

# 2021 年医学应用放射工作人员职业照射水平影响因素分析

李梦雪, 范胜男, 王拓, 郝述霞, 王燕君, 马剑锋, 邓君, 孙全富

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088

**摘要:** **目的** 分析我国医学应用放射工作人员职业照射水平的影响因素, 为明确下一步放射防护工作重点提供科学依据。**方法** 通过“国家个人剂量登记系统”采集 2021 年我国医学应用放射工作人员职业外照射个人剂量的监测数据, 采用卡方检验和 Logistic 回归模型对医学应用放射工作人员职业照射水平的相关影响因素进行分析。**结果** 卡方检验显示性别、职业类别、医学应用机构类别、地区、每千人口放射工作人员数和地区人均 GDP 对医学应用放射工作人员职业照射水平超过年调查水平(5 mSv)和年剂量限值(20 mSv)的影响有统计学意义( $\chi^2 = 21.456 \sim 262.329$ ,  $7.601 \sim 78.650$ ,  $P < 0.05$ )。Logistic 回归分析结果显示, 性别、职业类别、地区和每千人口放射工作人员数是放射工作人员职业照射年剂量超过 5 mSv 的影响因素( $\chi^2 = 14.621 \sim 170.857$ ,  $P < 0.05$ ); 性别、职业类别、地区和地区人均 GDP 是放射工作人员职业照射年剂量超过 20 mSv 的影响因素( $\chi^2 = 5.401 \sim 48.709$ ,  $P < 0.05$ )。**结论** 男性、介入放射学和中部地区放射工作人员年剂量超过 5 mSv 和 20 mSv 的发生风险较高, 而每千人口放射工作人员和地区人均 GDP 越高, 其发生风险越低。医学应用机构应配置足够的人员, 并加强对男性、介入人员放射防护知识培训, 提高其防护意识; 应加强中部地区高剂量照射原因调查, 采取针对性有效防护措施降低人员的职业照射水平。

**关键词:** 医学应用; 职业照射; Logistic 回归模型; 影响因素

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2023)06-0636-07

## Factors influencing the levels of occupational exposure in medical radiation workers in China, 2021

LI Mengxue, FAN Shengnan, WANG Tuo, HAO Shuxia, WANG Yanjun, MA Jianfeng, DENG Jun, SUN Quanfu

National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088 China

**Abstract:** **Objective** To analyze the factors influencing the levels of occupational exposure in medical radiation workers in China, and to provide a scientific basis for determining the key points of radiation protection in the medical sector. **Methods** The individual monitoring data on occupational external exposure in medical radiation workers in 2021 were collected from the “National Individual Dose Registry”. The Chi-squared test and logistic regression were used to analyze the factors influencing the levels of occupational exposure in medical radiation workers. **Results** The Chi-squared test showed that gender, occupational category, medical institution category, region, number of radiation workers per thousand population, and regional per capita GDP were significantly associated with occupational exposure in medical radiation workers exceeding the annual effective dose of 5 mSv and an annual effective dose limit of 20 mSv ( $\chi^2 = 21.456 \sim 262.329$ ,  $7.601 \sim 78.650$ ,  $P < 0.05$ ). The logistic regression analysis further showed that gender, occupational category, region, and number of radiation workers per thousand population were factors influencing the occupational exposure in medical radiation workers exceeding the annual effective dose of 5 mSv ( $\chi^2 = 14.621 \sim 170.857$ ,  $P < 0.05$ ); gender, occupational category, region, and regional per capita GDP were factors influencing the occupational exposure in medical radiation workers exceeding the annual effective dose of 20 mSv ( $\chi^2 = 5.401 \sim 48.709$ ,  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Male radiation workers in interventional radiology and in central China have high risks of exceeding annual effective doses of 5 and 20 mSv. Moreover, high number of radiation workers per thousand population and regional per capita GDP are associated with low risks. Medical institutions should maintain a sufficient number of radiation workers and strengthen training on radiation protection knowledge for male and interventional radiology workers to enhance their radiation protection awareness. Investigation of the factors contributing to the high occupational exposure in central China should be intensified, and targeted effective measures

基金项目: 中国疾控中心辐射安全所青年科学研究所所长基金 (项目编号: 2020-08)

作者简介: 李梦雪 (1994—), 女, 安徽阜阳人, 助理研究员, 从事辐射防护与剂量学研究。E-mail: limengxue@nirp.chinacdc.cn

通信作者: 邓君, E-mail: dengjun@nirp.chinacdc.cn

should be conducted to reduce the occupational exposure in medical radiation workers.

**Keywords:** Medical use; Occupational exposure; Logistic regression model; Influencing factor

**Corresponding author:** DENG Jun, E-mail: [dengjun@nirp.chinacdc.cn](mailto:dengjun@nirp.chinacdc.cn)

随着我国经济和社会的快速发展,以及电离辐射技术在医学领域中的应用范围越来越广,我国开展放射诊疗工作的医疗卫生机构越来越多,医学应用领域放射工作人员数量也随之快速增加,接受职业照射的医生、技师、护士等工作人员构成了受人工辐射源照射的最大职业人群。据报道,2019 年,我国医学应用放射工作人员约 40 万人,约占人工辐射源放射工作人员总数的 2/3<sup>[1]</sup>。电离辐射是一把双刃剑,其在医学领域发挥了十分重要的疾病诊断和治疗作用,但急性大剂量照射或长期低剂量慢性照射也可能导致受照人员发生不良健康结局,如癌症、眼晶状体混浊/放射性白内障、心血管疾病等<sup>[2-4]</sup>。因此,我国医学应用放射工作人员的个人剂量监测和职业健康受到越来越多的关注。

个人剂量监测在电离辐射职业辐射防护工作中具有十分重要的意义,可为工作场所放射防护情况评价、放射工作人员职业照射水平控制和放射流行病学研究等提供重要数据依据。自 1985 年在全国范围内正式开展放射工作人员个人剂量监测后,我国放射工作人员个人剂量监测率不断提高,医学应用放射工作人员个人剂量监测率达到 95% 以上<sup>[1]</sup>,2009—2018 年我国医学应用放射工作人员人均年有效剂量呈下降趋势,年均下降 0.042 mSv<sup>[5]</sup>。近年来,国内发表了多个放射工作人员职业外照射水平的相关研究<sup>[5-8]</sup>,主要聚焦于职业照射水平、剂量变化趋势和异常剂量结果分析等,报道医学应用放射工作人员职业外照射剂量影响因素的研究较少。放射工作人员的照射水平可能因性别、工作性质、工作量负荷不同而存在差异<sup>[9]</sup>。联合国原子辐射效应科学委员会(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)在评估全球职业照射水平时,将人均 GDP、每千人口医生数等作为预测变量<sup>[10]</sup>,提示这些因素也可能影响职业照射水平。本研究拟通过“国家个人剂量监测系统”<sup>[5,11]</sup>采集 2021 年度全国放射工作人员个人剂量监测数据,分析我国医学应用放射工作人员职业照射水平的影响因素,识别职业照射水平较高的医学应用职业人群,为明确下一步放射工作人员放射防护工作重点提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究对象** 在我国医学应用相关机构从事放射工作并接受了外照射个人剂量监测的放射工作人员。本研究放射工作人员的纳入和排除标准:(1)纳入标准:(a)2021 年至少接受了一个监测周期的外照射个人剂量监测;(b)职业照射类别为医学应用;(c)性别、职业类别等信息项无缺失。(2)排除标准:(a)2021 年度未接受外照射个人剂量监测;(b)剂量明显异常数据;(c)信息数据缺失。

**1.2 资料来源** 通过“国家个人剂量登记系统”采集 2021 年医学应用放射工作人员的职业外照射个人剂量监测数据。

**1.3 数据采集内容** (1)医学应用机构类别:参考《2022 中国卫生健康统计年鉴》<sup>[12]</sup>,将医学应用机构划分为医院、基层医疗卫生机构(门诊、诊所、社区卫生服务中心和乡镇卫生院等)、专业公共卫生机构(疾控中心、专科疾病防治机构、妇幼保健机构等)和其它医学应用机构(含其它医疗卫生机构和非医疗卫生机构如医疗科技、健康管理公司等)。(2)职业照射类别:根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128—2019)<sup>[13]</sup>,医学应用职业类别分类为诊断放射学、牙科放射学、核医学、放射治疗、介入放射学和其它应用。(3)性别:分为男性和女性。(4)地区:根据《2022 中国卫生健康统计年鉴》<sup>[12]</sup>,31 个省(自治区、直辖市)划分为东部(北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南)、中部(山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南)、西部(内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆)。(5)31 个省(自治区、直辖市)人均地区生产总值(地区人均 GDP),数据来自《中国统计年鉴 2022》<sup>[14]</sup>。(6)每千人口放射工作人员数、人均铅橡胶围裙数、人均年放射诊疗人次:2021 年放射工作人员数、铅橡胶围裙数、放射诊疗人次数据来自“全国放射卫生信息平台—全国医用辐射防护监测系统”<sup>[15]</sup>。(a)每千人口放射工作人员数 = 放射工作人员数/人口数×1000;(b)人均铅橡胶围裙数 = 铅橡胶围裙数/放射工作人员数;(c)人均年放射诊疗人次 = 放射诊疗人次/放射工作人员数。(7)放射

工作人员外照射年剂量。年剂量为放射工作人员 2021 年内各监测周期剂量之和,对于剂量计丢失、损坏、无读数,周期剂量记录缺失以及佩戴周期超过 3 个月的剂量计结果等赋予名义剂量<sup>[13]</sup>以估算年剂量,有效剂量 5 mSv 和 20 mSv 是我国国家标准<sup>[13,16]</sup>建议和明确规定的放射工作人员职业照射年调查水平和年剂量限值,因此本研究分别以年剂量 5 mSv 和 20 mSv 作为结局变量的分组依据,以识别医学应用放射工作人员职业照射年剂量超过年调查水平和年剂量限值的影响因素。

1.4 统计分析 采用 STATA 17.0 软件进行统计分析。采用卡方检验(单因素分析)和 Logistic 回归模型(多因素分析)分析医学应用放射工作人员职业照射水平的影响因素,采用基于极大似然估计的向前逐步回归法筛选自变量。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。比值比(OR)及其 95% 置信区间(95%CI)  $> 1$ , 结局事件  $Y = 1$  的发生概率增加;  $OR(95\%CI) < 1$ , 结局事件  $Y = 1$  的发生概率降低;  $OR(95\%CI)$  等于或包含 1, 自变量与结局事件  $Y = 1$  的发生不存在相关性。

## 2 结 果

2.1 基本情况 2021 年我国“国家个人剂量登记系统”共采集 393 229 名医学应用放射工作人员个人剂量监测记录。按照纳入排除标准,本研究最终纳入分析 360 528 人,约占全国医学应用放射工作人员的 2/3 以上,能够较好的反映总体情况。360 528 名放射工作人员人均年有效剂量为 0.332 mSv, 其中, 分别有 923 和 178 人年有效剂量超出 5 mSv 和 20 mSv, 分别占总分析人数的 0.26% 和 0.05%。

2021 年医学应用放射工作人员的分布情况如表 1 所示, 男性占全部放射工作人员的 65.46%, 女性占 34.54%; 医学应用放射工作人员主要分布在医院(约占 4/5), 其次是基层医疗卫生机构, 占 16.78%, 专业公共卫生机构和其他医学应用机构放射工作人员占比较小; 医学应用放射工作人员主要分布在东部地区, 其次是西部地区, 中部最少; 医学应用放射工作人员主要职业类别为诊断放射学(62.22%), 其次是介入放射学(19.01%), 核医学占比最小, 仅为 1.97%。2021 年全国每千人口放射工作人员数为 0.367 人, 放射工作人员人均铅橡胶围裙数为 0.444 件, 放射工作人员人均放射诊疗人次数 1831 人次(按照放射诊疗类别进行计算, 人均年放射诊断人次数 2544 人次, 人均年放射治疗人次数 100 人次, 人均年介入诊疗人

表 1 2021 年医学应用放射工作人员的分布情况

Table 1 Distribution of medical radiation workers in 2021

类别	监测人数	构成比(%)
性别		
男	235991	65.46
女	124537	34.54
医疗卫生机构类别		
医院	284860	79.01
基层医疗卫生机构	60482	16.78
专业公共卫生机构	8041	2.23
其它医学应用机构	7145	1.98
地区		
东部	155328	43.08
中部	86848	24.09
西部	118352	32.83
职业类别		
诊断放射学	224312	62.22
牙科放射学	26278	7.29
核医学	7093	1.97
放射治疗	18497	5.13
介入放射学	68535	19.01
其它应用	15813	4.38

次数 76 人次, 人均年核医学诊疗人次数 363 人次)。

2.2 单因素分析结果 单因素分析结果显示, 性别、职业类别、医学应用机构类别、地区、每千人口放射工作人员数和地区人均 GDP 对医学应用放射工作人员年剂量超过 5 mSv 和 20 mSv 的影响均有统计学意义( $\chi^2 = 21.456 \sim 262.329$ ,  $7.601 \sim 78.650$ ,  $P < 0.05$ ), 见表 2。

2.3 Logistic 回归分析结果 以放射工作人员职业照射年剂量为结局变量(因变量), 单因素分析中有统计学意义的变量即性别、职业类别、医学应用机构类别、地区、每千人口放射工作人员数、地区人均 GDP 作为自变量, 进行二分类 Logistic 回归分析, 回归变量的赋值情况见表 3。

经检验, 自变量之间不存在明显的多重共线性(容忍度 = 0.368~0.994, 均远  $> 0.1$ ; 方差膨胀因子 VIF = 1.018~2.719, 均远  $< 10$ )。Logistic 回归分析结果显示, 回归模型  $Y_1$  具有统计学意义( $\chi^2 = 469.282$ ,  $P < 0.05$ ); 变量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  进入模型, 可以认为性别、职业类别、地区和每千人口放射工作人员数对放

表 2 单因素分析结果

Table 2 Results of univariate analysis

类别	> 5 mSv			> 20 mSv		
	占比(%)	$\chi^2$ 值	P值	占比(%)	$\chi^2$ 值	P值
性别						
男	0.28	21.456	< 0.001	0.06	7.601	0.006
女	0.20			0.04		
职业类别						
诊断放射学	0.21	241.110	< 0.001	0.04	51.935	< 0.001
牙科放射学	0.09			0.01		
核医学	0.14			0.03		
放射治疗	0.16			0.04		
介入放射学	0.52			0.10		
其它应用	0.22			0.01		
医学应用机构类别						
医院	0.28	48.821	< 0.001	0.06	25.626	< 0.001
基层医疗卫生机构	0.13			0.01		
专业公共卫生机构	0.27			0.02		
其它医学应用机构	0.18			0.01		
地区						
东部	0.16	262.329	< 0.001	0.04	78.650	< 0.001
中部	0.50			0.11		
西部	0.20			0.02		
每千人口放射工作人员数(人)						
$\leq 0.367$	0.32	65.749	< 0.001	0.06	17.549	< 0.001
> 0.367	0.18			0.03		
放射工作人员人均年诊疗人次(人次)						
$\leq 1831$	0.26	0.886	0.347	0.05	1.593	0.207
> 1831	0.25			0.04		
放射工作人员人均铅橡胶围裙数(件)						
$\leq 0.444$	0.24	1.258	0.262	0.04	3.002	0.083
> 0.444	0.26			0.05		
地区人均GDP(万元)						
$\leq 8.10$	0.33	66.843	< 0.001	0.06	11.727	0.001
> 8.10	0.19			0.04		

射工作人员职业照射年剂量超过 5 mSv 的影响有统计学意义( $\chi^2 = 14.621 \sim 170.857$ ,  $P < 0.05$ ); 变量  $X_3$ 、 $X_6$  未进入模型, 可以认为医学应用机构和地区人均 GDP 无统计学意义( $P > 0.05$ ), 见表 4。与女性相比, 男性放射工作人员年剂量超过 5 mSv 的概率约增加 33.0%( $P < 0.05$ ); 与诊断放射学相比, 介入放射学工作人员年剂量超过 5 mSv 的概率约增加 124.4%, 牙科放射学则约降低 41.8%( $P < 0.05$ ); 与东部地区相比, 中部地区和西部地区放射工作人员年剂量超过 5 mSv 的概率约分别增加 176.0% 和 34.3%( $P < 0.05$ );

与“每千人口放射工作人员数  $\leq 0.367$  人”组相比, “每千人口放射工作人员数  $> 0.367$  人”组放射工作人员年剂量超过 5 mSv 的概率约降低 28.0%( $P < 0.05$ )。

回归模型  $Y_2$  具有统计学意义( $\chi^2 = 143.269$ ,  $P < 0.05$ ); 变量  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_4$ 、 $X_6$  进入模型, 可以认为性别、职业类别、地区和地区人均 GDP 对放射工作人员职业照射年剂量超过 20 mSv 的影响有统计学意义( $\chi^2 = 5.401 \sim 48.709$ ,  $P < 0.05$ ); 变量  $X_3$ 、 $X_5$  未进入模型, 可以认为医学应用机构和每千人口放射工作人员



表 3 回归变量赋值说明

Table 3 Description of variables in regression analysis

影响因素	变量	赋值
性别	$X_1$	女=0, 男=1
职业类别	$X_2$	诊断放射学=1, 牙科放射学=2, 核医学=3, 放射治疗=4, 介入放射学=5, 其它应用=6
医学应用机构类别	$X_3$	医院=1, 基层医疗卫生机构=2, 专业公共卫生机构=3, 其它医学应用机构=4
地区	$X_4$	东部=1, 中部=2, 西部=3
每千人口放射工作人员数	$X_5$	省份每千人口放射工作人员数 $\leq 0.367$ 人=0, $> 0.367$ 人=1
地区人均GDP	$X_6$	省份人均GDP $\leq 8.10$ 万元=0, $> 8.10$ 万元=1
职业照射年剂量	$Y_1$	放射工作人员年剂量 $\leq 5$ mSv=0, $> 5$ mSv=1
职业照射年剂量	$Y_2$	放射工作人员年剂量 $\leq 20$ mSv=0, $> 20$ mSv=1

表 4 医学应用放射工作人员年剂量超出 5 mSv 的 Logistic 回归分析 (向前逐步回归法: 极大似然估计)

Table 4 Logistic regression analysis of annual effective dose exceeding 5 mSv in medical radiation workers (Forward stepwise: LR)

变量	$\beta$	Wald $\chi^2$ 值	P 值	OR 值 (95%CI)
性别	0.285	14.621	< 0.001	1.330 (1.149~1.539)
职业类别		148.725	< 0.001	
诊断放射学	-	-	-	1.00
牙科放射学	-0.542	5.751	0.016	0.582 (0.374~0.906)
核医学	-0.379	1.396	0.237	0.685 (0.365~1.283)
放射治疗	-0.299	2.415	0.120	0.742 (0.509~1.081)
介入放射学	0.808	121.912	< 0.001	2.244 (1.944~2.590)
其它应用	0.125	0.467	0.494	1.133 (0.792~1.619)
地区		170.857	< 0.001	
东部	-	-	-	1.00
中部	1.015	156.456	< 0.001	2.760 (2.354~3.236)
西部	0.295	10.490	0.001	1.343 (1.124~1.606)
每千人口放射工作人员数	-0.328	19.908	< 0.001	0.720 (0.623~0.832)

注:  $\beta$ : 回归系数; Wald  $\chi^2$ : Wald 检验统计量; OR: 比值比; CI: 置信区间。

数无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 5。与女性相比, 男性放射工作人员年剂量超过 20 mSv 的概率约增加 50.1% ( $P < 0.05$ ); 与诊断放射学相比, 介入放射学工作人员年剂量超过 20 mSv 的概率约增加 89.4% ( $P < 0.05$ ); 与东部地区相比, 西部地区放射工作人员年剂量超过 20 mSv 的概率约降低 71.8% ( $P < 0.05$ ); 与“地区人均 GDP  $\leq 8.10$  万元”组相比, “地区人均 GDP  $> 8.10$  万元”组放射工作人员年剂量超过 20 mSv 的概率约降低 54.8% ( $P < 0.05$ )。

表 5 医学应用放射工作人员年剂量超出 20 mSv 的 Logistic 回归分析 (向前逐步回归法: 极大似然估计)

Table 5 Logistic regression analysis of annual effective dose exceeding 20 mSv in medical radiation workers (Forward stepwise: LR)

变量	$\beta$	Wald $\chi^2$ 值	P 值	OR 值 (95%CI)
性别	0.406	5.401	< 0.001	1.501 (1.066~2.114)
职业类别		22.824	< 0.001	
诊断放射学	-	-	-	1.00
牙科放射学	-0.520	0.718	0.371	0.594 (0.178~1.980)
核医学	-0.503	0.495	0.482	0.604 (0.149~2.457)
放射治疗	-0.228	0.336	0.562	0.796 (0.369~1.720)
介入放射学	0.639	15.738	< 0.001	1.894 (1.382~2.597)
其它应用	-1.055	2.157	0.142	0.348 (0.085~1.423)
地区		48.709	< 0.001	
东部	-	-	-	1.00
中部	0.315	1.391	0.238	1.370 (0.812~2.310)
西部	-1.265	15.011	< 0.001	0.282 (0.149~0.535)
地区人均GDP	-0.795	9.417	0.002	0.452 (0.272~0.750)

注:  $\beta$ : 回归系数; Wald  $\chi^2$ : Wald 检验统计量; OR: 比值比; CI: 置信区间。

### 3 讨论

随着我国辐射防护技术水平的提高, 我国医学应用放射工作人员人均年有效剂量明显下降<sup>[5]</sup>, 2021 年医学应用放射工作人员人均年有效剂量为 0.332 mSv, 但仍有部分人员年剂量超过年调查水平和年剂量限值, 识别职业受照剂量较高的影响因素有助于有的放矢。本研究单因素和多因素分析结果均表明, 性别、职业照射类别、地区均是医学应用放射工作人员年剂量超过年调查水平和年剂量限值的影响因素。男性医学应用放射工作人员年剂量超过年调查水平和年剂量限值概率高于女性, 经调查, 我国从事介入放射学 (职业受照剂量相对较高) 的男性人数高于女性 (2.26:1), 男性介入放射学人数占比高于女性 (分别为 27.78% 和 23.25%), 此外, 相较于女性 (可能从事护士), 男性放射工作人员从事医生的可能性较大, 而医生在介入程序中为主要操作者, 护士则多在需要时协助部分介入操作, 护士介入暴露时间相对较短<sup>[17]</sup>, 也可能在于防护意识差异。介入放射学工作人员年剂量超过年调查水平和年剂量限值概率高于其他 5 类医学应用职业类别, 与我国 2017 年的研究结果一致<sup>[5]</sup>, 可能与介入程序长时间床旁近辐射源操作、

防护措施不足等因素有关<sup>[18]</sup>,提示介入人员是医学应用放射工作人员管理的重点,应加强介入人员的放射防护知识培训和提高其防护意识,采取有效防护措施降低介入人员的职业照射水平。本研究显示,中部地区和西部地区放射工作人员年剂量超过年调查水平的风险高于东部地区,而西部地区放射工作人员年剂量超过年剂量限值的风险低于东部地区,提示中、西部地区尤其是中部地区有关部门应进一步做好放射工作人员外照射放射防护工作,重视高剂量照射数据和异常数据的调查工作,积极查找人员较高剂量的原因,针对可能原因采取针对性防护措施降低放射工作人员辐射受照剂量。

本研究还显示,每千人口放射工作人员数越高,地区人均 GDP 越高,放射工作人员年剂量超过年调查水平和年剂量限值的概率越低。有研究显示,配置充足数量的放射工作人员是降低个人剂量的有效措施之一<sup>[19]</sup>,提示医学应用机构应重视放射工作人员的配置,按岗位工作量需求配置足够的人员以减少其累积受照时间和受照剂量,防止人员高负荷工作。地区人均 GDP 较高的省份,放射工作单位可能更重视放射工作人员的放射防护培训,如北京市东城区放射诊疗机构放射工作人员培训率(100%)<sup>[20]</sup>高于广西钦州市(94.12%)<sup>[21]</sup>。

个人防护用品的使用可显著降低放射工作人员的职业受照剂量,放射工作人员工作量和工作时间也是影响个人剂量水平高低的重要因素<sup>[7]</sup>。本研究结果显示,不同人均铅橡胶围裙数组和不同人均年放射诊疗人数组的医学应用放射工作人员职业照射年剂量超过 5 mSv 和 20 mSv 差异无统计学意义,可能原因一是铅橡胶围裙的配备数并不能等同于放射工作人员个人防护用品的穿戴情况,而正确穿戴铅防护围裙才可能有效降低放射工作人员外照射职业受照剂量;二是本研究是对医学应用放射工作人员职业照射水平影响因素的初步探索,由于缺少每位放射工作人员个人防护情况和工作量的详细调查数据,放射工作人员人均铅防护围裙数和人均年放射诊疗人数是基于各省医用辐射防护调查数据进行粗估,粗估结果可能与放射工作人员的实际情况存在偏差,这些导致本研究存在一定的局限性。另外,由于缺少详细的调查数据,本研究未对放射工作人员年龄、文化水平、职称等人口学特征和工龄、岗位、防护用品的佩戴情况等可能的影响因素进行分析。因此,在今后的研究中,应在全国范围内采取抽样调查的方法,通过设计详细

的调查问卷采集放射工作人员详细信息以更好的分析放射工作人员的职业照射水平影响因素,为进一步明确放射工作人员放射防护工作重点和优化防护措施提供依据。

志谢 感谢全国 247 家个人剂量监测技术服务机构对全国个人剂量监测数据采集所做的大量工作

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 李梦雪负责数据整理、分析与论文撰写;范胜男、王拓、郝述霞参与文献调研和数据整理;王燕君、马剑锋参与国家个人剂量登记系统运行和维护,邓君、孙全富指导论文撰写和修改

## 参考文献

- [1] 邓君,孙全富.我国放射工作人员个人剂量监测与登记[J].中华放射医学与防护杂志,2021,41(2):81-84. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.001.  
Deng J, Sun QF. Individual dose monitoring and registry for radiation workers in China[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2021, 41(2): 81-84. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.02.001.
- [2] Ainsbury EA, Barnard SGR. Sensitivity and latency of ionising radiation-induced cataract[J]. Exp Eye Res, 2021, 212: 108772. DOI: 10.1016/j.exer.2021.108772.
- [3] Chartier H, Fassier P, Leuraud K, et al. Occupational low-dose irradiation and cancer risk among medical radiation workers[J]. Occup Med (Lond), 2020, 70(7): 476-484. DOI: 10.1093/occmed/kqaa130.
- [4] Little MP, Azizova TV, Richardson DB, et al. Ionising radiation and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis[J]. BMJ, 2023, 380: e072924. DOI: 10.1136/bmj-2022-072924.
- [5] Deng J, Fan SN, Wang T, et al. National dose registry and trends of occupational exposure to ionising radiation in China (2009-2018)[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2020, 191(3): 376-381. DOI: 10.1093/rpd/ncaa171.
- [6] 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.
- [7] 乔宝军,张子扬,陈中兴,等.辽宁省307名介入放射工作人员个人剂量监测结果分析[J].中国辐射卫生,2022,31(3):301-305. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.008.

- Qiao BJ, Zhang ZY, Chen ZX, et al. Personal dose monitoring results of 307 interventional radiology workers in Liaoning Province, China[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 31 ( 3 ) : 301-305. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.008](#).
- [8] 李春富, 田青香, 张雷, 等. 2015-2019年北京市通州区放射工作人员个人剂量监测异常结果分析[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31 ( 1 ) : 13-16. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.003](#).
- Li CF, Tian QX, Zhang L, et al. An analysis of the abnormal results of individual dose monitoring for radiation workers in Tongzhou District, Beijing, China, 2015-2019[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 31 ( 1 ) : 13-16. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.003](#).
- [9] Kim J, Seo S, Lee DN, et al. Occupational exposure characteristics and factors associated with radiation doses among Korean radiation workers[J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2020, 189 ( 1 ) : 106-113. DOI: [10.1093/rpd/ncaa019](#).
- [10] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation[R]. New York: UNSCEAR, 2022.
- [11] 邓君, 王博, 王拓, 等. 我国“个人剂量监测登记系统”的10年应用与发展[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29 ( 2 ) : 162-165. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.02.016](#).
- Deng J, Wang B, Wang T, et al. Application and development of “national individual dose registry for occupationally exposed workers” in China for 10 years[J]. *Chin J Radiol Health*, 2020, 29 ( 2 ) : 162-165. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.02.016](#).
- [12] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴-2022[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2022.
- National Health Commission of the People's Republic of China. China health statistics yearbook 2022[M]. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2022.
- [13] 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, 2019.
- 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, 2019.
- [14] 国家统计局. 中国统计年鉴. 地区生产总值(2021)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- National Bureau of Statistics of People's Republic of China, China statistical yearbook. Regional GDP (2021)[M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [15] 安晶刚, 邓君, 范胜男, 等. 全国医用辐射防护监测信息系统构建及应用情况[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39 ( 10 ) : 741-745. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.10.005](#).
- An JG, Deng J, Fan SN, et al. Construction and application of national monitoring information system for medical radiation protection[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39 ( 10 ) : 741-745. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.10.005](#).
- [16] 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.
- [17] O'Connor U, Gallagher A, Malone L, et al. Occupational radiation dose to eyes from endoscopic retrograde cholangiopancreatography procedures in light of the revised eye lens dose limit from the international commission on radiological protection[J]. *Br J Radiol*, 2013, 86 ( 1022 ) : 20120289. DOI: [10.1259/bjr.20120289](#).
- [18] 徐辉, 王建超, 黄卓, 等. 介入放射学中辅助防护设施改进效果评价研究[J]. *中国辐射卫生*, 2017, 26 ( 6 ) : 661-664. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2017.06.013](#).
- Xu H, Wang JC, Huang Z, et al. Evaluation studies on the improvement of auxiliary radiological protective facilities in interventional radiology[J]. *Chin J Radiol Health*, 2017, 26 ( 6 ) : 661-664. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2017.06.013](#).
- [19] Bellamy MB, Miodownik D, Quinn B, et al. Occupational eye lens dose over six years in the staff of a US high-volume cancer center[J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2020, 192 ( 3 ) : 321-327. DOI: [10.1093/rpd/ncaa187](#).
- [20] 赵思京, 魏祥. 2019年北京市东城区医疗机构放射工作人员管理现状调查[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29 ( 6 ) : 583-585,597. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.06.001](#).
- Zhao SJ, Wei X. A survey of management status of radiation workers in medical institutions in Dongcheng District, Beijing in 2019[J]. *Chin J Radiol Health*, 2020, 29 ( 6 ) : 583-585,597. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.06.001](#).
- [21] 劳小兰, 黄显营. 广西钦州市医学放射工作人员职业健康监护的现状分析[J]. *上海预防医学*, 2021, 33 ( 2 ) : 109-111,127. DOI: [10.19428/j.cnki.sjpm.2021.20225](#).
- Lao XL, Huang XY. Occupational health monitoring status of medical radiation workers in Qinzhou City, Guangxi[J]. *Shanghai J Prev Med*, 2021, 33 ( 2 ) : 109-111,127. DOI: [10.19428/j.cnki.sjpm.2021.20225](#).

(收稿日期:2023-07-15)