

## 电离辐射对操作工淋巴细胞微核率和染色体畸变影响的研究

李建华, 王林超, 何 伟

中图分类号: R818 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2007)04-0395-02

【摘要】 目的 研究电离辐射对操作工淋巴细胞遗传物质的影响, 探索减少电离辐射职业危害的措施。方法 选取某钢铁企业从事射线装置操作的 342 名工人为暴露组, 做外周血淋巴细胞微核率、染色体畸变率检查, 选取本企业食堂 280 名厨师作对照组比较; 对接触射线的工人做岗位年受照剂量测定, 结合工龄、岗位等进行统计分析。结果 暴露组, 微核率阳性 ( $>4\%$ ) 者 4 人, 阳性检出率 12.87%; 染色体畸变率阳性者 12 人, 阳性率 3.51%。对照组: 微核率阳性人数 3 人, 阳性检出率 1.07%; 畸变率阳性人数 2 人, 阳性检出率 0.72%。两组阳性率指标比较差异均有显著性。监测暴露组人均年受照剂量为  $6.73\text{mSv/a}$ 。微核细胞阳性检出率、染色体畸变阳性率均与人均年受照剂量有正的直线相关关系, 且阳性率随着工龄增加而升高, 核子秤、料位计、医用 X 射线机岗位的阳性率较高。结论 在钢铁企业, 工人长期接触电离辐射, 易造成外周血淋巴细胞微核率和染色体畸变率明显升高。企业应对重点岗位的射线装置加强卫生防护, 以减少电离辐射的职业危害。

【关键词】 钢铁企业; 电离辐射; 染色体畸变; 微核率

Study on Ionizing Radiation to the Workers' Lymphocyte Micronucleus Rate and Chromosome Aberrations LI Jian-hua WANG Lin-chao HE Wei A Sanitation and Anti-epidemic Station of Jinan Iron and Steel Group Jinan 250101 China

【Abstract】 Objective To study lymphocyte genetic material of an iron and steel enterprise workers' exposed to the ionizing radiation, find out measures to protect their health and reduce ionizing radiation occupation harm. Methods 342 workers were chosen as the exposed group who worked in an iron and steel enterprise in the beam installment operation, to examine their circumference blood lymphocyte micronucleus rate and the chromosome aberrations; simultaneously select 280 chefs as the control group. The irradiation dosage was determined and statistical analysis was carried out with the consideration of their length of work and differences in work post. Results Exposed group: the micronucleus rate masculine gender (MNR), 4 people; the masculine gender pick out rate is 12.87%. The chromosome aberration factor masculine gender (CAF), 12 people; the masculine rate is 3.51%. Control group: MNR 3 people; the masculine gender pick out rate is 1.07%; CAF 2 people; masculine gender rate is 0.72%. Comparing the two groups, every item has the significant difference. Workers in the exposed group have the average exposure dose of  $6.73\text{mSv/a}$ . MNR, CAF are illuminated to the dosage have a positive line correlation. They become increased as the job length prolongs. The nucleon name, the material calculation and the medical X-ray radial are responsible for the highest ratio. Conclusion In iron and steel enterprises, long-time ionizing radiation can cause the workers' circumference blood lymphocyte micronucleus rate and the chromosome aberrations obvious to rise. The beam protection measures strengthened so as to reduce the harms to workers.

【Key words】 Iron and Steel Enterprise; Ionizing Radiation; Chromosome Aberrations; Micronucleus Rate

目前, 钢铁企业使用的射线装置日益增多, 钢铁企业使用的主要射线装置包括: 采矿、炼铁、炼钢、焦化厂用于对原材料的自动称取和自动控制上料的放射性仪表 (核子秤、料位计、液位计等); 质检部门使用的 X、 $\gamma$ 射线工业探伤机; 职工医院使用的拍片机、CT 机等放射线诊断仪器。X 射线操作工的淋巴细胞微核率和染色体畸变率高于正常人群多见报道, 但对企业电离辐射操作人员的职业危害少见研究。为此, 我们对某单位接触射线装置的操作人员 342 人进行了调查, 以研究电离辐射对操作工健康, 尤其是对细胞遗传学损伤的影响。

## 1 调查对象与方法

1.1 调查对象 某大型钢铁企业射线装置操作工 342 人选为暴露组, 其中核子秤工种 156 人, 料位计工种 90 人, 医用 X 射线工种 28 人, 同位素仪表工 36 人, 核化验人员 21 人, 维修工 11 人; 男 148 人, 女 194 人, 年龄 22~56 岁, 平均年龄 (41.2 $\pm$ 12.6) 岁; 工龄 2~35 年, 平均工龄 (12.3 $\pm$ 8.7) a。对照组选用本厂食堂厨师 280 名, 其年龄结构、工龄、抽烟、饮酒等与暴露组经统计学检验差异无显著性。

## 1.2 方法

1.2.1 实验室检测 ① 微核细胞率采用外周血淋巴细胞浓集

法检测。按 Fenech 微核制定标准, 分别观察 1 000 个转化的淋巴细胞计数微核数 ( $>4\%$  为阳性病例), 计算微核阳性检出率 (微核阳性人数 / 调查人数)。② 染色体畸变率采用微量全血法体外培养检测。每例观察 100 个细胞进行分析, 包括染色体型畸变、染色单体型畸变、及染色体数目异常, 计算染色体畸变率 ( $>0.3\%$  为阳性); 以上检验由山东省医学科学院检测。

1.2.2 个人受照剂量监测 应用热释光剂量法测定。放射工作人员配戴北京防化院生产的 “TLD model 469” 个人外照射监测计, 进行全天候个人累积受照剂量监测, 2004~2006 年每 3 个月测读 1 次, 每年 4 次。检测结果通过 “TLD-热释光剂量数据处理系统” 处理, 计算本岗位工人年受照剂量。此测定由济南市疾病预防控制中心承担。

## 2 结果

2.1 淋巴细胞微核率、染色体畸变率情况比较 (表 1) 暴露组检测 342 人, 微核率阳性 ( $>4\%$ ) 者 44 例, 微核细胞阳性检出率 12.87%; 对照组检测 280 人, 微核率阳性者 3 例, 占 1.07%; 两组间微核阳性检出率比较 ( $\chi^2=30.872$ ,  $P<0.01$ ) 差异有显著性。暴露组染色体畸变率阳性者 12 人, 阳性率 3.51%; 染色体畸变率 2.47%, 染色体畸变为无着丝点、丝粒体断裂、断片。其中工业探伤有 3 人微核率和染色体畸变率均为阳性。对照组 280 人中, 畸变率阳性者 2 例, 阳性率 0.72%; 两组间阳性率比较 ( $\chi^2=3.936$ ,  $P<0.05$ ) 差异有显著性。

表 1 暴露组 and 对照组染色体畸变率情况比较

组别	例数	染色体畸变率		微核细胞率	
		阳性人数	阳性率(%)	阳性人数	阳性率(%)
暴露组	342	12	3.51	44	12.87
对照组	280	2	0.72	3	1.07

2.2 受照剂量、工龄、岗位与淋巴细胞微核率、染色体畸变阳性率的关系

2.2.1 工作岗位受照剂量监测 测得年人均受照剂量最高 26.36mSv/a 最低 2.86mSv/a 平均为 6.73mSv/a。年人均受照剂量最高的岗位为工业探伤和核子秤(分别为 13.78mSv/a 和 11.89mSv/a) 最低为放射性仪器维修(2.48mSv/a), 医用 X 射线岗位 3.25 mSv/a 料位计 9.54 mSv/a。按照国家标准<sup>[1]</sup> (年人均有效剂量< 20 mSv/a 单一年份不应超过 50 mSv/a) 监测结果表明共有 6 年人均受照剂量超过国家标准(> 20 mSv/a) 占总检测人数的 1.75%。

2.2.2 年人均受照剂量与微核阳性检出率、染色体畸变阳性率的比较(表 2) 经统计分析,微核阳性检出率与年人均受照剂量之间呈线性正相关关系( $r=0.9445$ ,  $Y=0.0286+0.0047X$ ,  $P<0.01$ );染色体畸变阳性率与个人年受照剂量也呈线性正相关关系( $r=0.9337$ ,  $Y=0.0022X-0.0111$ ,  $P<0.05$ )。说明

(上接第 394 页)

表 1 BMT 后 GM—CFU<sup>c</sup>及外周血细胞测定

分组	实验动物(只)	第 7 天		第 14 天		第 21 天	
		WBC ( $\times 10^9$ )	CFU—GM (集落/ $10^5$ )	WBC ( $\times 10^9$ )	CFU—GM (集落/ $10^5$ )	WBC ( $\times 10^9$ )	CFU—GM (集落/ $10^5$ )
半相合	10	0.33±0.04	24.1±3.2	0.83±0.12	53.0±4.7	6.37±0.45	75.2±6.7
半相合混合 2:1	10	0.47±0.05	36.5±5.3	1.05±0.26	66.3±4.7	9.18±0.61	93.3±6.9
IL—11 半相合混合 2:1	10	0.59±0.04	46.8±5.6	1.51±0.23	78.0±5.2	12.53±0.61	102.7±6.2
正常对照	10	11.5±0.74	116.0±8.2	1.3±0.73	117.6±8.5	11.3±0.77	115.0±9.2

3 讨论

骨髓移植过程中发生的 GVHD 反应关系到异基因 BMT 的成功与否,所以,国内外学者根据 GVHD 反应的发生机制,在如何防止 GVHD 方面进行了较多的探索与实验<sup>[3][4]</sup>,并取得了某些进展。如经过单克隆抗体等方法清除移植骨髓中的 T 细胞的方法<sup>[1]</sup>。虽然较多的实验结果证实该方法的确可以减少或者消除 GVHD 反应,但伴随移植治疗白血病失败或复发率升高的事实又不支持单纯清除 T 细胞的移植方式<sup>[3-4]</sup>。经过进一步的研究与尝试,证实少量多次骨髓移植<sup>[7]</sup>及混合骨髓移植<sup>[8-9]</sup>等方法可以不同程度的减轻 GVHD 反应。但是,在减少 GVHD 反应的不同实验组中,其造血功能的恢复仍然缓慢于同基因移植组。因此,如何促进骨髓移植患者或动物模型造血恢复,成为国内外学者关注的重点。本实验在证实半相合骨髓移植减轻 GVHD 反应基础上,又借鉴其他学者利用混合供受体骨髓细胞移植方法可以减少 GVHD 反应的结果<sup>[9]</sup>,以及白细胞介素—11(IL—11)可促进骨髓祖细胞的增殖和分化,明显升高外周血小板数,加速肿瘤患者放、化疗后外周血象恢复的事实<sup>[10]</sup>。将半相合混合骨髓移植与 IL—11 治疗相结合,进行半相合混合骨髓移植造血恢复研究。

结果表明作为对照的半相合骨髓移植发生明显 GVHD 反应,而半相合混合 2:1 组 GVHD 反应明显减弱。外周白细胞数量增高,骨髓 GM—CFU 集落形成较多。而 IL—11 半相合混合 2:1 组在较低水平 GVHD 反应的同时,IL—11 可以明显促进造血功能的恢复,表现为高于半相合混合 2:1 组的外周血白细胞总数和骨髓 GM—CFU 集落形成数,以及较高水平的脾结节数。因此,研究结果初步表明供受体脾细胞在一定合适比例下,可以明显的减少移植排斥反应。合并 IL—11 治疗可以在不增加 GVHD 反应的同时,促进造血恢复。为进一步临床治疗模式的应用,提供了指导作用。

随着年人均受照剂量的增加,二者的阳性率随之相应升高。

表 2 年人均受照剂量和微核阳性检出率、染色体畸变阳性率之间的关系

年人均受照剂量(mSv/a)	接触射线人数	微核细胞率		染色体畸变率	
		阳性人数	阳性率(%)	阳性人数	阳性率(%)
< 5	162	15	9.25	4	2.47
~ 10	84	11	13.10	2	2.38
~ 15	66	9	13.64	2	3.03
~ 20	24	6	25.00	1	4.16
~ 25	4	2	50.00	2	50.00
~ 30	2	1	50.00	1	50.00
合计	342	44	12.87	12	3.51

2.2.3 工龄与微核阳性检出率、染色体畸变阳性率的关系(表 3) 从表中可看出,微核阳性检出率从工龄 5a 以后急剧升高,阳性率从 9.25% 到 13.10%,工龄 20a 以上阳性率达到 25.00%。经统计学分析,放射工龄< 5a 组微核阳性检出率显著高于工龄> 5a 组( $\chi^2=25.1458$ ,  $P<0.01$ );染色体畸变阳性率在工龄> 10a 组和工龄< 10a 组进行比较,经用校正的  $\chi^2$  检验( $\chi^2=3.572$ ,  $0.05<P<0.1$ ),工龄组> 5a 组和工龄< 5a 组两组比较( $\chi^2=2.999$ ,  $0.05<P<0.1$ )都还不能说明两组阳性

参考文献:

[1] 异基因骨髓移植专题笔谈。异基因骨髓移植治疗血液病[J]. 中华血液学杂志, 1992, 13(11): 594

[2] 罗辉, 胡盛惠, 杨平地. 清除小鼠特异性活化淋巴细胞预防移植抗宿主病的研究[J]. 中华血液学杂志, 1995, 16(10): 521—523

[3] BUTLURNIA GALE R P. T cell depletion in bone marrow transplantation for leukemia: current results and future directions[J]. BMT 1988, 3: 185—192

[4] PAUL J M JOHN A HANSEN C. Effects of in vitro depletion of T cells in HLA—identical allogeneic marrow grafts[J]. Blood 1985, 66: 664

[5] SYKES M HARTY M W SZOT G L. IL—2 inhibits graft versus host disease promoting activity of CD4+ cells while preserving CD4 and CD8 mediated graft versus leukemia effects[J]. Blood 1994, 83: 2560—2569

[6] GALE R P. Graft—versus—host disease[J]. Immunol REV 1985, 88: 193

[7] 项莺松, 杨如俊, 孟祥顺, 等. 小鼠骨髓程序移植的实验研究[J]. 中华血液学杂志, 1998, 19: 634—637

[8] ILDSIAD S T WREN S M BLUESONE J A. Effects of selective T cell depletion of host and/or donor bone marrow on lymphopoietic repopulation, tolerance and graft—versus—host disease on mixed allogeneic chimeras(B10<sup>+</sup> B10D2→ B10)[J]. J Immunol 1996, 136: 28—33

[9] 罗辉, 杨平地, 贺福初. 混合骨髓移植的实验研究[J]. 中华血液学杂志, 1998, 19: 418—421

[10] HANGOC G Y N T COOPER S et al. In vivo effects of recombinant interleukin—11 on myelopoiesis in mice[J]. Blood 1993, 81: 965

贵州省某铝矿区放射性水平的研究和评价

李 舟, 杨 忠, 张小乐

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2007)04-0397-02

【摘要】 目的 研究和评价贵州省某铝矿区放射性水平。方法 对铝矿开采面及矿区周围地表、土壤辐射水平进行测量;对地下铝矿氡气、钍气浓度进行累积检测;实验室对铝矿石、矿区周围土壤进行核素分析。结果 铝矿区的 $\gamma$ 外照射为 $(8\sim 36)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$ 平均值 $(21.7\pm 3.9)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  地下铝矿开采面 $\gamma$ 外照射为 $(77\sim 99)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$ 平均值 $(87.0\pm 8.1)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  氡浓度水平为 $73.3\sim 208.0\text{ Bq/m}^3$ , 钍浓度水平为 $57.2\sim 349.0\text{ Bq/m}^3$ ;铝矿放射性核素 $^{226}\text{Ra}$ 为 $438.6\sim 511.9\text{ Bq/kg}$   $^{232}\text{Th}$ 为 $454.3\sim 536.7\text{ Bq/kg}$   $^{40}\text{K}$ 为小于探测下限 $\sim 363.9\text{ Bq/kg}$  结论 此次调查的地下铝矿,采用机械和自然相结合的通风方式,通风情况较好,故所测量的氡浓度未达到干预水平。而地下开采面 $\gamma$ 天然辐射,明显高于贵州省 $\gamma$ 天然辐射平均值,按采矿工人每年工作 $2\,400\text{ h}$ 计算,将对该矿的矿工增加约 $2.09\text{ mSv/a}$ 的附加剂量。

【关键词】 铝矿;  $\gamma$ 天然辐射;放射性核素;氡 评价  
Study and Assess on Radioactivity Level of Aluminum Mine in Guizhou LI Zhou YANG Zhong ZHANG Xiao-le  
Guizhou Province Center for Disease Prevention and Central GuYang 550004 China

【Abstract】 Objective To research and assess radioactivity level in one of aluminum mine Guizhou Province Methods Measure radiation levels in well out earth surface and soil accumulatively detect radon and thorium gas analyze content of radionuclide in ore and soil in Lab Results External irradiation level in aluminum mine area is $(8\sim 36)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  mean is $(21.7\pm 3.9)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  External irradiation level in well is $(77\sim 99)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  mean is $(87.0\pm 8.1)\times 10^{-8}\text{ Gy/h}$  Radon concentration is $73.3\sim 208.0\text{ Bq/m}^3$  Thorium concentration is $57.2\sim 349.0\text{ Bq/m}^3$   $^{226}\text{Ra}$  in aluminum ore is between $438.6$  and $511.9\text{ Bq/kg}$   $^{232}\text{Th}$  is between $454.3$  and $536.7\text{ Bq/kg}$   $^{40}\text{K}$  is between LLD and $363.9\text{ Bq/kg}$  Conclusion Natural and mechanical ventilation is used in the underground aluminum mine due to the good ventilation condition Radon concentration is the intervention level However the  $\gamma$  natural radiation in working face is evidently higher than the average value in Guizhou province adding $2.09\text{ mSv/a}$  extra radiation dose to workers working suppose for up to the  $2\,400$  hours per year

【Key words】 Aluminum Mine;  $\gamma$  Natural Radiation; Nature Radionuclide; Radon; Evaluation

基金项目: 国家科技部社会公益研究项目子项目(2005DB1Z087)  
作者单位: 贵州省疾病预防控制中心, 贵州 贵阳 550004  
作者简介: 李舟, 男, 主任技师, 研究方向: 辐射防护。

该铝矿区位于贵州省境内,是我国铝矿重要开采地之一,其铝矿开采量位居全国第二。矿区有2个露天开采场和1个地下开采矿井,本调查是在地下矿井、铝矿石粉碎生产车间以

率差异有显著性。

表 3 工龄和淋巴细胞微核率阳性、染色体畸变率阳性的关系

工龄 (a)	微核细胞率阳性			染色体畸变率阳性	
	检测人数	阳性人数	阳性率 (%)	阳性人数	阳性率 (%)
~5	49	2	4.08	1	2.04
~10	148	8	5.40	3	2.03
~15	86	17	19.77	3	3.45
~20	45	12	26.67	3	6.67
>20	14	5	35.71	2	14.29

2.2.4 不同工作岗位与微核阳性检出率、染色体畸变阳性率的关系(表4) 微核细胞阳性检出率:工业探伤与核子秤、料位计、医用X射线维修工组的比较; $\chi^2$ 值分别为2.04、17.19、1.22、4.05与核子秤组、维修组差异均有显著性。核子秤组与料位计组、X射线组、维修组比较; $\chi$ 值为8.89、0.013、0.99,与核子秤组有差异显著性。X射线组与料位计组、维修组比较; $\chi^2$ 值为3.61、0.40差异无显著性。染色体畸变阳性率:各组比较差异无显著性。

表 4 不同岗位的淋巴细胞微核率、染色体畸变率阳性情况

岗位	微核细胞率			染色体畸变率	
	检测人数	阳性数	阳性率 (%)	阳性数	阳性率 (%)
工业探伤	106	24	22.64	7	6.60
核子秤	95	14	14.74	2	2.11
料位计	88	2	2.27	1	1.14
医用 X射线仪	30	4	13.33	2	6.67
维修工	23	1	4.34	0	0
合计	342	44	12.87	12	3.51

4 讨论  
工业电离辐射主要包括X射线、 $\gamma$ 射线和粒子,它们主要与体内分子或原子产生次级电离作用引起损伤效应。本次调查暴露组和对照组淋巴细胞微核检出率和染色体畸变阳性率差异均有显著性,人均有效受照剂量也和二者呈线性正相关关系,这和有关文献报道相符<sup>[2]</sup>。该厂五个主要放射岗位的监测表明的年均受照剂量较高,这是造成56人次细胞遗传物质损伤的关键因素。5个岗位中,工业探伤和核子秤年均受照剂量最大,2个岗位共造成43人微核率或染色体畸变率阳性,且工龄多超过10<sup>a</sup>提示长期低剂量电离辐射也是造成淋巴细胞微核率增高的重要因素。但本次调查结果尚不支持染色体畸变阳性率和工作岗位有关。这和有些报导存在差异,可能由于受照剂量增加,造成染色体损伤,但染色体修复能力很强,可在一定长的时间内不出现明显损伤效应<sup>[3]</sup>。因此,钢铁企业内,要重点加强对这3个岗位的职业监护,加强工作场所的监测,控制放射污染,同时教育并监督操作工人配备适用、足够、符合的防护用品<sup>[4]</sup>。

参考文献:  
[1] GB18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 [S].  
[2] 韩方岸,胡云,宋庆安,等.辐射工作者个人受照剂量与淋巴细胞微核率的相关研究 [J].实用预防医学,2005 12 (6): 1260—1262  
[3] 马菲,熊鸿燕,张辉,等.高强度电磁辐射对长期暴露人群特别血液成分的损伤研究 [J],疾病控制杂志,2005 9 (5): 437—440  
[4] 郑钧正.《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》关于职业照射的控制.中国职业医学 [J],2006 33(4): 299—300  
(收稿日期: 2007—07—12)