

2000—2011 年上海某医院放射工作人员个人剂量水平分析

张心平¹, 陈晓², 朱国英²

摘要: [目的] 探讨放射诊疗工作人员外照射个人剂量水平的变化趋势和可能影响因素。[方法] 采用热释光个人剂量计常规监测方法, 对上海某医院放射诊疗工作人员在 2000—2011 年的外照射个人剂量水平监测结果进行统计分析, 共计 1 200 人次。[结果] 2000—2011 年 12 年间该医院放射诊疗工作人员的人均年有效剂量为 0.22~0.44 mSv/a, 年均有效剂量中位数为 0.25 mSv/a, 其中核医学放射工作人员的年均有效剂量最高, 为 0.52 mSv/a。但各工种放射工作人员的剂量水平普遍低于国家标准规定的年均有效剂量限值和上海市及全国平均水平。[结论] 该医院放射工作人员的年均有效剂量低于国家标准规定的个人剂量限值。

关键词: 放射工作人员; 个人剂量; 热释光剂量计

Personal Radiation Doses of Radiology Workers in a Hospital in Shanghai, 2000-2011 ZHANG Xin-ping¹, CHEN Xiao², ZHU Guo-ying² (1.Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 2.Institute of Radiation Medicine, Fudan University, Shanghai 200032, China)
• The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To observe the personal radiation doses of radiology workers in a hospital in Shanghai. [Methods] Thermoluminescence dosimetry method was adopted to record the personal doses of radiology workers in a Shanghai hospital from 2000 to 2011. A total of 1 200 person-time were recorded. [Results] The annual average personal effective doses ranged from 0.22 mSv/a to 0.44 mSv/a during the selected 12 years, and the median of the average values was 0.25 mSv/a. The highest annual average effective dose was found in the nuclear medicine technologists (0.52 mSv/a). All the annual average effective doses estimated in the current study were lower than the national limits and the average radiation level of Shanghai or China. [Conclusion] The annual average effective doses of radiology workers in the hospital are under the limit of individual dose stipulated by national standard.

Key Words: radiation worker; individual radiation dose; thermoluminescence dosimetry

随着放射诊疗技术的发展, 其在临床的应用日益广泛, 尤其是放射诊疗新技术[如介入手术室数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)机、核医学科正电子发射断层成像(Positron Emission Tomography, PET)扫描装置]使用的不断增加, 放射诊疗工作人员存在接受职业照射和异常照射的可能, 这对放射工作人员的健康是潜在的威胁^[1-2]。为确保电离辐射技术的安全应用和放射诊疗工作人员的健康与安全, 我国已制定了相关的法律、法规和文件, 规定须对电离辐射技术从业人员包括放射诊疗工作人员进行常规监测^[1, 3]。职业性外照射个人剂量监测是辐射防护工作的重要组成部分, 也是放射诊疗工作人员职业健康监护的重要内容^[3]。本文拟回顾分析上海市某医院 12 年间放射工作人员的个人剂量检测结果, 以为放射诊疗工作人员受照剂量的正确评估以及辐射防护管理措施和政策制定提供剂量依据。

[基金项目] 上海市公共卫生重点学科建设计划(编号: 12GWZX0401)

[作者简介] 张心平(1970—), 女, 大学本科, 主治医师; 研究方向:

预防保健; E-mail: zxp10661@rjh.com.cn

[作者单位] 1. 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 上海 200025; 2. 复旦大学放射医学研究所, 上海 200032

1 对象与方法

1.1 调查对象

选择 2000 年 1 月—2011 年 12 月间上海市某三甲医院所有从事放射诊疗(包括放射诊断、放射治疗和核医学科)的工作人员为调查对象。共计 168 人, 其中放射诊断工作人员 116 人, 放射治疗工作人员 19 人, 核医学科工作人员 33 人。

1.2 检测方法

根据国家相关标准^[1], 采用 LiF(Mg, Cu, P)热释光剂量计(themoluminescence dosimeter, TLD)检测放射工作人员职业性外照射个人剂量, 指标为个人剂量当量[Hp(10)]。热释光剂量计佩戴于放射工作人员左胸前, 监测周期为 2 个月, 每年监测 6 次。热释光读出仪采用 RGD-3B 型热释光剂量仪; 退火炉是 TLD 2000B 型远红外精密退火炉(中国防化研究院核监测防护研究所生产)。所得读数数据经刻度系数校正, 并扣除本底剂量, 获得佩戴期间(2 个月)的个人剂量当量 Hp(10), 一年共 6 次监测数据的总和即为年有效剂量(mSv/a), 集体有效剂量(S_E , mSv)按下式计算^[4]:

$$S_E = \sum_i E_i N_i(E)$$

式中, $N_i(E)$ 是接受年有效剂量 E_i 的群体分组 i 中的人(次)

数, E_i 是年有效剂量。

1.3 质量控制

TLD 和热释光读出仪均经上海市计量测量技术研究院提供的照射量二级标准装置进行刻度和检定。TLD 使用前按变异系数进行筛片, 同一组别 TLD 的分散性 $\leq 4\%$ 。同时, 定期开展对放射工作人员个人剂量计佩戴情况和监测结果的抽查, 若发现监测结果可疑, 则进行追踪调查, 排除异常照射, 保证个人剂量数据的准确性。

1.4 统计分析方法

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871—2002)^[3] 规定, 职业放射工作人员年有效剂量限值为 20 mSv/a。本研究考虑到实际工作中剂量管理的目标值, 取该标准限值的 1/10 (2 mSv/a) 和 1/4 (5 mSv/a) 作为分析放射工作人员年有效剂量频数分布的分组界值。由于外照射个人剂量数据 $H_p(10)$ 呈非正态分布, 其平均水平用中位数 (M) 表示, 离散趋势用四分位数 (P_{25} 与 P_{75}) 表示。采用 SPSS 11.5 软件进行数据管理及分析, 组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 个人剂量当量 $H_p(10)$ 分布情况

2000—2011 年期间对该医院放射诊疗工作人员进行职业性外照射个人剂量的全覆盖监测, $H_p(10)$ 监测值的分布情况见表 1。12 年间总计检测人次数为 1 200 人次, 其年有效剂量的中位数为 0.22~0.44 mSv/a。其中, 年有效剂量低于 2 mSv/a 的共计 1 164 人次, 占有检测人次数的 97%; 超过 5 mSv/a 共计 4 人次, 分别为 (5.5, 5.6, 6.4, 7.3) mSv/a, 占有检测人次数的 0.33%; 2~5 mSv/a 者共计 32 人次, 占 2.7%。12 年间的年有效剂量的中位数为 0.25 mSv/a, 远低于国家标准规定的放射工作人员年有效剂量限值 (20 mSv/a)。

表 1 2000—2011 年放射工作人员个人剂量监测情况

年份	检测人次	年有效剂量频数分布			集体有效剂量 (mSv)	年有效剂量水平 (mSv/a)		
		<2 (mSv/a)	2~5 (mSv/a)	>5 (mSv/a)		M	P_{25}	P_{75}
2000	93	89	3	1	55.59	0.35	0.28	0.63
2001	93	89	4	0	56.92	0.31	0.18	0.56
2002	82	76	5	1	45.47	0.30	0.20	0.55
2003	79	78	0	1	39.74	0.25	0.17	0.59
2004	89	86	2	1	39.93	0.22	0.13	0.48
2005	93	92	1	0	32.16	0.25	0.13	0.39
2006	94	90	4	0	36.97	0.23	0.12	0.40
2007	98	96	2	0	41.32	0.28	0.09	0.44
2008	94	89	5	0	49.84	0.33	0.13	0.57
2009	111	111	0	0	40.18	0.27	0.09	0.45
2010	132	130	2	0	71.85	0.32	0.23	0.50
2011	142	138	4	0	90.44	0.44	0.32	0.69

2.2 外照射个人剂量水平与放射工种的关系

不同工种放射诊疗工作人员的外照射个人剂量水平见表 2。12 年间, 共检测从事放射诊断工作人员 743 人次, 从事放射治疗工作人员 175 人次, 从事核医学工作人员 262 人次。不同工种放

射工作人员年有效剂量之间差异存在统计学意义 ($P<0.01$)。其中, 核医学科工作人员的年有效剂量最高, 为 0.52 mSv/a。放射诊断工作人员年有效剂量最低, 为 0.24 mSv/a。放射治疗工作人员年有效剂量为 0.29 mSv/a。

表 2 2000—2011 年间不同工种放射工作人员个人剂量监测情况

工种	检测人次	年有效剂量频数分布			集体有效剂量 (mSv)	年有效剂量水平* (mSv/a)		
		<2 (mSv/a)	2~5 (mSv/a)	>5 (mSv/a)		M	P_{25}	P_{75}
放射诊断	743	727	16	0	293.88	0.24	0.13	0.41
放射治疗	175	171	2	2	72.35	0.29	0.21	0.41
核医学	262	243	17	2	213.98	0.52	0.38	0.86

[注]*: Kruskal-Wallis 秩和检验, $H=9.53$, $P<0.01$ 。

图 1 可见, 2000—2011 年间各年份的年有效剂量 M 值均低于 1.0 mSv/a。其中, 从事放射诊断工作人员的年有效剂量水平较为稳定, 放射治疗和核医学科的放射工作人员剂量在 2003 年后开始逐渐降低, 但在 2011 年又有一个明显升高的趋势。

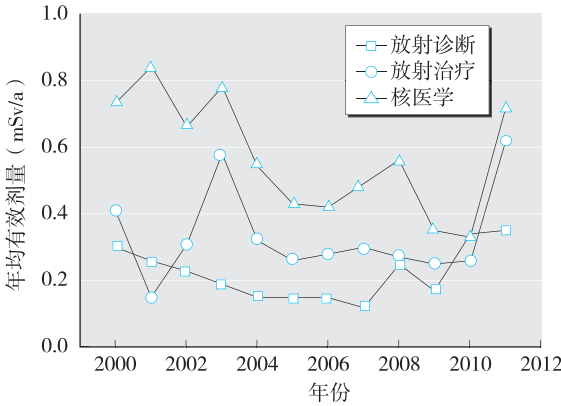


图 1 不同年份不同工种放射工作人员年有效剂量的变化

3 讨论

职业性外照射个人剂量监测数据是评价放射工作场所防护水平、管理水平以及进行放射病诊断和治疗的重要依据。本研究经对上海市某三甲医院放射诊疗工作人员在 2000—2011 年共 12 年期间的职业性外照射个人剂量监测数据的回顾性分析, 发现该医院放射诊疗工作人员的年有效剂量为 0.22~0.44 mSv/a, 中位数为 0.25 mSv/a。其中, 年有效剂量低于 2 mSv/a、2~5 mSv/a 和超过 5 mSv/a 者分别为 97%、2.7% 和 0.33%, 远低于国家标准规定的放射工作人员年有效剂量限值 (20 mSv/a) 和上海市平均水平^[3-7]。

对不同工种放射工作人员的年有效剂量分布的分析表明, 不同工种放射工作人员年有效剂量之间差异存在统计学意义 ($P<0.01$)。其中, 核医学科工作人员的年有效剂量最高, 为 0.52 mSv/a。由于核医学工作人员工作场所为非密封型放射工作场所, 工作人员在进行放射性药物准备及注射等过程中容易直接受到核素照射^[8]。此外, 已注射药物的患者可以作为活动的辐射源, 会对医务人员造成一定间接照射^[9]。这些都可能是导致其年有效剂量高于其他工种工作人员的原因。尤其是近年随着 PET 等检查技术的应用增加, ^{18}F 等较高能量放射性药物的使用, 增加了放射工作人员接受较高外照射剂量

的可能性。因此,核医学科工作人员应该作为职业放射防护的重点监护对象,尤其是对于从事放射性药物注射、摆位等操作工作的核医学工作人员。应该加强对核素准备、配药及注射等操作人员专业技能培训及辐射防护培训,增强其操作技能及防护意识,严格使用相关防护用品,尽量缩短操作时间,必要时采用轮岗制,尽可能降低其辐射剂量。

此外,从事放射治疗工作人员的个人剂量也相对较高,并且有 2 名工作人员的年均有效剂量超过 5 mSv/a。这可能与放射治疗工作人员不仅受到治疗射线束及散射线的照射,还可能受到高能射线照射后产生的感生放射性核素的照射^[10]。因此,应该加强对放射治疗工作人员辐射防护知识培训,增强其对感生放射性的认识,并加强其防护措施,以降低感生放射性核素对健康的影响。

本研究显示从 2003 年开始到 2010 年,不同工种放射工作人员的年均有效剂量均呈不同程度的下降趋势。推测可能与 2002 年 5 月《职业病防治法》开始实施,各级部门对建设项目职业病危害的认识提升,加强监督检查以及放射工作单位辐射防护措施改善有关。但近年来职业性外照射个人剂量又有所增高,推测可能与近年临床核医学和放射治疗设备的快速普及、相关业务工作量增加有关(包括核医学科 PET/CT 的使用、放射治疗临床应用的逐年增加等)。但相关变化趋势有待进一步分析。

总之,研究发现 2000—2011 年间,该医院放射工作人员年均有效剂量明显低于国家标准规定的年有效剂量限值。在长达 12 年的检测期间均未发现超标现象,表明目前该院的放射工作场所防护条件可满足健康和安全需要。但是,仍然要进一步增强职业人群尤其是放射治疗及核医学放射工作人员的辐射防护意识,以期使职业性外照射个人剂量达到尽可能低的水平。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国卫生部. GBZ 128—2002 职业外照射个人监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [2] 贾晓筠, 赵晓爱, 郑丽仙, 等. 太原市放射工作人员个人剂量水平与健康状况调查分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2008, 28(1): 78-79.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [4] ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection[S]. Oxford: Pergamon Press, 2007.
- [5] 蔡菁婷, 赵军. 2008—2011 年上海市闸北区放射工作人员个人剂量监测结果[J]. 职业与健康, 2012, 28(15): 1833-1834.
- [6] 路鹤晴, 沈耀芳, 陈丽芳, 等. 上海市部分放射工作人员外照射个人剂量水平分析[J]. 环境与职业医学, 2006, 23(5): 421-422, 425.
- [7] 胡爱英, 徐辉, 孙全福. 我国职业外照射个人监测与健康监护[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 27(2): 212-214.
- [8] 姚元龙, 章龙珍, 徐凯, 等. 2002—2011 年间某医院放射工作人员的个人剂量监测结果[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(4): 410-411.
- [9] 黄海潮, 魏伟奇, 翁振乾, 等. PET 受检者出院后对公众照射剂量的估算与评价[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(2): 175-176.
- [10] 李军, 张西志, 许翠珍, 等. 放射治疗工作人员个人剂量监测结果与分析[J]. 中国辐射卫生, 2008, 17(2): 176-177.

(收稿日期: 2013-02-06)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 洪琪; 校对: 丁瑾瑜)

【精彩预告】

体外暴露 900 MHz 射频磁场对小鼠神经元电压门控 Na⁺ 通道的影响

郑羽, 张子钊, 王金海, 等

为了研究手机 900 MHz 射频磁场对脑皮质神经元 Na⁺ 通道的影响。研究人员选取鼠龄为 7~10 天龄的昆明小鼠乳鼠, 分为对照组与磁场暴露组, 采用 900 MHz、发射功率为 398.1 mW 的射频磁场作用于磁场暴露组 (5、10 及 15 min), 应用全细胞膜片钳技术检测其电压门控 Na⁺ 通道, 观察各组神经元动作电位的变化。结果显示, 900 MHz 磁场暴露使神经元 Na⁺ 通道激活电位向超极化方向移动, Na⁺ 电流峰值增大, 使得 Na⁺ 通道激活和失活曲线向超极化方向移动: 对照组与磁场暴露组半数激活电压分别为 (-34.983 ± 0.34) mV 和 (-43.137 ± 0.56) mV ($n=10$, $P<0.05$), 斜率因子 k 分别为 (2.334 ± 0.15) mV 和 (2.339 ± 0.36) mV ($n=10$, $P>0.05$); 半数失活电压分别为 (-55.809 ± 0.189) mV 和 (-63.64 ± 0.627) mV ($n=10$, $P<0.05$), 斜率因子 k 分别为 (4.40 ± 0.147) mV 和 (5.737 ± 0.54) mV ($n=10$, $P>0.05$)。说明 900 MHz 磁场暴露小鼠皮层神经元可改变 Na⁺ 通道的跨膜离子电流 (I) 与电压 (V) ($I-V$) 特性、激活和失活特性, 从而使得动作电位的开启提前和加快快速上升阶段, 使得神经元细胞更加兴奋并且促进动作电位的传导, 影响神经元的生理功能。

此文将于近期刊出, 敬请关注!