仪器保养应注意防磁、防尘、防潮、防震。②检查仪器各项设定值是否正常,尤其是校正 Bd 的设定值应真实、准确、合理。③开机要自检,检测高压、光源,达到预设值 ± 5 为宜,超过该范围应进行微调。④用镊子挟取 TL 探测器放置于加热板上中央,应检查“TL”面朝上,轻推送入以防探测器移位。⑤输入被测对象代码,按下检测键,观察升温 and 读数窗口,约 20s 后自动扣除本底值出结果,此时除仪器自动储存和打印记录外,还应填入为各单位建立的 Excel 档案表,以及时发现缺失人员和横向比较。若测量结果明显错误,应打电话向佩戴者了解情况,包括佩戴周期、异常工作量、佩戴

位置和方法等,确定测量值的可信性。必要时在数据录入时选“自由编辑”修正结果。⑥所有探测器检测完后,退出检测状态、联机通讯,输入数据、命名、保存、装入数据和查看结果。在联机通讯前应检查数据库清除状况,有时会有大剂量单位遗留痕迹,在文件夹“rgd3”中才能彻底删除小尾巴。

2.3.3 佩戴者不确定度因素 ①不按规定的位置佩戴。例如放在办公桌、窗台、门上或机房内、铅衣外。②不及时寄回探测器,使监测周期延长。③放射工作人员进修、休假、未及时缴纳监测费等原因使监测周期时断时续。④保管不慎,探测器被遗失或损坏、污染。⑤邮寄过程中探测器丢失或损坏。

3 讨论

首先,应该将 RGD-3B 型热释光剂量仪定期维修、保养、校验,及时更换受损元器件。从正规渠道购买合格探测器,并经筛选,通过校验确定适宜刻度因子,得到检定证书。参加中国 CDC 组织的盲样比对进行质控。

关于本底值的设置。测量本底值的设置直接影响监测结果。吉安市辖 13 个县(区、市),地域范围广,放射性本底值南北有差异。为减少误差,每个监测周期都应向每个县同时发放一组跟随本底剂量计,在测量结果中分别扣除,本底值不宜一成不变。有时出现测量值减本底值后为零或负数,缺失、损坏,应按 $1/2B_d$ 值计入名义剂量。

建议将应用程序中的“自由编辑”更名为“修正编辑”较为妥当。“自由编辑”意为操作人员毫无根据地随意编辑,无可信性,而“修正编辑”应根据其工作量、当地本底值及当月同事平均剂量水平,在已知发生错误(如人为误引起超高剂量、剂量为零)情况下,应删除错误结果,而输入其名义剂量。不应将检测结果数值绝对化考虑。例如想当然地认为诊断人员的剂量值应小于照射技术人员。当两者同时处于一个放射防护效果较好的本底环境中,其有效剂量值比较有时无统计学意义。

个人剂量监测是一项技术要求很高的专业工作,应挑选学历较高、专业对口、责任心强的专业技术人员,经过严格考核培训上岗从事放射个人剂量监测工作,采用准确可靠的个人剂量监测方法和规范的质量控制措施。

参考文献:

- [1] 北京防化研究院. GD-3B 型热释光剂量仪使用说明书 [Z]. 2003, 1.
- [2] 陈祖云. 武汉某三甲医院放射工作人员个人剂量监测结果与分析 [A]. 华中四省第十次职防工作学术交流会议论文集汇编 [C]. 2008, 133-135.
- [3] GBZ128-2002 职业性外照射个人监测规范 [S].
- [4] GBZ207-2008 外照射个人剂量系统性能检验规范 [S].
- [5] 胡利丰, 应正巨, 赵青青. 职业外照射个人剂量测定不确定度评定 [J]. 中国辐射卫生 2009, 12(4): 422-425.

(收稿日期: 2011-08-23)