

某大型综合医院放疗工作人员年个人受照剂量及特征分析

胡永¹, 许妍艳², 韦岚峥², 锁涛², 丁昉², 孙湛²

1. 复旦大学附属中山医院放疗科, 上海 200032; 2. 复旦大学附属中山医院医务处, 上海 200032

【摘要】目的:探讨近年来放疗工作人员年个人受照剂量的变化趋势, 并进行特征分析, 为医务管理工作提供参考依据。**方法:**对2016~2019年间复旦大学附属中山医院放疗科放疗工作人员的年个人受照剂量进行统计分析, 其中2016~2019年纳入统计的人次分别为59、60、63和65。按照工种、职称、工龄和性别进行特征分析。**结果:**2016~2019年放疗工作人员年个人受照剂量中位值分别为0.703、0.447、0.202、0.226 mSv。总体来看, 放疗技术员受照剂量稍高于放疗医师和物理师, 男性放疗工作人员受照剂量高于女性。**结论:**近年来, 放疗工作人员年个人受照剂量出现明显下降, 要更加重视放疗技术员的辐射防护。

【关键词】综合医院; 放疗工作人员; 放射治疗; 辐射防护; 个人剂量

【中图分类号】R144 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1005-202X(2022)01-0028-04

Annual individual radiation dose to radiotherapy personnel in a large general hospital and characteristics analysis

HU Yong¹, XU Yanyan², WEI Lanzheng², SUO Tao², DING Fang², SUN Zhan²

1. Department of Radiation Oncology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Medical Service, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

Abstract: Objective To explore the change trends of annual individual radiation dose to radiotherapy personnel in recent years, and to carry out characteristics analysis, so as to provide reference for medical management. **Methods** During 2016 and 2019, the annual individual radiation doses to radiotherapy personnel in Department of Radiation Oncology, Zhongshan Hospital, Fudan University were statistically analyzed. There were 59, 60, 63 and 65 persons in 2016 to 2019 were enrolled in this study. The characteristics analysis was carried out after the persons were grouped by the type of work, professional title, working age and gender. **Results** The median of annual individual radiation dose to radiotherapy personnel in 2016 to 2019 was 0.703, 0.447, 0.202 and 0.226 mSv, respectively. In general, the radiation dose to radiation therapists was slightly higher than that to physicians and physicists, and the radiation dose to male radiotherapy personnel was higher than that to female. **Conclusion** In recent years, the annual individual radiation dose to radiotherapy personnel has a significant decline. More attention should be paid to the radiological protection of radiation therapists.

Keywords: general hospital; radiotherapy personnel; radiotherapy; radiological protection; individual dose

前言

2008年, 联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)报告2000~2002年间全球医疗相关放射

工作人员的平均年个人受照剂量为0.5 mSv^[1]。1990~2000年, 我国医疗相关放射工作人员的该剂量水平从2.16 mSv下降到1.16 mSv, 呈持续下降趋势^[2]; 到2016年, 该剂量则进一步降低到0.35 mSv, 且超过94.5%的医疗相关放射工作人员年个人受照剂量低于公众的1 mSv限值^[3]。近10年来, 随着放疗设备不断迭代, 钴-60治疗机已基本被淘汰, 国内多数放疗中心使用的是电子直线加速器, 工作人员受到的辐射主要以外照射为主。但近阶段针对放疗工作人员的个人受照剂量监测方面的报道少见, 故本文拟对大型综合医院放疗工作人员的个人受照剂量进行分析, 供同道交流。

【收稿日期】2021-03-07

【作者简介】胡永, 硕士在读, 主管技师, 主要研究方向: 放射治疗新技术, E-mail: hu.yong@zs-hospital.sh.cn; 许妍艳, 主管护师, 主要研究方向: 放射防护管理, E-mail: xu.yanyan@zs-hospital.sh.cn(胡永和许妍艳为共同第一作者)

【通信作者】孙湛, 硕士, 主任医师, 主要研究方向: 医务管理(含放射防护管理), E-mail: sun.zhan@zs-hospital.sh.cn

1 材料与方法

1.1 监测对象

选取 2016~2019 年复旦大学附属中山医院放疗科的放疗工作人员为研究对象,其中 2016~2019 年纳入统计的监测人次分别为 59、60、63 和 65,合计 247 人次。纳入统计分析对象的标准:(1)2016~2019 年就职于复旦大学附属中山医院放疗科的工作人员,包括放疗医师、物理师和技术员;(2)规范佩戴个人剂量计;(3)长期请假、出国的人员不纳入;(4)下半年新入职人员不纳入当年统计。

1.2 仪器设备

所有放疗工作人员在放射工作场所均正确佩戴热释光个人剂量计,热释光材料为氟化锂[LiF(Mg, Cu, P)],其组成接近等效的组织材料,具有较好的能量响应。剂量计为徽章式小型塑料盒,热释光薄片嵌于塑料盒内。检测仪器为 RGD-3B 型热释光剂量仪。检测项目为 X、 γ 、 β 累积剂量,检测方法为热释光测量。热释光个人剂量元件在检测后退火,可以重复使用。

1.3 剂量监测

个人剂量监测严格遵循 GBZ128-2002《职业性外照射个人剂量监测规范》,放疗工作人员的个人热释光剂量计送检频次为每 2 月 1 次,检验部门为复旦大学放射医学研究所,由该部门出具放疗工作人员个人受照剂量报告。将每年 6 次的个人受照剂量进行累加,累积值即为年个人受照剂量,单位为毫希沃特

(mSv)。个人剂量监测参照 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》。当放射工作人员的年受照剂量低于相应限值时,职业性外照射个人监测得到的个人剂量当量 $H_p(10)$ 可直接视为有效剂量。对于放射工作人员的年个人受照剂量小于 5 mSv 时,记录个人剂量监测的结果,达到或超过 5 mSv 的工作人员则需要进行调查。本研究中尚无剂量超标对象,最大年个人受照剂量为 3.551 mSv。

1.4 统计学处理

使用 STATA 13.0 软件和 GraphPad Prism 8.3.0 软件进行数据统计和分析,对于偏态性计量资料,采用中位数和四分位数进行统计描述,两组独立样本间统计分析采用威尔克逊秩和检验(Wilcoxon rank sum test),多组间统计分析采用克鲁斯卡尔-沃利斯检验(Kruskal-Wallis rank test),克鲁斯卡尔-沃利斯检验后再进行多重比较。检验水准 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 为结果有统计学意义。

2 结果

2.1 2016~2019 年个人剂量监测结果

从表 1 中可以看出,2016 年放疗工作人员的年个人受照剂量中位值最高,为 0.703 mSv;2017 年次之,为 0.447 mSv,但该年度年个人受照剂量最大值为 3.551 mSv,居 4 个年度最高;2019 年度中位值为 0.226 mSv,略高于 2018 年度,且该年度无人员年受照剂量超过 1 mSv。

表 1 2016~2019 年放疗工作人员个人剂量监测结果(mSv/年)
Table 1 Individual radiation dose monitoring results of radiotherapy personnel from 2016 to 2019 (mSv/year)

年份	监测人次	中位数	四分位数(P25, P75)	最大值	最小值
2016	59	0.703	(0.357, 0.769)	1.553	0.171
2017	60	0.447	(0.354, 0.535)	3.551	0.099
2018	63	0.202	(0.154, 0.260)	1.092	0.042
2019	65	0.226	(0.184, 0.303)	0.605	0.063

2.2 不同年份年个人受照剂量比较

如图 1 所示,2016~2018 年,放疗工作人员年个人受照剂量出现明显下降,下降趋势最陡峭;2018~2019 年,年个人受照剂量表现为低水平平稳趋势。对不同年份之间进行多重比较,2016 年与 2017 年、2018 年与 2019 年放射工作人员之间年个人受照剂量无统计学差别($P>0.05$);2016 年与 2018 年、2016 年与 2019 年、2017 年与 2018 年、2017 年与 2019 年之间年个人受照剂量有显著统计学差异($P<0.001$)。

2.3 不同工种、职称、工龄和性别放疗工作人员个人受照剂量比较

从图 2 中可以看出,不同工种、职称、工龄和性别的放疗工作人员自 2016 年至 2018 年,年个人受照剂量均有快速下降;2018~2019 年,年个人受照剂量在较低水平趋于平稳。图 2a 显示在 2018 年医生、物理师和技术员年个人受照剂量不全相同, $P=0.043$,其中,医生、物理师和技术员年个人受照剂量中位值分别为 0.202、0.154、0.213 mSv,经多重比较,该年度医生与物理师、医生与

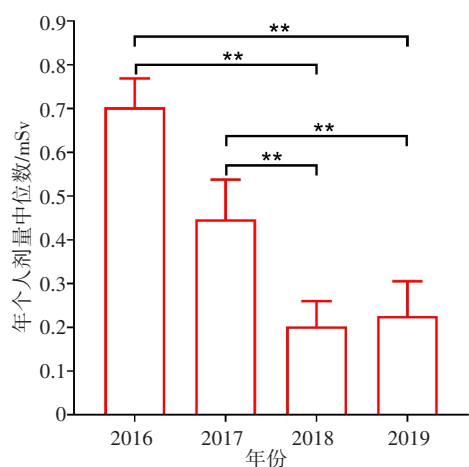


图1 2016~2019年放疗工作人员年个人受照剂量及年份间多重比较
Figure 1 Multiple comparisons of annual individual radiation doses to radiotherapy personnel from 2016 to 2019
** $P<0.001$

技术员之间年个人受照剂量无统计学差异($P>0.05$);物理师和技术员之间年个人受照剂量有统计学差异($P=0.039$)。图2b显示不同职称人员在不同年份年个人受照剂量均无统计学差异($P>0.05$)。图2c显示2016年工龄在1~5年、5~10年和10年以上3个组工作人员年个人受照剂量不全相同, $P=0.030$,其中,工龄在1~5年、5~10年和10年以上的3个组年个人受照剂量中位值分别为0.688、0.759、0.555 mSv,经多重比较,该年工龄在1~5年与5~10年、1~5年与10年以上组别之间无统计学差异($P>0.05$),工龄5~10年与10年以上两组年个人受照剂量有统计学差异($P=0.036$)。图2d显示男性放疗工作人员年个人受照剂量高于女性,并在2018年两组之间表现出统计学差异($P=0.017$),该年男性和女性年个人受照剂量分别为0.219和0.176 mSv。

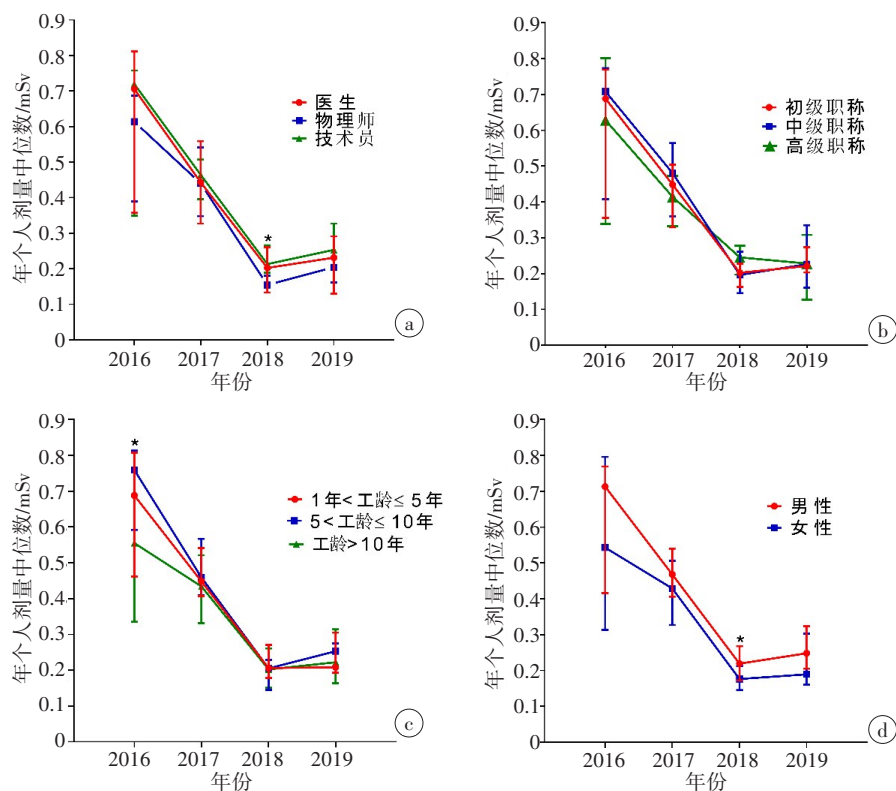


图2 不同工种、职称、工龄和性别的放疗工作人员年个人受照剂量比较
Figure 2 Comparison of annual individual radiation doses to radiotherapy personnel after being grouped by type of work, professional title, working age and gender
* $P<0.05$

3 讨论

放射工作人员个人受照剂量监测与管理始终是医院防保工作的重点,根据《放射诊疗管理规定》,放射诊疗工作可以依照诊疗风险与技术的难易程度分为X线影像诊断、介入放射学、核医学和放射治疗等几大类^[4]。本中心放疗工作人员接触的射线与其他医疗放射工作

不同,直线加速器产生的是兆伏级X射线,X线模拟定位机和CT模拟定位机产生的是千伏级X射线,放疗工作人员受到的辐射危害主要包括不同能级X射线产生的辐射危害、中子的辐射危害^[5]、感生放射线的辐射危害以及非辐射危害的因素等。自2017年起,放疗科停用15 MV X射线,治疗计划以6 MV X射线为主,这一因素可能是放疗科全体工作人员年个人受照剂量下降的

根本原因。另外,能量超过10 MV X线容易产生中子,增加辐射防护的难度^[6-7]。对于加速器机房迷路以及防护门,除了要考虑X射线的泄漏和散射,还要考虑中子散射的屏蔽,以及迷路的墙壁因俘获中子而产生X射线的辐射危害。感生放射性的辐射危害同样是放疗工作人员个人受照剂量的重要来源,感生放射性影响的主要是进入机房摆位的技术员以及加速器的维修人员。放疗技术员是放疗计划的执行者,直接操作放疗机器,需要进入机房对每位患者进行摆位,因此,年个人受照剂量高于放疗医生和物理师。另外,男性放疗工作人员的年个人受照剂量高于女性,且在2018年度两者具有显著统计学差异,这可能与放疗技术员男性占比较高有关。空气的辐射分解会产生臭氧和氮氧化物,称为非辐射危害,其对人体的危害途径主要以吸入为主,其中臭氧的毒性最高^[8-9]。因此,治疗机房内的通风换气十分关键,治疗机房内每小时换气次数不应低于4次。

从本文研究数据来看,近年来放疗工作人员辐射防护的状况是令人满意的,但仍有必要优化和减少职业辐射暴露^[10]。辐射防护中,外照射的防护方法主要是时间防护、距离防护和屏蔽防护。提高放疗技术员对机器操作的熟练程度,以及患者治疗前做好充分准备,可以减少技术员在机房内的逗留时间;另外,照射完毕后放疗技术员需要进行充分等待再进入机房,这几方面均可以起到时间防护作用。距离防护上,笔者认为若摆位条件允许,技术员在摆位中可适当增加其与加速器机头间的距离。屏蔽防护上,放疗工作人员尤其是放疗技术员可以穿戴个人防护用品。但也有学者认为加速器工作人员仅仅穿戴铅围裙是不能起到预期防护作用,相反可能会增加受照剂量,工作人员在进入加速器机房时要尽量避免佩戴有金属物质的配饰和衣服配件^[11]。除此之外,放疗物理师在计划设计时,在光子能量选择上要充分考虑肿瘤的治疗深度以及选用的高能射线可能造成的辐射环境危害。

放射工作人员的眼晶状体和腺体是辐射的敏感靶器官。近期有研究报道医院放射工作人员晶状体浑浊、视疲劳和干眼发生率要明显高于普通医务人员^[12-13]。长期接触低剂量电离辐射可引起放射工作人员的甲状腺损伤^[14]。放疗工作人员在严格执行定期体检制度的同时,放射防护管理部门应根据其健康状况及时做出“是否可继续从事原放射工作”的研判。从管理角度而言,放射防护管理部门如医院防保科,还要进一步加强放射防护和相关法律知识的培训以及放射工作人员健康体检的监督,增加辐射监测设备和个人防护用品的配置^[15]。

放射治疗射线装置种类繁多,本文的局限性在于放疗科所涉及的数据仅限于医用电子直线加速器和螺旋断层放疗系统以及CT和X线模拟定位机,而伽马刀、质子重离子加速器以及后装治疗机等工作人员的辐射剂量可能与本报道结果有所不同。

4 结 论

放疗工作人员个人受照剂量近年呈明显下降趋势,放疗技术员需要进机房摆位,其个人受照剂量稍高于放疗医生和物理师;男性放疗工作人员个人受照剂量稍高于女性。医院管理部门要进一步加强放疗工作人员的放射防护,尤其是放疗技术员的放射防护。

【参考文献】

- [1] GORDON S W, SCHANDORF C, YEBOAH J. Optimization of radiation protection for the control of occupational exposure in Ghana [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2011, 147(3): 386-393.
- [2] TIAN Y, ZHANG L, JU Y. Dose level of occupational exposure in China [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2008, 128(4): 491-495.
- [3] DENG J, FAN S, WANG T, et al. Trends and distribution analysis of occupational exposure from medical practices in China (2010-2016) [J]. Health Phys, 2019, 117(6): 656-660.
- [4] WERNLI C. A short history and critical review of individual monitoring [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2016, 170(1-4): 4-7.
- [5] BROCKSTEDT S, HOLSTEIN H, JAKOBSSON L, et al. Be aware of neutrons outside short mazes from 10-MV linear accelerators X-rays in radiotherapy facilities [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2015, 165(1-4): 464-467.
- [6] 魏澜波, 潘润铎, 陈大伟, 等. 15 MV 医用电子加速器机房放射防护设计研究 [J]. 中国医疗设备, 2013, 28(1): 108-110.
- [7] WEI L B, PAN R D, CHEN D W, et al. Study of radiation protection design for 15 MV medical electron accelerator room [J]. China Medical Devices, 2013, 28(1): 108-110.
- [8] SILARI M. Workplace characterisation in mixed neutron-gamma fields, specific requirements and available methods at high-energy accelerators [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2007, 124(3): 230-244.
- [9] SAEED M K, POPPE B, FISCHER H W. Direct air activation measurements at a 15-MV medical linear accelerator [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2015, 163(2): 233-237.
- [10] TANA L, CIOLINI R, CIUFFARDI E, et al. Evaluation of air photoactivation at linear accelerators for radiotherapy [J]. J Radiol Prot, 2015, 35(2): 239-248.
- [11] QIAN Q Z, CAO X K, SHEN F H, et al. Effects of ionising radiation on micronucleus formation and chromosomal aberrations in Chinese radiation workers [J]. Radiat Prot Dosimetry, 2016, 168(2): 197-203.
- [12] 祖国红, 王厚伟. 加速器工作人员穿戴铅围裙辐射防护效果监测 [J]. 中国医学装备, 2018, 15(5): 25-29.
- [13] ZU G H, WANG H W. Monitoring on the protecting effect of lead apron of accelerator staff against radiation [J]. China Medical Equipment, 2018, 15(5): 25-29.
- [14] 潘萍萍, 景丽艳, 胡祖应. 医学放射工作人员眼部情况分析 [J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2019, 41(3): 227-230.
- [15] PAN P P, JING L Y, HU Z Y. Analysis of eye conditions in medical radiation workers [J]. Chinese Journal of Ocular Trauma and Occupational Eye Disease, 2019, 41(3): 227-230.
- [16] 潘萍萍, 王强, 景丽艳, 等. 某市1720例医学应用类放射工作人员晶状体情况分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2019, 37(5): 397-400.
- [17] PAN P P, WANG Q, JING L Y, et al. Analysis of lens of 1720 medical application radiology workers in Hangzhou [J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2019, 37(5): 397-400.
- [18] 涂雷, 王守林, 董秋, 等. 低剂量电离辐射对医疗职业人群甲状腺机能影响研究 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2018, 36(2): 91-94.
- [19] TU L, WANG S L, DONG Q, et al. Effect of low-dose ionizing radiation exposure on thyroid function in a medical occupational population [J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2018, 36(2): 91-94.
- [20] 李小亮, 孙全富, 刘建香, 等. 2019年全国监测医院辐射防护用品配备及放射工作人员职业健康管理现状 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2020, 40(10): 753-757.
- [21] LI X L, SUN Q F, LIU J X, et al. Allocation of radiation protection equipment and status of occupational health management for radiation workers in investigated hospitals nationwide in 2019 [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2020, 40(10): 753-757.

(编辑:黄开颜)