

甘肃省工业应用放射工作人员淋巴细胞微核影响因素分析

李烨, 吴小琴, 刘刚, 邸宏杰

甘肃省疾病预防控制中心, 甘肃 兰州 730000

摘要: **目的** 分析工业应用放射工作人员外周血淋巴细胞微核异常检出情况及影响因素, 为辐射防护提供参考。**方法** 通过甘肃省疾病预防控制中心职业健康体检系统, 收集 661 名在岗工业应用放射工作人员的职业健康监护资料, 分析外周血淋巴细胞微核异常检出情况, 并采用 logistic 回归对影响因素进行分析。**结果** 661 名工业应用放射工作人员微核异常率 6.05%。不同性别微核异常率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); 不同年龄组比较, 微核异常率随年龄增长而增加, 其中 50 岁以上年龄组微核异常率最高(17.81%), 各年龄组间差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同职业类别微核异常率比较, 各组间差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同放射工龄组比较, 各工龄组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。经 logistic 回归分析, 年龄和放射工龄是影响微核异常率的危险因素($P < 0.05$); 年龄为影响微核异常率的独立危险因素($P < 0.05$)。**结论** 低剂量电离辐射对工业应用放射工作人员淋巴细胞微核异常率的影响与年龄和工龄有一定的关系, 应关注放射工作人员的职业健康监护, 尤其是高年资的放射工作人员。

关键词: 工业应用; 放射工作人员; 微核; 影响因素

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2024)02-0148-05

Analysis of factors influencing lymphocyte micronucleus in industrial radiation workers in Gansu Province, China

LI Ye, WU Xiaoqin, LIU Gang, DI Hongjie

Gansu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Lanzhou 730000 China

Abstract: **Objective** To analyze micronucleus abnormalities in the peripheral blood lymphocytes of industrial radiation workers and the influencing factors, and to provide a reference for radiation protection. **Methods** The occupational health monitoring data of 661 industrial radiation workers were collected from the occupational health examination system of Gansu Provincial Center for Disease Control and Prevention. The abnormalities in the micronucleus of peripheral blood lymphocytes were analyzed. The influencing factors were identified by logistic regression. **Results** The micronucleus abnormality rate was 6.05% for the 661 industrial radiation workers. There was no significant difference in micronucleus abnormality rate between sexes ($P > 0.05$). Comparison of age groups showed that the rate of micronucleus abnormality increased with age, and workers over 50 years of age has the highest rate of micronucleus abnormalities (17.81%); there was a significant difference between age groups ($P < 0.05$). There was a significant difference in micronucleus abnormality rate between occupational categories ($P < 0.05$). There was a significant difference in micronucleus abnormality rate between groups with different years of work ($P < 0.05$). Logistic regression analysis showed that age and years of work were the risk factors for micronucleus abnormality rate ($P < 0.05$); age was an independent risk factor for micronucleus abnormality rate ($P < 0.05$). **Conclusion** The effect of low-dose ionizing radiation on micronucleus abnormality rate of industrial radiation workers is related to age and working years. Attention should be paid to occupational health monitoring of radiation workers, especially those with advanced age.

Keywords: Industrial application; Radiation worker; Micronucleus; Influencing factor

随着核技术的发展, 电离辐射技术在医学诊疗、工业应用和核燃料循环等行业得到广泛应用^[1], 据统计, 我国目前有 60 余万从事人工辐射源职业照射的放射工作人员, 其中从事医学诊疗工作约占 60%~

70%, 从事工业应用约占 10%, 从事核燃料循环约占 10%^[2]。随着从事工业应用的放射工作人员逐年增加, 其职业健康状况越来越受到用人单位、劳动者和监管部门的重视^[3-4]。造血系统是辐射敏感器官之

一,长期低剂量电离辐射会对工作人员血细胞造成损伤^[5-6],也是目前辐射防护领域关注的重点。《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ 98—2020)规定,外周血淋巴细胞微核检测是放射工作人员在岗期间必检项目之一^[7]。我们分析了 661 名在岗工业应用放射工作人员外周血淋巴细胞微核异常检出情况及影响因素。

1 对象与方法

1.1 对象 收集 661 名在岗工业应用放射工作人员作为研究对象。纳入标准:(1)全部人员为在岗期间,放射工龄 1 年及以上。(2)职业类别包括工业辐照、工业探伤、加速器运行及核仪表。(3)近 3 个月内除工作外无射线和化学毒物接触史。(4)健康检查表基本信息填写完整,必检项目无缺项和逻辑错误。

1.2 方法 淋巴细胞微核分析采用微量全血常规培养法,取外周静脉血 0.3~0.5 mL 加入 5 mL 外周血淋巴细胞培养基内,37℃ 恒温培养 72 h 后收获,低渗、固定、制片和 Giemsa 染色。每例观察 1000 个转化的胞体完整的淋巴细胞,记录微核数,结果以微核率(‰)表示。正常值 0~6‰, > 6‰为异常。

微核判定标准:游离于淋巴细胞胞浆中,呈圆形或椭圆形,大小为主核的 1/16~1/3,边缘光滑,与主核完全分离或相切,如有相切,则一定要看清核膜,嗜色性与主核一致或略浅。观察到的微核需经 2 人进行确认。

1.3 统计学分析 用 Excel 2013 建立数据库,用 SPSS 20.0 进行分析:计量资料符合正态分布的用($\bar{x} \pm s$)表示;计数资料用例数和百分比(%)表示,组间比较用 χ^2 检验或 Fisher's 精确检验。影响微核异常率的危险因素采用单因素 logistic 回归分析和多因素 logistic 回归分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况 661 名工业应用放射工作人员中男性 581 名,占 87.90%,女性 80 名,占 12.10%;年龄 19~60 岁,平均年龄为(36.95±9.79)岁;放射工龄 1~40 年,平均放射工龄(9.34±8.82)年。不同职业类别人数构成比:工业辐照为 12.71%(84/661),工业探伤为 62.63%(414/661),加速器运行 13.77%(91/661),核仪表为 10.89%(72/661)。

2.2 淋巴细胞微核检查结果 本次调查共分析 661 人,微核异常 40 例,异常率 6.05%。男性微核异常率

为 5.51%,女性为 10.00%,不同性别微核异常率差异无统计学意义($\chi^2 = 1.768, P > 0.05$)。调查对象中,年龄最小 19 岁,最大 60 岁,31~40 岁年龄组人数最多, ≥ 51 岁年龄组微核异常率最高,为 17.81%,不同年龄组比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 41.429, P < 0.05$)。不同职业类别比较,工业辐照异常率最低为 1.19%,核仪表最高为 8.33%,各组间差异有统计学意义($\chi^2 = 8.442, P < 0.05$)。调查对象以 ≤ 10 年工龄组人数最多,微核异常率最高为 ≥ 31 年工龄组(16.67%),不同工龄组比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 11.286, P < 0.05$)。见表 1。

表 1 工业应用放射工作人员微核异常检出情况
Table 1 Micronucleus abnormalities identified in industrial radiation workers

类别	受检人数	微核异常人数	异常率(%)	P值
性别				0.184($\chi^2 = 1.768$)
男	581	32	5.51	
女	80	8	10.00	
年龄/岁				0.000($\chi^2 = 41.429$)
≤ 30	207	2	0.97	
31~40	220	5	2.27	
41~50	161	20	12.42	
≥ 51	73	13	17.81	
职业类别				0.033($\chi^2 = 8.442$)
工业辐照	84	1	1.19	
工业探伤	414	31	7.49	
加速器运行	91	2	2.20	
核仪表	72	6	8.33	
工龄/年				0.000($\chi^2 = 11.286$)
≤ 10	453	19	4.19	
11~20	123	13	10.57	
21~30	61	4	6.56	
≥ 31	24	4	16.67	

2.3 淋巴细胞微核异常影响因素的单因素 logistic 回归分析 以淋巴细胞微核是否异常为因变量,以年龄、工种和工龄为自变量进行单因素 logistic 回归分析。结果显示,年龄和工龄为影响微核异常的危险因素($P < 0.05$)。年龄以 ≤ 30 岁为参考,31~40 岁、41~50 岁、 ≥ 51 岁年龄组微核异常发生的危险性可能是 ≤ 30 岁组的 2.384、14.539、22.208 倍;工龄以 ≤ 10 年为参考,11~20 年、21~30 年、 ≥ 31 年工龄组微核异常发生的危险性可能是 ≤ 10 年组的 2.700、

1.603、4.568 倍。见表 2。

和 ≥ 51 岁年龄组差异均有统计学意义($P < 0.05$), 31~40 岁、41~50 岁、 ≥ 51 岁年龄组可能发生微核异常的危險性是 ≤ 30 岁组的 2.291、16.603、29.090 倍。见表 3。

2.4 淋巴细胞微核异常影响因素的多因素 logistic 回归分析 结果显示, 年龄为影响微核异常的独立危险因素($P < 0.05$)。与 ≤ 30 岁年龄组比较, 41~50 岁

表 2 工业应用放射工作人员微核异常率单因素 logistic 回归分析

Table 2 Univariate logistic regression analysis of micronucleus abnormality rates in industrial radiation workers						
分组	回归系数	标准误	Wald	自由度	P值	OR(95% CI)值
年龄/岁						
≤ 30 (参考)			29.452	3	0.000	
31~40	0.869	0.842	1.603	1	0.302	2.384(0.457~12.424)
41~50	2.677	0.750	12.751	1	0.000	14.539(3.345~63.188)
≥ 51	3.100	0.774	16.063	1	0.000	22.208(4.876~101.161)
职业类别						
工业辐照(参考)			6.492	3	0.090	
工业探伤	1.905	1.023	3.466	1	0.063	6.718(0.904~49.909)
加速器运行	0.623	1.234	0.255	1	0.614	1.865(0.166~20.955)
核仪表	2.021	1.093	3.421	1	0.064	7.545(0.886~64.231)
工龄/年						
≤ 10 (参考)			10.842	1	0.013	
11~20	0.993	0.375	6.997	1	0.008	2.700(1.293~5.635)
21~30	0.472	0.568	0.690	1	0.406	1.603(0.527~4.879)
≥ 31	1.519	0.596	6.502	1	0.011	4.568(1.421~14.685)

表 3 工业应用放射工作人员微核异常率多因素 Logistic 回归分析

Table 3 Multivariate logistic regression analysis of micronucleus abnormality rates in industrial radiation workers						
分组	回归系数	标准误	Wald	自由度	P值	OR(95% CI)值
年龄/岁						
≤ 30 (参考)			30.319	3	0.000	
31~40	0.829	0.850	0.950	1	0.330	2.291(0.433~12.124)
41~50	2.810	0.776	13.094	1	0.000	16.603(3.625~76.046)
≥ 51	3.370	0.821	16.852	1	0.000	29.090(5.819~145.42)
工龄/年						
≤ 10 (参考)			4.050	3	0.256	
11~20	0.159	0.404	0.155	1	0.694	1.172(0.531~2.588)
21~30	-1.048	0.597	3.088	1	0.079	0.351(0.109~1.128)
≥ 31	-0.249	0.662	0.142	1	0.707	0.780(0.213~2.852)

3 讨 论

我国放射工作人员职业健康检查要求进行外周血淋巴细胞染色体非稳定性畸变分析和(或)微核分析,以弥补外照射个人剂量监测的不科学和不全面^[2]。外周血淋巴细胞微核能直接反应染色体的损伤程度,

也可间接地说明机体受辐射损伤的状况。微核检测是评价放射工作人员辐射生物效应的一个有参考价值的遗传学指标^[8-9]

本次调查 661 名在岗工业应用放射工作人员,微核异常率为 6.05%,高于牛慧芳等^[10]报道的医用放射

组外周血淋巴细胞微核异常率为 4.36% 的结果。这可能与医用新设备新技术的发展与推广有关,如影像增强器和隔室操作的使用,医用诊疗放射工作人员受照剂量降低^[11],而从事工业应用的人员(如:工业探伤)因其工作环境的特殊性,可能无法采取有效的屏蔽措施而导致暴露时间长,从而可能受到较高剂量的照射^[12],因此对外周血的遗传效应也更加明显。另一方面医用放射工作人员由于其本身的专业背景,因而保健意识也较强,也可能是影响因素之一。

本次调查发现微核异常率不受性别影响,与国内文献报道一致^[13],女性样本量少也可能是造成这一结果的原因,在以后的工作中需继续收集这方面的资料进一步分析。

本次调查发现放射工作人员年龄和工龄是微核异常率的主要影响因素。微核异常率随着年龄的增长而增加,这与白玉书等^[14]、孟倩倩等^[15]、Fenech M 等^[16]研究一致。微核的自发率是多因素导致的,与环境本底、医疗照射和化学诱变剂均有关系。年龄也是重要因素之一,有报道显示,微核的自发率与年龄呈正相关关系^[12, 15, 17],这可能是由于随着年龄的增长,各种因素使细胞 DNA 损伤积累,基因组不稳定性增加和 DNA 修复能力下降从而导致微核率升高^[15, 17]。有文献表明,放射工龄是影响微核率的重要因素^[16, 18],本次调查,21~30 年工龄组微核异常率低于 11~20 年工龄组,并不是随着工龄的增长而增加,这可能是因为辐射诱导的微核与辐射剂量相关^[19],工龄长并不代表工作人员的累积剂量高,在实际工作中,一部分年长的人员因工作需要以及身体等原因调整到管理岗位,接触射线的时间减少,剂量较低,导致微核异常率与工龄的正相关性降低。

不同工种之间微核异常率差异有统计学意义,核仪表组明显高于其它工种,可能是不同工种所受到的辐射剂量有差别造成的,由于本次调查的不足之处是缺少工作场所辐射剂量及工作人员外照射剂量监测资料,究其原因还需在以后的工作中进一步证实。

综上所述,低剂量电离辐射对工业应用放射工作人员健康状况有一定影响,年龄和工龄是影响微核异常率的因素,在以后的工作中应加强长期从事工业应用的高年资放射人员的辐射防护措施,定期进行职业健康检查,切实关注劳动者职业健康。

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 李焯负责实施研究过程,实验室检测,收集数据,撰写论文;吴小琴负责实验室检测,数据分析;刘刚审核论文;邸宏杰负责收集资料

参考文献

- [1] 陈湃韩,陈慧峰,邹剑明.低剂量电离辐射长期接触健康效应研究进展[J].中国辐射卫生,2022,31(1):99-104. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.018.
Chen PH, Chen HF, Zou JM. Research progress in health effects of long-term exposure to low-dose ionizing radiation[J]. Chin J Radiol Health, 2022, 31(1): 99-104. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.01.018.
- [2] 李小亮,孙全富.我国放射工作人员职业健康管理现状与问题[J].职业卫生与病伤,2019,34(6):327-330.
Li XL, Sun QF. Occupational health management status and problems in radiation workers in China[J]. Occup Health Damage, 2019, 34(6): 327-330.
- [3] 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. DOI: 10.11763/j.issn.2095-2619.2018.06.029.
Yang YW, Yang AC, Liu QF, et al. Occupational health examination data of 90 radiation workers from hospitals of Guangdong Province[J]. China Occup Med, 2018, 45(6): 793-796. DOI: 10.11763/j.issn.2095-2619.2018.06.029.
- [4] 范胜男,邓君,孙全富.2009至2013年我国工业应用放射工作人员的职业性外照射个人剂量分析[J].中华劳动卫生职业病杂志,2019,37(12):943-946. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2019.12.018.
Fan SN, Deng J, Sun QF. Results and analysis on individual dose level of occupation exposure in industrial application in China (2009-2013)[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2019, 37(12): 943-946. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2019.12.018.
- [5] 刘剑英,尚伟华,马得勋,等.长期低剂量核辐射接触人员机体相关指标变化[J].中国辐射卫生,2023,32(2):167-170. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.015.
Liu JY, Shang WH, Ma DX, et al. Changes in body-related indices in people exposed to long-term low-dose nuclear radiation[J]. Chin J Radiol Health, 2023, 32(2): 167-170. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.015.
- [6] 苏艺伟,王建宇,张燕,等.低剂量电离辐射对核电工业放射工作人员外周血细胞的影响[J].中华劳动卫生职业病杂志,2020,38(8):633-635. DOI: 10.3760/cma.j.cn121094-20190314-00100.
Su YW, Wang JY, Zhang Y, et al. Effect of low dose ionizing radiation on peripheral blood cells of radiation workers in nuclear power industry[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2020, 38(8): 633-635. DOI: 10.3760/cma.j.cn121094-20190314-00100.
- [7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GBZ 98—2020 放射工作人员健康要求及监护规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
National Health Commission of the People's Republic of China.

- GBZ 98 —2020 Health requirements and surveillance specifications for radiation worker[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [8] 郝建秀, 姜立平, 王彦, 等. 天津市1411例放射工作人员淋巴细胞微核率分析[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2017, 37 (11) : 863-865. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.11.012](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.11.012).
- Hao JX, Jiang LP, Wang Y, et al. Analysis of lymphocyte micronucleus for 1411 radiation workers in Tianjin[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2017, 37 (11) : 863-865. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.11.012](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2017.11.012).
- [9] 吴小琴, 李烨, 刘刚. 微核检测Metafer4软件扫描与显微镜人工阅片对比分析[J]. *工业卫生与职业病*, 2022, 48 (1) : 68-70. DOI: [10.13692/j.cnki.gywszyzb.2022.01.018](https://doi.org/10.13692/j.cnki.gywszyzb.2022.01.018).
- Wu XQ, Li Y, Liu G. Comparison of Metafer4-assisted scanning and manual reading for micronucleus detection[J]. *Ind Hyg Occup Dis*, 2022, 48 (1) : 68-70. DOI: [10.13692/j.cnki.gywszyzb.2022.01.018](https://doi.org/10.13692/j.cnki.gywszyzb.2022.01.018).
- [10] 牛惠芳, 刘静, 赵可辉, 等. 我国放射工作人员外周血淋巴细胞微核检查结果分析[J]. *中国辐射卫生*, 2016, 25 (3) : 308-310. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.03.017](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.03.017).
- Niu HF, Liu J, Zhao KH, et al. Analysis of micronucleus examination results of peripheral blood lymphocytes in Chinese radiologists[J]. *Chin J Radiol Health*, 2016, 25 (3) : 308-310. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.03.017](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2016.03.017).
- [11] 苏旭. 中国放射卫生进展报告(2009-2014)[M]. 北京: 中国原子能出版社, 2015: 58-59.
- Su X. Progress report on radiological health in China (2009-2014)[M]. Beijing: China Atomic Energy Publishing House, 2015: 58-59.
- [12] 董小梅, 王治, 张国伟, 等. 低剂量工业射线探伤工人职业暴露的遗传损伤效应[J]. *癌变·畸变·突变*, 2015, 27 (2) : 101-105,110. DOI: [10.3969/j.issn.1004-616x.2015.02.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-616x.2015.02.005).
- Dong XM, Wang Z, Zhang GW, et al. Genotoxic effects of low dose ionizing radiation occupationally exposed in industrial flaw detection workers[J]. *Carcinog Teratog Mutagen*, 2015, 27 (2) : 101-105,110. DOI: [10.3969/j.issn.1004-616x.2015.02.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-616x.2015.02.005).
- [13] 许培, 金武, 毛一扬, 等. 扬州市放射工作人员外周血淋巴细胞微核细胞率分析[J]. *职业卫生与应急救援*, 2020, 38 (1) : 44-46. DOI: [10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2020.01.010](https://doi.org/10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2020.01.010).
- Xu P, Jin W, Mao YY, et al. Investigation on micronucleus in peripheral blood lymphocytes of radiation workers in Yangzhou[J]. *Occup Health Emerg Rescue*, 2020, 38 (1) : 44-46. DOI: [10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2020.01.010](https://doi.org/10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2020.01.010).
- [14] 白玉书, 陈德清. 人类辐射细胞遗传学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- Bai YS, Chen DQ. Human radiation cytogenetics[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006.
- [15] 孟倩倩, 张睿凤, 张忠新, 等. 医疗放射工作人员淋巴细胞微核水平影响因素分析[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31 (3) : 273-278. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.003](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.003).
- Meng QQ, Zhang RF, Zhang ZX, et al. Influencing factors for micronucleus levels of peripheral blood lymphocytes of medical radiation workers[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 31 (3) : 273-278. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.003](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2022.03.003).
- [16] Fenech M, Holland N, Zeiger E, et al. The HUMN and HUMN_{XL} international collaboration projects on human micronucleus assays in lymphocytes and buccal cells-past, present and future[J]. *Mutagenesis*, 2011, 26 (1) : 239-245. DOI: [10.1093/mutage/geq051](https://doi.org/10.1093/mutage/geq051).
- [17] 李丽梅, 高朝贤, 惠长野, 等. 深圳市2015—2020年放射工作人员上岗前职业健康检查染色体畸变率与微核率分析[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2022, 46 (8) : 471-477. DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202201015-00211](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202201015-00211).
- Li LM, Gao CX, Hui CY, et al. Analysis of chromosome aberration rate and micronucleus rate of pre-job occupational health examination of radiation workers in Shenzhen from 2015 to 2020[J]. *Int J Radiat Med Nucl Med*, 2022, 46 (8) : 471-477. DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202201015-00211](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202201015-00211).
- [18] 张有忠, 赵永峰, 马娅, 等. 德州市放射工作人员职业健康检查结果分析[J]. *中国辐射卫生*, 2023, 32 (3) : 298-302. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.015](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.015).
- Zhang YZ, Zhao YF, Ma Y, et al. Analysis of occupational health examination results of radiation workers in Dezhou, China[J]. *Chin J Radiol Health*, 2023, 32 (3) : 298-302. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.015](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.015).
- [19] 王秋雅, 熊晓芸, 张恒东. 504名放射工作人员淋巴细胞微核率分析[J]. *中国辐射卫生*, 2021, 30 (1) : 5-9. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.002](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.002).
- Wang QY, Xiong XY, Zhang HD. Analysis on lymphocytes micronucleus rate of 504 radiation workers[J]. *Chin J Radiol Health*, 2021, 30 (1) : 5-9. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.002](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2021.01.002).

(收稿日期:2023-09-26)