

入射体表剂量调查的质量控制

陈维, 杨小勇, 秦永春, 马加一, 陈群, 冯子雅, 余宁乐

摘要: [目的] 分析放射诊断受检者入射体表剂量监测用热释光(TLD)检测系统质量控制措施, 提高测量结果的可靠性。[方法] 在二级标准剂量学实验室对用于入射体表剂量调查的TLD剂量元件照射标准曲线和盲样比对, 同时通过标准化的测量程序及设备的定期校正来控制检测系统的监测质量。[结果] 个人剂量与入射体表剂量盲样比对结果评定值与约定真值的偏差均小于 $\pm 10\%$; 三条标准曲线具有良好的线性(相关系数分别为0.9998、0.9996和0.9999)。[结论] 本实验室热释光(TLD)检测系统的质量控制符合国家有关规范要求, 监测结果准确可靠, 能保障放射诊断受检者入射体表剂量调查的顺利进展。

关键词: 入射体表剂量; 比对; 质量控制

Quality Control of a Thermoluminescence Detection System in Entrance Surface Dose Investigation
CHEN Wei, YANG Xiao-yong, QIN Yong-chun, MA Jia-yi, CHEN Qun, FENG Zi-ya, YU Ning-le (Department of Radiation Protection, Jiangsu Provincial Center for Disease Prevention and Control, Jiangsu 210009, China). Address correspondence to YU Ning-le, E-mail: yuningle@163.com · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To analyze quality control of a thermoluminescence detection system (TDS) in the investigation of patients' entrance surface doses (ESD) so as to improve the reliability of the measurement. [Methods] Standard curve of thermoluminescence dosimeters (TLDs) used in the investigation and dose comparison of blinded radiation samples were performed in a secondary standard dosimetry laboratory. Standardized measuring procedures and regular equipment calibration were adopted to control the monitoring quality of the TDS. [Results] The differences between the detected blinded samples' values and true values were less than $\pm 10\%$. Three standard curves presented good linearity (the correlations coefficients were 0.9998, 0.9996, and 0.9999, respectively). [Conclusion] The quality control of the TDS is in line with the requirements of relevant national standards. The monitoring results are accurate and reliable, and therefore can guarantee the patients' ESD investigation.

Key Words: entrance surface dose; comparison; quality control

联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)2008年报告书明确指出, 医疗照射是公众所受到最大的并且将不断增加的人工电离辐射照射来源^[1]。合理利用放射诊疗为公众健康服务的同时, 有效保护受检者与患者个体, 减少医疗照射所致的公众群体的剂量负担已成为我国卫生系统目前重要而紧迫的任务。江苏省疾病预防控制中心为配合做好卫生行业科研专项: 辐射危害控制与核辐射卫生应急处置关键技术研究及其应用的相关工作, 拟对本次放射诊断受检者入射体表剂量(entrance surface dose, ESD)调查中所使用的热释光(TLD)检测系统进行严格的质量控制, 以提高测量结果的可靠性。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

热释光(TLD)剂量测量系统包括: Harshaw5500型热释光

剂量仪(美国Thermo Electron Corporation); LAB-01型退火炉(德国Industriefenbau und Thermotechnik GmbH); 氟化锂(LiF)(Mg, Cu, P)探测器(北京康克洛公司)等。

1.2 个人剂量盲样比对方法

选取7组常规监测用的个人剂量计作为参加比对的剂量计, 每组为3个。其中1~5组为盲样照射, 6组为跟随本底, 7组作为备用剂量计。比对的剂量计在一个由组织代用材料制成的30 cm×30 cm×15 cm厚的板状体模上照射。5组盲样中3组为⁶⁰Co-γ射线照射(能量为1.25 MeV), 2组窄谱系列(X射线)照射(不告知能量信息)。照射后, 组织者寄回剂量计, 除说明跟随本底的组标识外, 不提供其他照射的信息。

1.3 入射体表剂量标准刻度曲线和比对方法

质控照射的量和单位是遵照国际辐射单位与测量委员会(ICRU)74号报告的要求^[2], 使用ESD的量值为患者(或受检者)体表剂量成模体表面剂量, 单位为毫戈瑞(mGy)。在国际标准化组织(ISO)规定的300 mm×300 mm×150 mm水模体上, 选用200 mm×200 mm的照射野, 确定从X射线管焦距到水模体前表面中心校准点的水平距离为1.5 m。将按分散性<5.0%挑选的240个TLD剂量元件标准化退火, 每个剂量计由6个TLD

[基金项目] 卫生行业科研专项(编号: 201002009)

[作者简介] 陈维(1986—), 女, 硕士, 医师; 研究方向: 放射流行病学;
E-mail: lady198602@163.com

[通信作者] 余宁乐主任医师, E-mail: yuningle@163.com

[作者单位] 江苏省疾病预防控制中心放射防护所, 江苏 210009

剂量元件组成,分装成 40 只剂量计,每 13 只剂量计为 1 组,共照射 3 条标准刻度曲线(80、100、120 kV)。每条标准刻度曲线用 10 只剂量计,2 只作为盲样,1 只用于跟随本底对照剂量计,计 39 只剂量计(余 1 只为备用剂量计)。

2 结果

2.1 探测器和读出器的选择

探测器材料的选择,要求其材料具有灵敏度高,组织等效性好,剂量响应范围宽,分散性小,重复使用周期长等特点。目前,应用最广泛的 TLD 剂量元件为氟化锂(LiF)系列,特别是 LiF:Mg、Cu、P 元件,它的有效原子序数为 8.2,与软组织很接近。本次放射诊断患者典型剂量研究选用的是直径 4.5 mm、厚 0.8 mm 的 TLD2000C 型 LiF(Mg, Cu, P)圆型元件,为同一批次,且经过筛选确保其分散性<5.0%。重复使用中的退火条件为(240±2)℃(不得超过 242℃)、10 min(恒温时间)。

读出器是热释光剂量元件监测的主要设备,应选择系统稳定性好(特别是高压的稳定性)的读出器。本项调查选用的是 Harshaw5500 型热释光剂量计。在测量过程中,监测人员必需注意读出器的噪音、光源和高压稳定性,以确保系统的正常运转。测量采用二阶段程序升温,第一阶段恒温 135℃ 8 s,第二阶段恒温 240℃ 20 s,升温速率为 15℃/s。

2.2 盲样比对

X 射线刻度系数 $C_f(x)$ 为 1.1 mSv/读数(83 keV)。γ 射线射线刻度系数 $C_f(\gamma)$ 为 0.912 mSv/读数。由所选 TLD 剂量元件进行仪器刻度的 X 射线和 γ 射线剂量计检验的相对标准误差分别为 -6.74% 和 1.35%。

盲样考核 3 组剂量计单组性能 P 最大为 7.1%,最小为 1.1%,综合性能为 6.3%(表 1),远小于判定水平 40%,符合 GBZ 207—2008《外照射个人剂量系统性能检验规范》的要求^[3]。比对结果说明本项目的实验室个人剂量检测系统数据在比对剂量范围内的准确性、稳定性均较好,刻度系数准确可靠,本项目的监测系统能满足个人剂量监测的性能要求。

表 1 个人剂量检测盲样考核结果

盲样组号	参考辐射	约定真值(mSv)	实际测量值(mSv)	单组性能(Pi, %)
1	⁶⁰ Co-γ	0.90	0.91	1.10
2	⁶⁰ Co-γ	0.50	0.51	2.00
3	N80	1.40	1.50	7.10
4	N80	0.70	0.72	2.90
5	⁶⁰ Co-γ	1.40	1.48	5.70

2.3 不同能量诊断 X 射线的标准曲线建立

为了得到准确的普通 X 射线摄影及数字 X 射线摄影患者剂量,准备 40 个由黑纸包好的 3 个 TLD 剂量元件组成的剂量计,分别用 80、100、120 kV 的诊断 X 射线,照射 3 条标准曲线。每条标准曲线分别照射 0.1、0.2、0.5、1.0、3.0、5.0、10、20、30、50 mSv,计 10 个剂量点(表 2)。

80、100、120 kV 的诊断 X 射线的刻度系数分别是 0.803 0、0.806 9、0.805 9,刻度曲线相关系数分别为 0.999 8、0.999 6 和 0.999 9,见图 1。

表 2 不同能量 X 射线各剂量点对应的净计数

诊断 X 射线(kV)	剂量点(mSv)									
	0.1	0.2	0.5	1.0	3.0	5.0	10	20	30	50
120	0.131	0.248	0.607	1.247	3.593	5.931	12.79	24.90	37.39	61.86
100	0.133	0.263	0.645	1.255	3.752	6.169	12.54	25.89	37.37	61.34
80	0.125	0.260	0.606	1.303	4.026	6.372	13.00	25.07	37.62	61.89

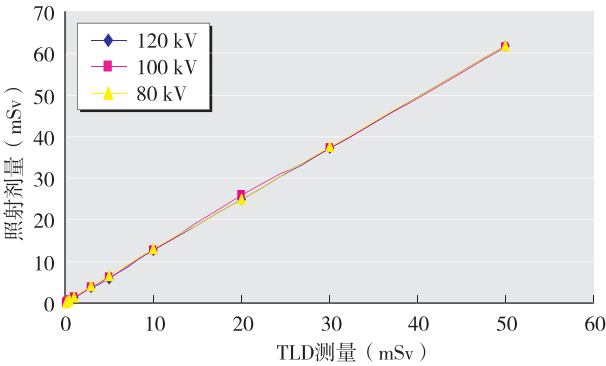


图 1 80、100、120 kV 诊断 X 射线的标准曲线

同时,选定的 6 个盲样点的照射参考剂量值,能均匀分布、并覆盖标准曲线的 3 个数量级,且检测范围不超过标准曲线的范围。6 组中单组性能 P 最大为 6.67%,最小为 0.86%。结果说明本 TLD 检测系统对于入射体表剂量测量同样准确、稳定,能满足其监测的性能要求,见表 3。

表 3 不同能量 X 射线的盲样考核结果

组号	参考辐射(kV)	约定真值(mSv)	实际测量值(mSv)	单组性能(Pi, %)
1	80	1.50	1.40	6.67
2	80	20.30	19.60	3.45
3	100	0.95	1.00	5.26
4	100	12.10	11.80	2.48
5	120	5.10	5.30	3.92
6	120	35.00	35.30	0.86

2.4 实验室监测人员及操作的质量控制

监测人员需通过技术培训后上岗,并通过不断学习和实践,提高业务技术素质。监测人员必须熟悉热释光基本理论、探测器特性、仪器工作原理及影响监测结果的各种因素等。本项目有完善的仪器操作规范和实验室作业规程,详细规定监测的各个步骤方法、时间要求、记录要求、操作注意事项等内容。在工作时,监测人员要求记录每盘读出器的噪音、光源和高压稳定情况及当日温度、湿度和气压。

3 讨论

本次放射诊断受检者入射体表剂量调查采用 TLD 方法实施开展患者(或受检者)的入射体表剂量调查,本项目测量使用的是 Harshaw5500 型热释光剂量计系统。其比对结果提示:该热释光检测系统性能稳定,测量精度能够满足放射诊断患者(受检者)入射体表剂量的调查要求。

调查实验室使用的热释光检测系统每年由相关计量院进

行一次质量鉴定检验。同时,有完善的仪器操作规范和实验室作业规程。但务必在每次 TLD 测量时,按照说明书的要求开机充分预热、设定测量程序和条件,待零点稳定且内光源监测读数与长期稳定的读数平均值一致时,再正式开始测量^[4-5]。本项工作中 ESD 的含义是指患者(或受检者)入射体表处的空气吸收剂量,不能与患者(或受检者)入射皮肤吸收剂量(entrance skin dose)的“ESD”含义相混淆。前者指的是空气吸收剂量,后者指的是器官吸收剂量。还需特别注意,不能与监测放射工作人员个人剂量时的 Hp(10)测量当量相混淆。同时,进行调查时使用的 TLD 包装方法要注意保持与照射标准曲线时包装 TLD 的方法一致。在开展调查时要在不同的机房环境中配置用作平行样测量和环境本底测量的 TLD,这是质控工作中不可缺少的环节。此外,参加全国个人剂量盲样比对是实验室质量控制的有效手段之一,历年参加 TLD 个人剂量计比对的经验表明:参加 TLD 比对是对剂量监测质量和水平的最好检验^[6]。同时还可以发现个人剂量监测中存在的问题,寻找解决问题的办法。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 郑钧正.联合国原子辐射效应科学委员会 2008 年报告书概述[J].辐射防护通讯,2012,32(4):39-43.
- [2] 欧向明,赵士安,李明生,等.X 射线诊断入射体表剂量监测用热释光剂量计的质量控制[J].中国医学装备,2012,9(5):4-7.
- [3] 中华人民共和国卫生部.GBZ 207—2008 外照射个人剂量系统性能检验规范[S].北京:人民卫生出版社,2008.
- [4] 尚爱国,何文昌,赵锋涛.热释光个人剂量监测的质量控制[J].原子能科学技术,2006,40(Suppl):107-109.
- [5] 黄丽华,吴德龙,林美榕,等.福建省热释光测量系统检定和比对结果分析[J].中华放射医学与防护杂志,2008,28(2):193-195.
- [6] 王进,杨小勇,余宁乐,等.热释光个人剂量监测的质量保证及参加 2008 年比对结果[J].中国辐射卫生,2009,18(3):315-316.

(收稿日期:2013-03-08)

(英文编审:金克峙;编辑:王晓宇;校对:张晶)

(上接第 695 页)

结论一致^[11-12],而脑出血则是随气压的下降而多发,气压的变化可能通过某种机制影响人体的生理变化从而在一定程度上增加了卒中中发病的风险。其余卒中分型尚不能认为与气象因素有相关性。

本研究在紫外线、空气质量、风速、湿度方面未发现与卒中中存在相关性,和多数相关研究类似,不过北京曾有研究指出脑梗死可能和湿度成负相关^[13],这与本研究数据的局限性可能有一定关系,今后可以考虑采集更为具体的数值加以分析,如紫外线强度数值,以及细化空气质量相关污染物指标,如 PM_{2.5}、氮硫化物等。其中紫外线、风速与卒中相关性研究的报道并不多,这些因素对发病可能产生的影响尚需更多的数据作进一步探索。

目前,气象因素对卒中中发病可能产生的影响已引起广大学者的重视。有些观点已获得多数人的认同,比如气温变化、气压变化可以诱发卒中,尤其老年人群,其血管适应性不如年轻人,容易对寒冷刺激产生反应,一旦在原有病变血管的基础上再发生痉挛,将极易引起卒中的发生,因此提前针对高危人群采取有效的干预措施显得尤为重要。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经精神科杂志,1996,29(6):379.
- [2] 周晓平,杨进.卒中中发生的时气节律及其气象医学原理探讨[J].中医杂志,2006,47(6):403-405.

- [3] 缪隼.上海市卒中流行趋势分析[D].上海:复旦大学,2010:40-42.
- [4] 金爱兰,邱晓光.脑卒中与气象因素关系分析[J].医学信息,2004,17(9):525-527.
- [5] 梁丽英.广州市气象因素和空气污染与卒中中发病的相关性研究[D].广州:广州医学院,2009:25-27.
- [6] 程锦泉,刘建平,张仁利,等.深圳市脑卒中发病与气温关系[J].中国公共卫生,2007,23(8):970-971.
- [7] 董蕙青,郭琳芳,覃天信,等.脑卒中发病与气象要素变化关系分析[J].广西气象,2000,21(2):40-42.
- [8] 刘方,张金良,陆晨.北京市气温与卒中中发病关系的时间序列研究[J].中华流行病学杂志,2004,25(11):962-966.
- [9] CURRIERO FC, HEINER KS, SAMET J, et al. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States[J]. Am J Epidemiol, 2002, 155(1):80-87.
- [10] 李相猛,黄科.脑卒中疾病发生的气象条件分析及其发病人数的预测[J].广东气象,2002(2):44-46.
- [11] 张晓燕,施国富,叶传伟.浙北地区脑卒中发病与气象因素的相关性探讨[J].心脑血管病防治,2002,2(3):29-30.
- [12] 王旭.沈阳地区脑卒中发病与气象环境因素的相关性[J].中国临床医学,2006,10(36):12-13.
- [13] 程彦杰,袁霞,陆晨,等.北京地区 70 万自然监测人群中中风发病率的季节波动与六时段气候因子相关关系的研究[J].北京中医药大学学报,2000,23(2):16-20.

(收稿日期:2013-01-06)

(英文编审:金克峙;编辑:王晓宇;校对:葛宏妍)