

# 2019—2023 年惠州市医疗机构放射工作人员 个人剂量监测结果分析

江石丰, 黄丽芳, 刘然然

惠州市职业病防治院, 广东 惠州 516001

**摘要:** **目的** 了解惠州市医疗机构放射工作人员的职业外照射个人剂量水平及变化情况, 完善放射防护管理工作。 **方法** 采用热释光剂量测量方法对放射工作人员职业性外照射进行个人剂量监测, 3 个月为 1 个监测周期。 **结果** 2019—2023 年惠州市医疗机构放射工作人员共监测 25 796 人次, 占比最多的职业类别是诊断放射学, 其次是介入放射学。2019—2023 年人均年有效剂量 0.21~0.30 mSv, 平均 0.26 mSv, 个人年有效剂量绝大部分 < 1.0 mSv, 未出现 > 20 mSv 的情况。核医学人员人均年有效剂量在各职业类别中最高, 为 0.43 mSv, 其次为介入放射学 0.37 mSv。不同职业类别人均年有效剂量差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 其中核医学、介入放射学人均年有效剂量高于诊断放射学、牙科放射学、其他应用 (均  $P < 0.05$ )。 **结论** 惠州市医疗机构放射工作人员个人剂量处于较低水平, 惠州市医疗机构辐射防护现状是安全的, 能有效保障放射工作人员的职业健康。

**关键词:** 个人剂量监测; 医疗机构; 放射工作人员; 职业性外照射

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2024)04-0404-05

## Analysis of personal dose monitoring results for radiation workers in medical institutions in Huizhou, China, 2019—2023

JIANG Shifeng, HUANG Lifang, LIU Ranran

Huizhou Institute for Occupational Health, Huizhou 516001 China

**Abstract:** **Objective** To understand the levels and trends of personal doses of occupational external exposure among radiation workers in medical institutions in Huizhou City and to improve radiation protection management. **Methods** Thermoluminescent dosimetry was employed to monitor the personal doses of occupational external exposure of radiation workers over monitoring cycles spanning three months each. **Results** From 2019 to 2023, a total of 25 796 monitoring instances were recorded for radiation workers in medical institutions in Huizhou City. Diagnostic radiology workers accounted for the largest proportion of workforce in the occupational categories, followed by interventional radiology workers. The average annual effective dose per person ranged from 0.21 to 0.30 mSv, with an average of 0.26 mSv. The majority of annual effective dose per person was below 1.0 mSv, with no instances exceeding 20 mSv. Among all occupational categories, nuclear medicine workers had the highest average annual effective dose per person at 0.43 mSv, followed by interventional radiology workers at 0.37 mSv. There was a significant difference in the average annual effective dose per person among different occupational categories ( $P < 0.05$ ), with nuclear medicine and interventional radiology workers having higher doses than workers in diagnostic radiology, dental radiology, and other applications (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The personal dose monitoring results for radiation workers in medical institutions in Huizhou City are at low levels, indicating that the radiation protection in the local medical institutions is sufficient and can effectively protect the occupational health of radiation workers.

**Keywords:** Personal dose monitoring; Medical institution; Radiation worker; Occupational external exposure

**Corresponding author:** HUANG Lifang, E-mail: [huanglifang10@163.com](mailto:huanglifang10@163.com)

当前我国约有 7.5 万家放射诊疗机构, 20 万台放射诊疗设备, 48.6 万放射工作人员从事放射诊疗相关工作<sup>[1]</sup>。《中华人民共和国职业病防治法》<sup>[2]</sup>明确要求接触放射线的工作人员必须佩戴个人剂量计, 使得开

基金项目: 惠州市科技计划 (医疗卫生) 项目 (2020Y087)

作者简介: 江石丰 (1983—), 男, 广东河源人, 副主任医师, 从事放射卫生检测与评价工作。E-mail: [369459006@qq.com](mailto:369459006@qq.com)

通信作者: 黄丽芳, E-mail: [huanglifang10@163.com](mailto:huanglifang10@163.com)

展放射工作人员个人剂量监测工作有法可依。个人剂量监测是应用、实现辐射防护三原则中最优化与剂量限值的重要技术手段,是放射工作人员职业健康管理的重要内容,是诊断职业性放射病的必要依据,在电离辐射防护工作中占有举足轻重的地位<sup>[3]</sup>。为了解惠州市医疗机构放射工作人员个人剂量监测的总体情况,对 2019—2023 年的个人剂量监测数据进行统计分析,评估我市医疗机构放射工作人员的个人剂量水平,完善我市医疗机构放射防护管理工作。

## 1 材料与方法

1.1 监测对象 2019—2023 年进行外照射个人剂量监测的惠州市医疗机构放射工作人员。

1.2 监测方法 热释光剂量测量方法。依据 GBZ 128—2019《职业性外照射个人监测规范》<sup>[4]</sup>进行个人监测,监测周期为 3 个月。每监测周期发放一个本底剂量计,以扣除天然辐射贡献剂量。对需穿戴铅防护衣的核医学和介入放射学人员,采用双剂量计监测方法。

1.3 监测仪器 北京海阳博创科技股份有限公司生产的 RGD-3B、RGD-6、RGD-3D 型热释光剂量读出仪、V 型退火炉、GR-200A 型 LiF(Mg、Cu、P)圆片探

测器。

1.4 质量控制 ①每年对热释光剂量测量装置进行检定及校准;②参加每年的全国个人剂量监测能力考核,均取得合格或优秀;③技术人员均经过相关培训上岗;④单周期的调查水平为 1.25 mSv,超过调查水平时进行调查,如非实际受照,给予名义剂量。

1.5 数据处理 只统计一年监测 4 个周期的数据。采用 Excel 2013 版和 SPSS 23.0 软件进行数据处理和统计分析。不同年份人均年有效剂量比较采用  $\chi^2$  检验,不同职业类别人均年有效剂量比较采用方差分析,两两比较采用 Bonferroni 法。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 2019—2023 年个人剂量监测基本情况 5 年总监测人次为 25 796 人次,人数占比最多的是诊断放射学,其次为介入放射学。2023 年相比 2019 年总人数增加了 48.57%,其中牙科放射学增长最为突出,增加了 196.77%,其次是介入放射学增加了 74.87%。5 年人均年有效剂量 0.21~0.30 mSv,平均 0.26 mSv。5 年人均年有效剂量差异无统计学差异,且处于较低水平。详见表 1。

表 1 2019—2023 年惠州市医疗机构放射工作人员监测人数及人均年剂量

Table 1 Number of radiation monitoring staff and annual dose per person in medical institutions in Huizhou, China, 2019-2023

年份	监测人次	监测人数							人均年有效剂量/mSv
		合计	诊断放射学	牙科放射学	核医学	放射治疗	介入放射学	其他应用	
2019	4208	1052	738	62	7	46	191	8	0.21
2020	4816	1204	824	84	11	48	229	8	0.24
2021	4784	1196	820	64	10	54	243	5	0.30
2022	5736	1434	932	134	13	56	286	13	0.26
2023	6252	1563	955	184	14	63	334	13	0.28
平均	5159	1290	854	106	11	53	257	9	0.26

2.2 2019—2023 年个人剂量监测结果 年集体有效剂量中贡献最大的是诊断放射学,其次为介入放射学。各职业类别中核医学人均年有效剂量最高 0.43 mSv,其次为介入放射学 0.37 mSv。不同职业类别人均年有效剂量差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),其中核医学、介入放射学人均年有效剂量高于诊断放射学、牙科放射学、其他应用,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),核医学和介入人均年有效剂量差异无统计学意义( $P = 1.000$ )。5 年中未出现放射工作人员年有效

剂量  $> 20$  mSv 的情况,绝大部分人员  $< 1.0$  mSv。值得注意的是,在 1.0~5.0 mSv 人数最多的是介入放射学,占比达到 70.22%,提示介入放射学工作人员剂量应加强关注。详见表 2。

## 3 讨论

2019—2023 年惠州市医疗机构放射工作人员监测人数呈增长趋势,总人数增加了 48.57%,各职业类别中增长最为明显的是牙科放射学 196.77%,与近年

表 2 2019—2023 年惠州市医疗机构不同职业类别个人剂量监测结果

Table 2 Results of personal dose monitoring for different occupational groups in medical institutions in Huizhou, China, 2019-2023

年份	职业类别	合计	年有效剂量(mSv)区间内监测人数				年集体有效剂量/(人·mSv)	人均年有效剂量/mSv
			< 1.0	1.0~5.0	5.0~10.0	10.0~20.0		
2019	诊断放射学	738	735	2	0	1	145.18	0.20
	牙科放射学	62	61	1	0	0	8.86	0.14
	核医学	7	7	0	0	0	3.44	0.49
	放射治疗	46	46	0	0	0	15.67	0.34
	介入放射学	191	184	7	0	0	48.84	0.27
	其他应用	8	8	0	0	0	1.46	0.18
2020	诊断放射学	824	816	8	0	0	174.21	0.21
	牙科放射学	84	83	1	0	0	12.57	0.15
	核医学	11	11	0	0	0	4.93	0.45
	放射治疗	48	48	0	0	0	16.91	0.35
	介入放射学	229	218	10	1	0	74.09	0.32
	其他应用	8	8	0	0	0	1.31	0.16
2021	诊断放射学	820	813	5	1	1	220.05	0.27
	牙科放射学	64	63	1	0	0	11.94	0.19
	核医学	10	7	3	0	0	6.49	0.65
	放射治疗	54	54	0	0	0	25.51	0.47
	介入放射学	243	227	16	0	0	98.57	0.41
	其他应用	5	5	0	0	0	0.35	0.07
2022	诊断放射学	932	924	8	0	0	218.63	0.23
	牙科放射学	134	134	0	0	0	22.16	0.16
	核医学	13	13	0	0	0	5.81	0.45
	放射治疗	56	56	0	0	0	17.30	0.31
	介入放射学	286	269	17	0	0	102.22	0.36
	其他应用	13	13	0	0	0	1.86	0.14
2023	诊断放射学	955	943	9	3	0	236.17	0.25
	牙科放射学	184	183	1	0	0	31.05	0.17
	核医学	14	14	0	0	0	2.93	0.21
	放射治疗	63	63	0	0	0	10.27	0.16
	介入放射学	334	292	42	0	0	148.43	0.44
	其他应用	13	13	0	0	0	1.91	0.15
合计	诊断放射学	4269	4231	32	4	2	994.24	0.23
	牙科放射学	528	524	4	0	0	86.58	0.16
	核医学	55	52	3	0	0	23.6	0.43
	放射治疗	267	267	0	0	0	85.66	0.32
	介入放射学	1283	1190	92	1	0	472.15	0.37
	其他应用	47	47	0	0	0	6.89	0.15
		6449	6311	131	5	2	1669.12	0.26

我市口腔医疗机构规模和数量大量增加,及卫生行政部门加强了对其的放射防护监管有关。其次介入放射学增加了 74.87%,原因可能是近年来介入治疗在三级医疗机构中的需求不断增加。另外,2023 年核医学占比为 0.90%,低于 2021 年全国 1.97%<sup>[5]</sup>,更远低于 2015 年广东省 5.45%<sup>[6]</sup>,提示我市核医学资源较为薄弱,仍有较大发展空间。

5 年人均年有效剂量为 0.26 mSv,低于 2021 年全国 0.332 mSv<sup>[5]</sup>,且远低于国家标准 20 mSv<sup>[7]</sup>,表明我市医疗机构辐射防护现状是安全的,能有效保障放射工作人员的职业健康。年集体有效剂量中贡献最大的是诊断放射学,是因为其人数占比超过一半。各职业类别中核医学人均年有效剂量最高,与 2015 年广东省<sup>[6]</sup>、2017 年全国<sup>[8]</sup>的调查结果一致。我市核医学人均年有效剂量 0.43 mSv 与广东省 0.42 mSv<sup>[6]</sup>、全国 0.453 mSv<sup>[8]</sup>、浙江省 0.40 mSv<sup>[9]</sup>相当,高于云浮市 0.32 mSv<sup>[10]</sup>、江苏省 0.24 mSv<sup>[11]</sup>,但略低于山东省 0.55 mSv<sup>[12]</sup>,提示应加强关注我市核医学人员日常辐射防护状况,进一步完善放射防护措施和防护管理。另外需关注的是介入人员,其人均年有效剂量 0.37 mSv 低于全国 0.44 mSv<sup>[8]</sup>,但高于云浮市 0.33 mSv<sup>[10]</sup>、广东省 0.26 mSv<sup>[6]</sup>、浙江省 0.23 mSv<sup>[9]</sup>、江苏省 0.24 mSv<sup>[11]</sup>。

核医学和介入放射学人员涉及近源项操作,其接受的剂量要高于隔室操作的放射人员。其中眼晶状体作为辐射敏感器官,长期低剂量电离辐射可导致眼晶状体囊膜下皮质区的浑浊,增加白内障发生的风险<sup>[13-15]</sup>。因此 2011 年 ICRP 将眼晶状体当量剂量限值由 150 mSv/年修订为连续 5 年期间年平均当量剂量不超过 20 mSv,任何一年不超过 50 mSv<sup>[16]</sup>。有研究表明,介入人员眼晶状体剂量可能会超过国际最新标准的要求<sup>[17]</sup>。目前我市需穿戴铅防护衣的核医学和介入放射学人员采用的是双剂量计监测方法,在工作实践中发现佩戴依从性较差,佩戴不规范情况时有发生,导致监测结果失实<sup>[18]</sup>。且我市暂未将眼晶状体和手部剂量监测纳入常规监测,未能有效监测其身体局部可能受到较大剂量的照射。接下来,应尽快在我市开展眼晶状体及手部剂量监测,以便更加准确地评估核医学、介入放射学人员的局部受照剂量。

总体来看,随着经济水平和放射防护意识的不断提高,我市医疗机构绝大部分放射工作人员的个人剂量处于较低水平,其所处的辐射工作环境是安全的。但应重点关注核医学、介入放射学人员,尽快开展眼晶状体及手部剂量的监测,并加强放射防护培训和管

理,进一步完善放射防护措施,使其职业照射剂量保持在可合理达到的尽量低的水平。

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

**作者贡献声明** 江石丰负责项目设计、设计论文框架、数据统计和分析,撰写论文;黄丽芳负责数据整理和统计分析、撰写论文与修订;刘然然负责数据核对、统计分析和论文修订

## 参考文献

- [1] 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所. 践行放射卫生使命 助力我国职业健康[J]. 健康中国观察, 2023(4): 36-38. National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention. Practicing the mission of radiation hygiene Helping our country's occupational health[J]. Healthy China Observation, 2023(4): 36-38. (in Chinese)
- [2] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国职业病防治法[Z]. 2018. National People's Congress Standing Committee. Law of the people's republic of China on prevention and control of occupational diseases[Z]. 2018. (in Chinese)
- [3] 孙全富, 牛昊巍, 李小娟. 我国放射工作人员职业健康管理的几个问题[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2014, 34(3): 161-163. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.03.001. Sun QF, Niu HW, Li XJ. Several issues of occupational health management of radiation workers in China[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2014, 34(3): 161-163. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2014.03.001. (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GBZ 128—2019 职业性外照射个人监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020. National Health Commission of the People's Republic of China. GBZ 128 —2019 Specifications for individual monitoring of occupational external exposure[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020. (in Chinese)
- [5] 李梦雪, 范胜男, 王拓, 等. 2021 年医学应用放射工作人员职业照射水平影响因素分析[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(6): 636-642. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.06.007. Li MX, Fan SN, Wang T, et al. Factors influencing the levels of occupational exposure in medical radiation workers in China, 2021[J]. Chin J Radiol Health, 2023, 32(6): 636-642. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.06.007. (in Chinese)
- [6] 李明芳, 刘小莲, 邱美娇, 等. 广东省 2015 年部分医疗机构放射工作人员个人剂量分析[J]. 中国职业医学, 2018, 45(3): 395-397. DOI: 10.11763/j.issn.2095-2619.2018.03.027. Li MF, Liu XL, Qiu MJ, et al. Analysis on personal doses in radiation workers in some medical institutions in Guangdong Province, 2015[J]. Chin Occup Med, 2018, 45(3): 395-397. DOI:

- 10.11763/j.issn.2095-2619.2018.03.027. (in Chinese)
- [7] 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, 2004.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18871—2002 Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004. (in Chinese)
- [8] 范胜男, 王拓, 李梦雪, 等. 2017 年我国放射工作人员职业性外照射个人剂量水平与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(2): 85-91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.002.
- Fan SN, Wang T, Li MX, et al. Analysis of individual doses to radiation workers from occupational external exposure in China in 2017[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2021, 41(2): 85-91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.002. (in Chinese)
- [9] 郭佳娣, 酆依华, 俞顺飞, 等. 2011-2019 年浙江省 11 家省级医院放射工作人员外照射个人剂量监测结果分析[J]. 预防医学, 2021, 33(9): 948-950. DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2021.09.022.
- Guo JD, Yu YH, Yu SF, et al. Analysis of the results of personal dose monitoring for external irradiation of radiation workers in 11 provincial hospitals in Zhejiang Province from 2011 to 2019[J]. J Prev Med, 2021, 33(9): 948-950. DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2021.09.022. (in Chinese)
- [10] 陈小月, 陈继超, 苏小棠, 等. 云浮市 2013-2018 年放射工作人员个人剂量监测结果分析[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29(6): 611-614. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.06.008.
- Chen XY, Chen JC, Su XT, et al. Analysis of individual dose monitoring results of radiation workers in Yunfu City from 2013 to 2018[J]. Chin J Radiol Health, 2020, 29(6): 611-614. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.06.008. (in Chinese)
- [11] 陈维, 王进, 周媛媛, 等. 江苏省 2011—2018 年放射工作人员职业性外照射个人剂量监测结果分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(2): 110-115. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.006.
- Chen W, Wang J, Zhou YY, et al. Analysis of individual dose monitoring results for radiation workers in Jiangsu province from 2011 to 2018[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2021, 41(2): 110-115. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.006. (in Chinese)
- [12] 张显鹏, 周涛, 张巍, 等. 2016-2020 年山东省部分放射工作人员职业性外照射个人剂量监测结果分析[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2023, 43(2): 118-123. DOI: 10.3760/cma.j.cn112271-20221020-00413.
- Zhang XP, Zhou T, Zhang W, et al. Analysis of individual dose monitoring results for radiation workers in Shandong province from 2016 to 2020[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2023, 43(2): 118-123. DOI: 10.3760/cma.j.cn112271-20221020-00413. (in Chinese)
- [13] 邓志强, 张谈贵, 谢伟民, 等. 高传能线密度辐射对人眼晶状体的危害[J]. 中国辐射卫生, 2021, 30(1): 103-109. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.023.
- Deng ZQ, Zhang TG, Xie WM, et al. Harm of high LET radiation to the lens of the human eye[J]. Chin J Radiol Health, 2021, 30(1): 103-109. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.023. (in Chinese)
- [14] 高宇, 苏垠平, 孙全富. 低剂量电离辐射致眼晶状体混浊机制及遗传易感性研究现状[J]. 中国辐射卫生, 2022, 31(1): 124-128. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.022.
- Gao Y, Su YP, Sun QF. A research review of mechanism and genetic susceptibility of lens opacity induced by low-dose ionizing radiation[J]. Chin J Radiol Health, 2022, 31(1): 124-128. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.022. (in Chinese)
- [15] 高宇, 赵凤玲, 王平, 等. 低剂量电离辐射职业接触人群的健康效应研究进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2020, 44(8): 534-540. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-201904013-00050.
- Gao Y, Zhao FL, Wang P, et al. Research progress in the health effects of radiation workers induced by low-dose ionizing radiation[J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2020, 44(8): 534-540. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-201904013-00050. (in Chinese)
- [16] Stewart F A, Akleyev A V, Hauer-jensen M, et al. ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs—threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context[J]. Ann ICRP, 2012, 41(1/2): 1-322. DOI: 10.1016/j.icrp.2012.02.001.
- [17] 齐素芹, 刘翎箭, 郭进, 等. 心血管介入术中医务人员眼晶状体剂量水平调查与分析[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(5): 532-537. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.05.011.
- Qi SQ, Liu LJ, Guo J. A study and analysis of eye lens dose levels of medical staff during interventional cardiology procedures[J]. Chin J Radiol Health, 2023, 32(5): 532-537. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.05.011. (in Chinese)
- [18] 张华东, 吴梦云, 张燕, 等. 重庆市部分介入放射学工作人员眼晶状体的剂量监测与结果分析[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(3): 146-151. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202111006-00160.
- Zhang HD, Wu MY, Zhang Y, et al. Monitoring and results analyses of eye lens doses of some interventional radiology workers in Chongqing[J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2022, 46(3): 146-151. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202111006-00160. (in Chinese)

(收稿日期: 2024-03-20)