

## 电离辐射对放射工作者职业健康的影响

单铁梅, 付丽丽, 王丽东, 李业明, 段潇潇, 田欣鑫, 那向杰

辽宁省疾病预防控制中心, 辽宁 沈阳 110005

**摘要:** **目的** 分析放射工作者外周血象、淋巴细胞微核及染色体畸变情况, 为放射工作者职业防护和健康监测提供依据。**方法** 对 2015 年、2017 年和 2019 年连续 3 次接受健康检查的 127 名放射工作者进行淋巴细胞微核、染色体及血象分析, 将其设为放射组。另外选取 133 名无射线接触史的医务人员设为对照组;**结果** 放射组中淋巴细胞微核率和染色体畸变率高于对照组, 白细胞和血小板计数低于对照组, 均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。127 名放射工作者外周血白细胞总数随着接触电离辐射时间的增长逐渐降低, 染色体畸变率逐渐增加, 均具有统计学意义( $P < 0.05$ )。损害工龄大于 20 年的放射工作者染色体畸变率高于低工龄组, 不同损害工龄之间比较无统计学意义( $P > 0.05$ )。核医学与介入治疗工种染色体畸变率高于其他工种, 具有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** 长时间接触低剂量电离辐射可使放射工作者白细胞总数降低和淋巴细胞染色体畸变率增加, 应加强放射工作者防护措施以减低电离辐射损伤程度, 特别要加强核医学和介入治疗放射工作人员的防护。

**关键词:** 放射工作人员; 外周血象; 染色体畸变; 影响

中图分类号: Q691 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2021)04-0402-05

## Effect of ionizing radiation on the occupational health of radiologists

SHAN Tiemei, FU Lili, WANG Lidong, LI Yeming, DUAN Xiaoxiao, TIAN Xinxin, NA Xiangjie

Liaoning Center for Disease Control and Prevention, Shenyang 110005 China

**Abstract:** **Objective** To analyze peripheral blood hemogram, lymphocyte micronucleus and chromosomal aberrations of radiologists, so as to provide basis for occupational protection and health monitoring of radiologists. **Methods** Lymphocyte micronucleus, chromosome and blood hemogram analysis were performed on 127 radiologists who received health examinations in 2015, 2017 and 2019, and they were assigned to the radiation group. In addition, 133 medical staff with no history of radiation exposure were selected as the control group. **Results** The micronucleus rate and chromosome aberration rate of the radiation group were higher than those of the control group, and the white blood cell and platelet counts were lower than those of the control group, both of which were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The total number of white blood cells in peripheral blood of 127 radiologists decreased gradually with the increase of exposure time to ionizing radiation, and the chromosome aberration rate increased gradually, all of which had statistical significance ( $P < 0.05$ ). The rate of chromosomal aberration was higher in radiologists with damage work age of more than 20 years than in the low-work age group, and there was no statistical significance between different damage work age ( $P > 0.05$ ). The chromosome aberration rate of nuclear medicine and interventional therapy was higher than that of other types, with statistical significance ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Long-term exposure to low-dose ionizing radiation can reduce the total number of white blood cells and increase the chromosome aberration rate of radiologists. It is necessary to strengthen the protective measures for radiologists to reduce the degree of ionizing radiation damage, especially to strengthen the occupational protection for radiologists in nuclear medicine and interventional therapy.

**Keywords:** Radiologists; Peripheral Blood Hemogram; Chromosomal Aberration; Impact

**Corresponding author:** NA Xiangjie, E-mail: 479471204@qq.com

随着核工业及医学技术的发展, 电离辐射应用于医疗设备, 接触电离辐射的工作人员也在逐年增加<sup>[1]</sup>, 放射科、心血管介入治疗, 核医学科等科室各种先进

的仪器设备应用于临床诊断与治疗, 产生的电离辐射也正在威胁医护人员健康。为了解放射工作者在正常工作环境下低剂量电离辐射对其身体的影响, 本

文分析了 127 名放射工作者连续 3 次外周血象、淋巴细胞微核及染色体体检结果。

## 1 材料与方法

1.1 一般资料 选择 2015 年、2017 年和 2019 年连续 3 次接受健康检查的 127 名放射工作者, 将其设为放射组, 男性 70 名, 女性 57 名, 年龄 27~58 岁, 平均年龄( $42.09 \pm 8.52$ )岁, 工龄 3~35 年, 依法对放射工作者进行个人剂量水平检测, 无超剂量照射。另外选取 133 名无射线接触史的医务人员设为对照组, 男性 73 名, 女性 60 名, 年龄 25~59 岁, 平均年龄( $41.26 \pm 7.018$ )岁, 工龄 3~36 年, 性别、年龄和工龄与放射组相当, 无统计学差异( $P > 0.05$ )。

## 1.2 方法

1.2.1 仪器与试剂 ①潍坊市康华生物技术有限公司外周血微核染色体培养基及配套秋水仙素、低渗液和染液; ②德国蔡司 Imager.Z2 全自动核型扫描仪; ③美国 Beckman Coulter LH750 全自动血球分析仪; ④上海博迅隔水式恒温培养箱; ⑤国药集团化学试剂有限公司甲醇和冰醋酸。

1.2.2 采血 于无菌肝素抗凝管中采集 2 mL 静脉血。根据放射工作人员健康要求取参考值<sup>[2]</sup>。

1.2.3 外周血细胞实验室检查及参考值 静脉采血上机检查血常规, 白细胞:  $(4.0 \sim 9.5) \times 10^9 / L$ , 红细胞: 男  $(4.0 \sim 5.8) \times 10^{12} / L$ , 女  $(3.5 \sim 5.1) \times 10^{12} / L$ , 血红蛋白: 男 120~175 g/L, 女 110~150 g/L, 血小板

$(100 \sim 350) \times 10^9 / L$ 。

1.2.4 外周血淋巴细胞微核标本制备及参考值 取肝素抗凝静脉血 500 mL 接种于微核培养基中培养 72 h, 取出培养基吸出上清, 低渗-预固定-固定-制片-染色, 低倍镜下观看 1000 个形态完好的细胞, 计数淋巴细胞微核率。微核率  $\leq 8\%$  为正常。

1.2.5 外周血淋巴细胞染色体标本制备及参考值 取肝素抗凝血 500  $\mu L$  接种于提前加入秋水仙素的 RPMI1640 染色体培养基中培养 48~52 h, 取出培养基吸出上清, 低渗-预固定-固定-制片-染色, 蔡司全自动染色体核型扫描仪进行扫描, 高倍镜拍摄 100 个形态清晰的中期染色体图片进行分析, 染色体畸变类型包括 ace(f, min, ar)、dic 和 r, 有异常者需经人工复核, 两人意见一致为准。双着丝粒体(dic)、着丝粒环(r)和稳定性染色体畸变(t)率  $< 1\%$  为正常, 无着丝粒体畸变率(ace)  $\leq 3$  为正常。

1.3 统计方法 本次分析数据采用 SPSS17.0 统计学软件进行  $\chi^2$  检验和 ANOVA 分析, 检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

2.1 放射组与对照组结果比较 放射组 2015 年、2017 年和 2019 年淋巴细胞微核率和染色体畸变率均高于对照组, 白细胞和血小板计数均低于对照组, 且都具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 红细胞和血红蛋白两组比较无统计学意义( $P > 0.05$ ), 见表 1。

表 1 放射组对照组结果比较

Table 1 Comparison of control results in the radiation group

组别	例数	白细胞( $\times 10^9 / L$ )	红细胞( $\times 10^{12} / L$ )	血红蛋白(g/L)	血小板( $\times 10^9 / L$ )	微核		染色体	
						细胞数	微核率(%)	细胞数	畸变率(%)
放射组2015年	127	$6.44 \pm 1.31$	$4.83 \pm 0.45$	$144.87 \pm 15.09$	$228.35 \pm 45.31$	127000	0.72	12700	0.0315
放射组2017年	127	$6.36 \pm 1.27$	$4.88 \pm 0.46$	$144.43 \pm 15.28$	$222.39 \pm 46.51$	127000	0.84	12700	0.0551
放射组2019年	127	$6.00 \pm 1.18$	$4.75 \pm 0.41$	$143.60 \pm 15.26$	$220.48 \pm 53.90$	127000	0.94	12700	0.1102
对照组	133	$6.83 \pm 1.20$	$4.83 \pm 0.48$	$146.23 \pm 15.11$	$239.18 \pm 50.01$	133000	0.31	13300	0.0075
F值/ $\chi^2$		9.868	1.767	0.683	3.849		4.602		15.564 <sup>a</sup>
P值		0.000	0.153	0.563	0.01		0.000		0.001

2.2 放射组各年份结果比较 127 名放射工作者外周血白细胞总数随着接触电离辐射时间的增长逐渐降低, 染色体畸变率逐渐增加, 都具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 红细胞、血红蛋白、血小板和淋巴细胞微

核率比较无统计学意义( $P > 0.05$ ), 见表 2。

2.3 不同工龄放射工作者染色体畸变率比较 损害工龄大于 20 年的放射工作者染色体畸变率高于低工龄组, 不同损害工龄染色体畸变率比较无统计学意义

表 2 放射组各年份结果比较

Table 2 Comparison of results of each year in the radiation group

年份/年	例数	白细胞/( $\times 10^9/L$ )	红细胞/( $\times 10^{12}/L$ )	血红蛋白/(g/L)	血小板/( $\times 10^9/L$ )	微核率(%)	染色体畸变率(%)
2015	127	6.44 $\pm$ 1.31	4.83 $\pm$ 0.45	144.87 $\pm$ 15.09	228.35 $\pm$ 45.31	0.72	0.0315
2017	127	6.36 $\pm$ 1.27	4.88 $\pm$ 0.46	144.43 $\pm$ 15.28	222.39 $\pm$ 46.51	0.84	0.0551
2019	127	6.00 $\pm$ 1.18	4.75 $\pm$ 0.41	143.60 $\pm$ 15.26	220.48 $\pm$ 53.90	0.94	0.1102
$F$ 值/ $\chi^2$		4.458	2.773	0.227	0.901	1.844	6.764 <sup>a</sup>
$P$ 值		0.012	0.064	0.797	0.407	0.160	0.034

义( $P > 0.05$ ), 见表 3。

2.4 不同工种放射工作者染色体畸变率比较 介入治疗和核医学工种染色体畸变率高于其他工种, 不同工种之间染色体畸变率比较有统计学意义( $P < 0.05$ ), 见表 4。

表 3 不同损害工龄染色体畸变率分析

Table 3 Analysis of chromosome aberration rates at different age of injury

损害工龄/年	例数	染色体	
		细胞数	畸变率(%)
1~10	47	4700	0.1064
11~20	36	3600	0.0278
> 20	44	4400	0.1818
$\chi^2$ 值			4.801 <sup>a</sup>
$P$ 值			0.091

表 4 不同工种染色体畸变率分析

Table 4 Analysis of chromosome aberration rates of different work types

工种	例数	染色体	
		细胞数	畸变率(%)
放射诊断	27	2700	0.0000
投照	26	2600	0.0769
核医学	3	300	0.3333
介入治疗	39	3900	0.2821
工业应用	32	3200	0.0000
$\chi^2$ 值			20.864 <sup>a</sup>
$P$ 值			0.000

### 3 讨 论

电离辐射可以在细胞水平对人体产生影响, 造成机体损伤, 包括急性、慢性损伤和远期效应等。急性放射性损伤主要见于核辐射事故, 日常比较少见。慢性辐射损伤常见于放射工作人员, 辐射在体内累积引起人体血液系统疾病、皮肤放射病, 甚至癌症<sup>[3]</sup>, 所以

对放射工作人员进行连续的健康检查和监护很有必要。白细胞对辐射非常敏感<sup>[4]</sup>, 外周血中的淋巴细胞约占成人白细胞的 20%, 淋巴细胞微核是淋巴细胞受辐射后细胞核内染色体断裂形成的游离于细胞质中的小核<sup>[5]</sup>。本文中观察的淋巴细胞染色体畸变类型包含双着丝粒体和无着丝粒断片, 淋巴细胞染色体畸变可以作为参考指标评价慢性放射损伤<sup>[6]</sup>。根据国家卫生标准, 将淋巴细胞微核和染色体畸变作为放射人员职业健康监护检查的重要指标。本研究表明放射组中淋巴细胞微核率和染色体畸变率均高于对照组, 有统计学意义( $P < 0.05$ ), 这与汪卫兵等<sup>[7]</sup>的研究结果一致。放射工作者由于长时间接触低剂量电离辐射, 可能对人体遗传物质造成一些损伤, 带来健康隐患。放射组淋巴细胞微核率和染色体畸变率随着接触电离辐射时间的增长逐渐升高, 这与郭秀芝<sup>[8]</sup>的研究结果一致。尽管每年职业病宣传周都在宣传《职业病防治法》, 放射工作人员防护意识有所增强, 防护措施也在升级, 但是长年累月接触电离辐射, 随着剂量的累积, 细胞染色体损伤程度也在增加<sup>[9]</sup>, 辐射剂量与染色体畸变的剂量效应关系需要进一步研究。放射组白细胞和血小板计数低于对照组, 有统计学意义( $P < 0.05$ ), 这与姜淑艳等<sup>[10]</sup>的研究一致, 白细胞和血小板随着接触电离辐射时间的增长呈下降趋势, 这与等刘凤君等<sup>[11]</sup>的结果一致, 长期接受电离辐射杀伤人体白细胞和血小板, 造成机体抵抗力下降, 容易患病<sup>[12]</sup>, 应加强重视, 建立连续的健康档案, 监测体检结果。放射组红细胞和血红蛋白与对照组比较无统计学意义( $P > 0.05$ ), 可能低剂量电离辐射对红细胞的存活影响不大, 只是影响红细胞表面受体结构与功能<sup>[13]</sup>。放射组不同损害工龄染色体畸变率比较无统计学意义( $P > 0.05$ ), 这与那向杰<sup>[14]</sup>的结果一致, 原因可能是机体细胞自身在不断修复, 损害工龄大于 20 年染色体畸变率比低工龄组高, 这可能与累积剂量有关。放射组不同工种间染色体畸变率比较有统计学意义( $P < 0.05$ ), 介入治疗和核医学工种染色体畸变率高

于其他工种,这与钱庆增<sup>[15]</sup>赵博兰<sup>[16]</sup>等的结果一致,由于介入治疗和核医学放射人员工作时近距离直接暴露于辐射源之下,并且由于工作需要,身体不能完全佩戴防护设备,工作时间又很长,接受的辐射剂量也比其他放射人员大<sup>[17]</sup>,所以特别要重视介入治疗和核医学工作人员的防护。

综上所述,放射工作者应提高自身的防护意识,放射者工作单位应给与放射工作者必要的防护设备,建立连续的健康档案,职业卫生工作者应加强宣传《职业病防治法》,放射卫生执法监督部门应加大检查力度。介入治疗及核医学岗位人员应该轮岗,保证足够的休息时间,进行身体调整,工作时严控操作时间,减少辐射量。

**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** 单铁梅负责提出研究方向、设计论文框架;设计研究思路、设计研究方案、研究方案可行性调查分析、实施研究过程;付丽丽负责实验分析;王丽东负责设计表格;李业明负责文献调研与整理;段潇潇负责确定研究对象范围、收集数据;田欣鑫负责输入数据;那向杰负责对文章进行审阅,给予指导性支持

## 参考文献

- [1] 陈正其,姚洪章,刘定理,等.低剂量电离辐射对放射工作人员健康影响的调查[J].中国辐射卫生,2005,14(2):124-126. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2005.02.026.  
Chen ZQ, Yao HZ, Liu DL, et al. Investigation on effects of low-dose ionizing radiation on the health of radiation workers[J]. Chin J Radiol Health, 2005, 14(2): 124-126. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2005.02.026.
- [2] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GBZ/T248—2014 放射工作人员职业健康检查外周血淋巴细胞染色体畸变检测与评价[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.  
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GBZ/T 248—2014 Detection and evaluation of chromosomal aberrations of peripheral blood lymphocytes in occupational health examination for radiation workers[S]. Beijing: China Standard Press, 2014.
- [3] 申立军,尹俊清,董振军,等.某医疗机构160名放射工作人员职业健康监护状况分析[J].中国辐射卫生,2019,28(6):617-620. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2019.06.005.  
Shen LJ, Yin JQ, Dong ZJ, et al. Analysis on occupational health inspections of 160 radiation professionals in a single institution[J]. Chin J Radiol Health, 2019, 28(6): 617-620. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2019.06.005.
- [4] 孙一丁,牛如芳,李敏.从事介入治疗医护人员体细胞染色体畸变及白细胞总数的检测[J].工业卫生与职业病,2000,26(5):282-283. DOI: 10.13692/j.cnki.gywsyzyb.2000.05.012.  
Sun YD, Niu RF, Li M. Study on chromosome aberration and leukocyte count of medical staff engaging in intervention treatment[J]. Ind Heal Occup Dis, 2000, 26(5): 282-283. DOI: 10.13692/j.cnki.gywsyzyb.2000.05.012.
- [5] 杨非,周敏,龚力,等.低剂量电离辐射对放射从业者血小板及白细胞的影响分析[J].中华流行病学杂志,2016,37(12):1578-1582. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-16450.2016.12.005.  
Yang F, Zhou M, Gong L, et al. Effect of low-dose ionizing radiation on platelet and leukocytes of radiation workers[J]. Chin J Epidemiol, 2016, 37(12): 1578-1582. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-16450.2016.12.005.
- [6] 吕玉民.染色体畸变在急、慢性辐射损伤评估中的意义专家解析[J].中国辐射卫生,2019,28(4):349-354,360. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2019.04.001.  
Lü YM. Expert interpretation on the significance of chromosomal aberration in the assessment of acute and chronic radiation damage[J]. Chin J Radiol Health, 2019, 28(4): 349-354, 360. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2019.04.001.
- [7] 汪卫兵,樊树明.1320名放射工作人员健康状况分析[J].中国辐射卫生,2005,14(3):211-212. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2005.03.029.  
Wang WB, Fan SM. Analysis of 1320 radiation workers' health condition[J]. Chin J Radiol Health, 2005, 14(3): 211-212. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2005.03.029.
- [8] 郭秀芝.放射工作人员外周血淋巴细胞染色体畸变和微核细胞变化的影响因素分析[J].系统医学,2019,4(17):17-19. DOI: 10.19368/j.cnki.2096-1782.2019.17.017.  
Guo XZ. Analysis of influencing factors of chromosomal aberrations and micronucleated cells in peripheral blood lymphocytes of radiation workers[J]. Syst Med, 2019, 4(17): 17-19. DOI: 10.19368/j.cnki.2096-1782.2019.17.017.
- [9] 刘涵笑,邓大平,李洁清,等.介入放射工作人员血液指标调查分析[J].中国辐射卫生,2020,29(3):211-214. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.03.002.  
Liu HX, Deng DP, Li JQ, et al. Investigation and analysis of blood indexes of interventional radiology workers[J]. Chin J Radiol Health, 2020, 29(3): 211-214. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.03.002.
- [10] 姜淑艳,张钦富,李洁雅.放射工作人员外周血象近十年前后结果分析[J].中国辐射卫生,2007,16(4):438-439. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2007.04.033.  
Lou SY, Zhang QF, Li JY. Analysis of peripheral blood images of radiological workers before and after 10 years[J]. Chin J Radiol Health, 2007, 16(4): 438-439. DOI: 10.3969/j.issn.1004-714X.2007.04.033.
- [11] 刘凤君,许国琼.低剂量电离辐射对人体外周血象影响流行病学分析[J].饮食保健,2018,5(48):5-6. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8439.2018.48.006.



- Liu FJ, Xu GQ. Epidemiological analysis of effects of low-dose ionizing radiation on human peripheral blood[J]. *Diet Heal*, 2018, 5 ( 48 ) : 5-6. DOI: [10.3969/j.issn.2095-8439.2018.48.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-8439.2018.48.006).
- [12] 林朝杰, 何祥金, 刘军, 等. 内江市近五年放射工作人员体检结果分析研究[J]. *中国辐射卫生*, 2004, 13 ( 1 ) : 61-62. DOI: [10.3969/j.issn.1004-714X.2004.01.035](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-714X.2004.01.035).
- Lin (C/Z)J, He XJ, Liu J, et al. The analysis of health management status of radiation workers in recent 5 years in Neijiang[J]. *Chin J Radiol Health*, 2004, 13 ( 1 ) : 61-62. DOI: [10.3969/j.issn.1004-714X.2004.01.035](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-714X.2004.01.035).
- [13] 侯巍. 放射工作人员红细胞免疫功能观察[J]. *工业卫生与职业病*, 2005, 31 ( 6 ) : 422. DOI: [10.3969/j.issn.1000-7164.2005.06.022](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7164.2005.06.022).
- Hou W. Observation of erythrocyte immune function in radiation exposed workers[J]. *Ind Heal Occup Dis*, 2005, 31 ( 6 ) : 422. DOI: [10.3969/j.issn.1000-7164.2005.06.022](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7164.2005.06.022).
- [14] 那向杰, 付丽丽, 单铁梅, 等. 介入放射工作人员染色体畸变和微核观察[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29 ( 1 ) : 13-16. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.003](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.003).
- Na XJ, Fu LL, Shan TM, et al. Observation of chromosome aberration and micronucleus in interventional radiology workers[J]. *Chin J Radiol Health*, 2020, 29 ( 1 ) : 13-16. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.003](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.003).
- [15] 钱庆增, 曲艺, 王光大, 等. 医院放射人员染色体畸变与累积辐射剂量的关系研究[J]. *河北医药*, 2017, 39 ( 7 ) : 968-972. DOI: [10.3969/j.issn.1002-7386.2017.07.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-7386.2017.07.002).
- Qian QZ, Qu Y, Wang GD, et al. Correlation between chromosome aberration and cumulative radiation dose in hospital radiation personnel[J]. *Hebei Med J*, 2017, 39 ( 7 ) : 968-972. DOI: [10.3969/j.issn.1002-7386.2017.07.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-7386.2017.07.002).
- [16] 赵博兰, 刘喜房, 赵永军, 等. 保定市843名放射工作人员职业健康状况[J]. *医学研究与教育*, 2020, 37 ( 3 ) : 55-59. DOI: [10.3969/j.issn.1674-490X.2020.03.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-490X.2020.03.009).
- Zhao BL, Liu XF, Zhao YJ, et al. The health status of workers occupationally exposed to radiation in Baoding City[J]. *Med Res Educ*, 2020, 37 ( 3 ) : 55-59. DOI: [10.3969/j.issn.1674-490X.2020.03.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-490X.2020.03.009).
- [17] 陈岩, 张圆圆, 张伟佳, 等. 介入、核医学放射工作人员外照射个人剂量水平调查与分析[J]. *中国辐射卫生*, 2018, 27 ( 1 ) : 5-8. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.002](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.002).
- Chen Y, Zhang YY, Zhang WJ, et al. Investigation and analysis of individual dose levels of external radiation in interventional and nuclear medicine radiation workers[J]. *Chin J Radiol Health*, 2018, 27 ( 1 ) : 5-8. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.002](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.002).

(收稿日期:2020-12-07)

## (上接第 401 页)

- [12] 杨勇文, 杨爱初, 刘庆凤, 等. 广东省790名医院放射工作人员职业健康资料分析[J]. *中国职业医学*, 2018, 45 ( 6 ) : 793-796.
- Yang YW, Yang AC, Liu QF, et al. Occupational health examination data of 790 radiation workers from hospitals of Guangdong Province[J]. *China Occup Med*, 2018, 45 ( 6 ) : 793-796.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局. GB18871—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.
- General Administration of quality supervision, inspection and Quarantine of the people's Republic of China. GB 18871—2002 basic standard for protection against ionizing radiation and safety of radiation sources[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [14] 董翔, 夏青, 潘丽萍. 南京市放射工作人员甲状腺检查结果分析[J]. *中国工业医学杂志*, 2020, 33 ( 4 ) : 342-345. DOI: [10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.04.020](https://doi.org/10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.04.020).
- Dong X, Xia Q, Pan LP. Analysis of thyroid examination results of radiological workers in Nanjing City[J]. *Chin J Ind Med*, 2020, 33 ( 4 ) : 342-345. DOI: [10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.04.020](https://doi.org/10.13631/j.cnki.zggyyx.2020.04.020).
- [15] 沙磊, 谭维维. 南通市2014年放射工作人员健康监护结果分析[J]. *中国辐射卫生*, 2017, 26 ( 1 ) : 44-48. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.01.018](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.01.018).
- Sha L, Tan WW. Analysis of health surveillance results of radiation workers in Nantong City in 2014[J]. *Chin J Radiol Health*, 2017, 26 ( 1 ) : 44-48. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.01.018](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2017.01.018).
- [16] 吕扬阳, 王志斌, 张洋, 等. 医用电离辐射对放射工作人员甲状腺功能及结节的影响[J]. *职业与健康*, 2018, 34 ( 4 ) : 446-449. DOI: [10.13329/j.cnki.zyyjk.2018.0127](https://doi.org/10.13329/j.cnki.zyyjk.2018.0127).
- Lv YY, Wang ZB, Zhang Y, et al. Influence of medical ionizing radiation on thyroid function and nodules of radiation workers[J]. *Occup Heal*, 2018, 34 ( 4 ) : 446-449. DOI: [10.13329/j.cnki.zyyjk.2018.0127](https://doi.org/10.13329/j.cnki.zyyjk.2018.0127).
- [17] 石瑞芬, 董雪梅, 陈松根, 等. 某市医用放射工作人员甲状腺功能调查与分析[J]. *中国辐射卫生*, 2018, 27 ( 1 ) : 28-30. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.008](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.008).
- Shi RF, Dong XM, Chen SG, et al. Analysis on thyroid function of medical radiation workers in a City[J]. *Chin J Radiol Health*, 2018, 27 ( 1 ) : 28-30. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.008](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2018.01.008).
- [18] 涂雷, 谭成普, 李秀婷, 等. 某市三甲医院医疗职业人群甲状腺功能调查分析[J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2019, 37 ( 2 ) : 122-126.
- Tu L, Tan CP, Li XT, et al. Investigation and analysis of thyroid function of medical occupational population in a tertiary-A hospital in Nanjing[J]. *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 2019, 37 ( 2 ) : 122-126.

(收稿日期:2020-11-17)