

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2023.02.015

· 论 著 ·

长期低剂量核辐射接触人员机体相关指标变化

刘剑英¹, 尚伟华¹, 马得勋², 邱霞³, 刘书锋¹

1. 海军青岛特勤疗养中心, 山东 青岛 266071; 2. 海军青岛九七一医院, 山东 青岛 266071;

3. 明月海藻集团有限公司海洋食品加工与安全控制全国重点实验室, 山东 青岛 266400

摘要: **目的** 对核辐射低剂量长期接触人员进行抗氧化指标、免疫指标、淋巴细胞增殖活性和血生化等进行检测分析, 探讨低剂量核辐射接触对机体的影响, 为其辐射防护和职业健康监护提供依据。 **方法** 选取 80 名核辐射作业的人员为接触组, 另选 30 名非接触人员为对照组, 分别检测血生化、血清总抗氧化能力(T-AOC)、丙二醛(MDA)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、淋巴细胞增殖活性、增殖细胞核抗原(PCNA)、细胞凋亡因子 Bcl-2 和 Bax、淋巴细胞转化率、淋巴细胞微核率等指标。 **结果** 接触组 T-AOC、GSH-Px、SOD、细胞增殖活性、PCNA、Bcl-2、淋巴细胞转化率、WBC、PLT 与对照组相比明显降低; MDA、Bax 与对照组相比明显增高, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 淋巴细胞微核率二者比较无统计学意义($P > 0.05$)。 **结论** 核辐射长期低剂量接触对作业人员相关指标有一定影响, 但未造成明显损伤, 核辐射接触人员应增强防护意识, 加强科学防护, 降低辐射损伤。

关键词: 核辐射接触人员; 辐射损伤; 细胞增殖活性; 淋巴细胞微核率

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2023)02-0167-04

Changes in body-related indices in people exposed to long-term low-dose nuclear radiation

LIU Jianying¹, SHANG Weihua¹, MA Dexun², QIU Xia³, LIU Shufeng¹

1. Qingdao Special Servicemen Recuperation Center of PLA Navy, Qingdao 266071 China; 2. PLA Navy NO.971 Hospital, Qingdao 266071 China; 3. State Key Laboratory of Marine Food Processing & Safety Control, Qingdao Brightmoon Seaweed Group Co., Ltd., Qingdao 266400 China

Abstract: Objective To investigate the effects of low-dose nuclear radiation exposure on the body by analyzing the antioxidant indices, immune indices, lymphocyte proliferation activity, and blood biochemical indices of persons exposed to long-term low-dose nuclear radiation, and to provide a basis for radiation protection and occupational health monitoring.

Methods Eighty nuclear radiation workers were selected as the exposure group, and another 30 non-exposure personnel were selected as the control group. In both groups, blood biochemistry, serum total antioxidant capacity (T-AOC), malondialdehyde (MDA), glutathione peroxidase (GSH-Px), superoxide dismutase (SOD), lymphocyte proliferation activity, proliferating cell nuclear antigen (PCNA), apoptosis factors Bcl-2 and Bax, lymphocyte transformation rate, and lymphocyte micronucleus rate were measured. **Results** Compared with the control group, T-AOC, GSH-Px, SOD, cell proliferation activity, PCNA, Bcl-2, lymphocyte transformation rate, white blood cell count, and platelet count in the exposure group were significantly decreased, while MDA and Bax were significantly increased ($P < 0.05$). The lymphocyte micronucleus rate showed no significant difference between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** Long-term low-dose exposure to nuclear radiation has certain effects on related indices of workers, but does not cause significant damage. The personnel exposed to nuclear radiation should enhance the awareness of protection and strengthen scientific protection to reduce radiation damage.

Keywords: Personnel exposed to nuclear radiation; Radiation damage; Cell proliferation activity; Lymphocyte micronucleus rate

Corresponding author: LIU Shufeng, Email: wf8439231@163.com

基金项目: 军队后勤计划项目 (AWS14C015; CJN15J001)

作者简介: 刘剑英 (1969—), 女, 山东青岛人, 主任医师, 研究方向: 辐射防护与健康维护。E-mail: lly9586@163.com

通信作者: 刘书锋, E-mail: wf8439231@163.com

随着核工业的发展,放射性核素在各行业领域的应用日益增多,核辐射接触人员受到急性或慢性辐射损伤的概率也随之增加。多项研究表明,长期低剂量核辐射接触会引起机体损伤和相关指标变化^[1-3]。为探讨长期低剂量核辐射接触对接触人员机体的影响,我们选取某单位长期低剂量核辐射接触人员作为研究对象,就其氧化损伤、免疫功能等相关指标进行了检测和对比分析,探讨机体相关指标变化,为长期低剂量核辐射接触人员做好自我职业防护提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 采取整群抽样方法,选取 80 名从事 2 年以上接触核辐射作业的人员为接触组,年接触剂量均在行业限制范围内。另选 30 名非核辐射接触人员为对照组,2 组均为男性,年龄 20~30 岁,生活作息基本一致。所有实验对象均经临床体检,对本次实验均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 试剂与仪器 实验所用 T-AOC、MDA、GSH-Px、SOD 检测试剂盒由南京建成生物工程研究所提供,酶标仪为美国 Beckman 公司产品^[4],血细胞分析仪为日本希森美康产品。

1.2.2 实验分组与样品处理 抽取 2 组人员空腹静脉血 7 ml,其中 3.0 ml 分离血清备用,4 ml 肝素抗凝处理后分离淋巴细胞并制成细胞密度为 $1 \times 10^6/\text{ml}$ 的细胞悬液备用。

1.2.3 检测指标 ①白细胞(WBC)与血小板计数(PLT):用血细胞分析仪检测。②T-AOC、GSH-Px、SOD 和 MDA:采用试剂盒进行血清检测。菲啉比色法检测 T-AOC,硫代巴比妥比色法检测 MDA,黄嘌呤氧化酶法检测 SOD,DTNB 比色法检测 GSH-Px^[4]。③细胞增殖水平:用四甲基偶氮唑蓝(MTT)方法检测^[5]。各组淋巴细胞增殖活性用平均 OD 值表示。④PCNA、Bax、Bcl-2:免疫细胞化学法测定。用光学显微镜观察各蛋白的表达水平,每例计数 500 个细胞,观察记录其淋巴细胞阳性表达数,计算其阳性表达率=阳性细胞数/计数细胞数 $\times 100\%$ ^[4]。⑤淋巴细胞转化率:采用 MTT 方法取细胞悬液进行转化试验^[4]。⑥淋巴细胞微核率:采用细胞培养微核试验。每例观察 1000 个淋巴细胞,记录其中的微核细胞数,计算微核细胞率=微核细胞数/计数细胞总数 $\times 100\%$ ^[6]。

1.3 数据处理 指标检测数值以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用 SPSS 20.0 统计软件对数据进行 *t* 检验。

2 结果

2.1 抗氧化指标 接触组 T-AOC、GSH-Px、SOD 较对照组降低,而 MDA 则增高,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 1。

表 1 抗氧化指标检测结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Test results of antioxidant indices ($\bar{x} \pm s$)		
检测指标	接触组($n=80$)	对照组($n=30$)
T-AOC(U/ml)	16.11 ± 1.67^a	17.86 ± 1.78
MDA(nmol/ml)	4.23 ± 0.35^a	3.82 ± 0.36
GSH-Px(U/ml)	182.90 ± 11.55^a	191.26 ± 11.58
SOD(U/ml)	48.93 ± 5.64^a	53.64 ± 5.27

注:^a与对照组比较, $P < 0.05$ 。

2.2 淋巴细胞增殖与凋亡水平 接触组细胞增殖活性、PCNA 增殖指数与 Bcl-2 蛋白阳性表达率均较对照组明显降低,Bax 蛋白阳性表达率较对照组明显升高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2。

表 2 淋巴细胞增殖与凋亡水平检测结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Test results of lymphocyte proliferation and apoptosis level ($\bar{x} \pm s$)		
检测指标	接触组($n=80$)	对照组($n=30$)
PCNA(%)	52.87 ± 6.53^a	60.24 ± 5.75
BCL-2(%)	21.36 ± 5.20^a	25.67 ± 5.37
Bax(%)	31.68 ± 5.66^a	27.32 ± 5.56
细胞增殖活性(A)	0.82 ± 0.05^a	0.93 ± 0.06

注:^a与对照组比较, $P < 0.05$ 。

2.3 与对照组比较,接触组白细胞计数、血小板计数、淋巴细胞转化率均明显降低,差异有统计学意义($P < 0.05$),淋巴细胞微核率较对照组升高,但无统计学意义($P > 0.05$)。详见表 3。

表 3 白细胞计数、血小板计数与淋巴细胞转化率检测结果 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Test results of WBC, PLT, and lymphocyte transformation rate ($\bar{x} \pm s$)		
检测指标	接触组($n=80$)	对照组($n=30$)
WBC ($10^9/\text{L}$)	5.41 ± 0.36^a	6.27 ± 0.36
PLT ($10^9/\text{L}$)	187.76 ± 29.23^a	204.56 ± 28.41
淋巴细胞转化率(%)	55.51 ± 3.43^a	58.96 ± 3.54
淋巴细胞微核率($\times 10^{-3}$)	1.48 ± 0.16^b	1.43 ± 0.14

注:^a与对照组比较, $P < 0.05$; ^b与对照组比较, $P > 0.05$ 。

3 讨论

T-AOC 代表机体抗氧化的总体水平,与细胞抗氧化能力呈正相关;MDA 是反映脂质过氧化程度和自由基损害程度的重要指标;SOD 作为一种抗氧化酶,可有效清除氧自由基;GSH-Px 是重要的催化过氧化氢分解的酶,可以防止细胞脂质超氧化反应^[7]。本实验结果可见,接触组 T-AOC、GSH-Px、SOD 均较对照组明显降低,而 MDA 水平较对照组明显升高,说明长期低剂量核辐射接触对操作人员抗氧化机能有一定程度的影响。这与文献报道的长期低剂量电离辐射对从业人员机体的氧化与抗氧化平衡产生影响的结论^[8]一致。

外周血淋巴细胞分析是评价慢性低剂量辐射所至机体损伤程度的可靠方法,淋巴细胞增殖与凋亡水平可以作为参考指标用于慢性低剂量辐射损伤的评价^[9]。PCNA 的表达合成与细胞的增殖周期有关,可作为检测细胞核增殖的相关抗原^[10]。本次实验结果表明,接触组的淋巴细胞增殖活性与 PCNA 表达均较对照组明显降低,说明长期低剂量电离辐射对从业人员的细胞增殖水平有一定的影响。本次实验结果与 Scovassi 和 Prosperi^[11]报道实验结果相吻合。Bcl-2 和 Bax 是一组重要的细胞凋亡调控因子,通常情况下 Bax 与 Bcl-2 基因比较稳定,当细胞受到辐射损伤时,Bax 可表达增强,导致细胞凋亡,而 Bcl-2 可与 Bax 形成 Bcl-2/Bax,在一定程度上抑制细胞凋亡^[12]。本实验结果显示,接触组 Bcl-2 表达水平较对照组显著性降低,而 Bax 则显著性升高,表明核辐射接触人员的淋巴细胞增殖与凋亡受到了一定的影响,这与耿芳等^[13]报道的实验结果一致。

白细胞计数和淋巴细胞转化率是反映机体免疫状况的重要指标。本次实验结果可见,接触组白细胞计数和淋巴细胞转化率较对照组明显降低,说明长期低剂量核辐射接触人员的机体免疫功能受到一定的影响。这与以往的研究一致^[13]。

研究表明造血细胞对辐射较敏感,长期低剂量辐射接触会造成从业人员血系统损伤^[14]。本实验接触组血小板计数较对照组明显降低,说明核辐射接触人员的凝血功能受到了一定的影响,这与朱小红等^[15]报道的一致。

淋巴细胞微核率已列入我国职业性放射病诊疗的重要依据之一,对辐射损伤具有较高的敏感性^[16]。本实验结果发现,接触组淋巴细胞微核率较对照组差

异无统计学意义,可能与核辐射接触人员辐射损伤较轻,不足以引起染色体损伤和免疫球蛋白降低有关。

综上,接触组某些血生化指标、抗氧化指标、细胞增殖活性等与对照组比较有显著性差异,说明长期低剂量核辐射接触人员机体相关指标有一定变化。提示核接触人员在日常工作中应加强自身防护。

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 刘剑英负责酝酿和设计实验,实施研究,采集数据,分析解释数据,文章撰写;尚伟华负责实施研究,采集数据,分析解释数据;马得勋负责实施研究,采集数据,分析解释数据;邱霞负责酝酿和设计实验,实施研究,采集数据,分析解释数据,对文章的知识性内容作批判性审阅,统计分析;刘书锋负责酝酿和设计实验,实施研究,采集数据,对文章的知识性内容作批判性审阅,获取研究经费

参考文献

- [1] 刘璐,李川,韩涛.核辐射对机体循环肿瘤细胞产生及基因变化影响与意义[J].*临床军医杂志*,2018,46(8):913-915. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2018.08.20.
- [2] Liu L, Li C, Han T. Nuclear radiation affecting the production of circulating tumor cells and genetic changes in the body[J]. *Clin J Med Off*, 2018, 46(8): 913-915. DOI: 10.16680/j.1671-3826.2018.08.20.
- [3] 张冬梅,王宏,于丽华.某部涉核官兵核辐射损伤体检项目结果分析[J].*实用医药杂志*,2016,33(9):773-774. DOI: 10.14172/j.issn1671-4008.2016.09.003.
- [4] Zhang DM, Wang H, Yu LH. Analysis of the results of physical examination for nuclear radiation injury of officers and soldiers in a certain department[J]. *Pract J Med Pharm*, 2016, 33(9): 773-774. DOI: 10.14172/j.issn1671-4008.2016.09.003.
- [5] 刘征宇,高朝贤,杨学琴,等.2011-2015年广东省某核电站工作人员淋巴细胞染色体畸变分析[J].*职业与健康*,2017,33(5):603-604,608. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2017.0183.
- [6] Liu ZY, Gao CX, Yang XQ, et al. Analysis on chromosomal aberrations in lymphocytes of workers in a nuclear power plant of Guangdong Province from 2011-2015[J]. *Occup Health*, 2017, 33(5): 603-604,608. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2017.0183.
- [7] 刘剑英,钟进义.葡多酚对核接触人员辐射损伤的防护作用研究[J].*中华预防医学杂志*,2008,42(4):264-267. DOI: 10.3321/j.issn:0253-9624.2008.04.011.
- [8] Liu JY, Zhong JY. Study on protective effect of grape procyanidins on radiation injury in radiation-contacted persons[J]. *Chin J Prev Med*, 2008, 42(4): 264-267. DOI: 10.3321/j.issn: 0253-9624.2008.04.011.
- [9] 曹端广,杨风云,夏汉庭,等.MTT比色法观察加味阳和汤对

- SD乳鼠成骨细胞增殖的影响[J]. 江西中医药, 2019, 50 (9): 60-62.
- Cao DG, Yang FY, Xia HT, et al. Observation of the effect of Jiawei Yanghe decoction on the proliferation of SD neonatal rat osteoblasts by MTT colorimetry[J]. Jiangxi J Tradit Chin Med, 2019, 50 (9): 60-62.
- [6] 刘征宇, 惠长野, 杨学琴, 等. 广东某核电站工作人员淋巴细胞微核监测分析[J]. 职业与健康, 2016, 32 (9): 1181-1183. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2016.0417.
- Liu ZY, Hui CY, Yang XQ, et al. Monitoring and analysis on lymphocyte micronucleus of workers in a nuclear power plant of Guangdong[J]. Occup Health, 2016, 32 (9): 1181-1183. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2016.0417.
- [7] 代朋乙, 黄昌林. 中频脉冲电流经皮刺激运动性疲劳士兵肝区对血清GSH-Px、SOD、T-AOC活性及MDA含量的影响[J]. 解放军医学杂志, 2014, 39 (3): 245-248. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2014.03.16.
- Dai PY, Huang CL. Influence of percutaneous stimulation of hepatic region with mid-frequency pulse current on the activity of serum GSH-Px, SOD, T-AOC and the content of malondialdehyde in exercise-induced fatigued soldiers[J]. Med J Chin PLA, 2014, 39 (3): 245-248. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2014.03.16.
- [8] 董雪梅, 陈松根, 何丽华, 等. 134名放射诊疗工作人员脂质过氧化水平调查[J]. 中国辐射卫生, 2015, 24 (6): 624-625. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2015.06.020.
- Dong XM, Chen SG, He LH, et al. Investigation on lipid peroxidation level of 134 radiation diagnosis and treatment staff[J]. Chin J Radiol Health, 2015, 24 (6): 624-625. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2015.06.020.
- [9] 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.
- Lv 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.
- [10] 梁铮, 利嘉琦, 吕玉华, 等. 枸杞多糖对大鼠角膜缘干细胞体外增殖的影响研究[J]. 中华临床实验室管理电子杂志, 2020, 8 (4): 246-250. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-5820.2020.04.013.
- Liang Z, Li JQ, Lv YH, et al. Research of effects of lyciumbarbarum polysaccharides on proliferation of the limbal stemcells in vitro[J]. Chin J Clin Lab Manage (Electron Ed), 2020, 8 (4): 246-250. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-5820.2020.04.013.
- [11] Scovassi AI, Prosperi E. Analysis of proliferating cell nuclear antigen (PCNA) associated with DNA excision repair sites in mammalian cells[M]//Henderson DS. DNA Repair Protocols. Totowa: Humana Press, 2006: 457-475. DOI: 10.1385/1-59259-973-7:457.
- [12] 王毓国, 冯剑, 窦永起. 基于Bax、Bcl-2与Caspase-3探讨凉血固元汤对大鼠急性胃辐射伤的作用机制[J]. 环球中医药, 2019, 12 (11): 1625-1630. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1749.2019.11.002.
- Wang YG, Feng J, Dou YQ, et al. Mechanism of Liangxue Guyuan decoction on acute gastric radiation injury in rats based on Bax, Bcl-2 and Caspase-3[J]. Global Tradit Chin Med, 2019, 12 (11): 1625-1630. DOI: 10.3969/j.issn.1674-1749.2019.11.002.
- [13] 耿芳, 张秀军, 王玉虎, 等. 898例放射工作人员外周血淋巴细胞畸变检查分析[J]. 华北理工大学学报(医学版), 2017, 19 (5): 391-393. DOI: 10.19539/j.cnki.2095-2694.2017.05.012.
- Geng F, Zhang XJ, Wang YH, et al. Analysis on aberration of peripheral blood lymphocytes of 898 radiation workers[J]. J North China Univ Technol (Health Sci Ed), 2017, 19 (5): 391-393. DOI: 10.19539/j.cnki.2095-2694.2017.05.012.
- [14] 陈慧峰, 谭斯文, 闫雪华, 等. 不同剂量电离辐射对人外周血淋巴细胞DNA损伤修复相关基因转录水平的影响[J]. 中国辐射卫生, 2020, 29 (1): 7-12. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.002.
- Chen HF, Tan SW, Yan XH, et al. Effects of different dose ionizing radiation on the transcriptional level of DNA damage repair related genes in human peripheral blood lymphocytes[J]. Chin J Radiol Health, 2020, 29 (1): 7-12. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.01.002.
- [15] 朱小红, 蒋晨晨, 宋孜冰, 等. 职业照射对放射工作人员造血系统的影响[J]. 江苏预防医学, 2018, 29 (6): 697-699. DOI: 10.13668/j.issn.1006-9070.2018.06.034.
- Zhu XH, Jiang CC, Song ZB, et al. Effects of occupational exposure on hematopoietic system of radiation workers[J]. Jiangsu J Prev Med, 2018, 29 (6): 697-699. DOI: 10.13668/j.issn.1006-9070.2018.06.034.
- [16] 李杰, 韩林, 王平, 等. 921名放射工作人员个人年有效剂量与外周血淋巴细胞微核率关系分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28 (5): 487-490. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.05.004.
- Li J, Han L, Wang P, et al. Analysis of individual annual efficient dose and micronucleus results in peripheral blood lymphocytes of 921 radiation workers[J]. Chin J Radiol Health, 2019, 28 (5): 487-490. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2019.05.004.

(收稿日期:2022-07-02)