

# 接触 $^{90}\text{Sr}$ 放射工作人员辐射损伤敏感指标分析

赖专华, 武永平, 张克俭, 杨海峰, 路建超

陕西省宝鸡市疾病预防控制中心, 陕西 宝鸡 721006

**摘要:** **目的** 检测分析接触  $^{90}\text{Sr}$  放射工作人员的辐射损伤敏感指标, 评估烟厂卷接工放射工作人员健康水平。 **方法** 对比分析接触  $^{90}\text{Sr}$  放射组 ( $n=95$ ) 和对照组 (无射线接触史人员,  $n=48$ ) 之间和不同工龄组之间的放射损伤指标, 包括手掌皮肤色素脱失检出率、眼晶状体混浊率、染色体畸变率以及微核率。 **结果** 烟厂卷接工放射工作人员手掌皮肤色素脱失检出率随着工龄的增加而增加, 各工龄组间差异有统计学意义 ( $\chi^2=9.527, P=0.009$ ); 不同工龄组间眼晶状体混浊率差异无统计学意义 ( $\chi^2=2.525, P=0.283$ )。放射工作人员无着丝粒断片畸变率 (0.63‰)、染色体畸变阳性率 (42.11%)、染色体总畸变率 (4.84‰) 以及微核率 (0.72‰) 高于对照组 ( $P<0.05$ )。除染色体单体型畸变率 ( $\chi^2=4.163, P=0.125$ ) 外, 不同工龄间各项细胞遗传学指标差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ )。16~年放射工龄组的双着丝粒畸变率、无着丝粒断片畸变率、染色体畸变阳性率、染色体总畸变率以及微核率高于对照组 ( $P<0.01$ )。除双着丝粒畸变率外, 11~年放射工龄组各项细胞遗传学指标均高于对照组 ( $P<0.05$ )。不同工龄组间染色体畸变总率与微核率呈线性关系 ( $F=297.621, P=0.001$ )。 **结论** 该烟厂卷接工放射工作人员手掌皮肤色素脱失检出率、无着丝粒断片畸变率、染色体畸变阳性率、染色体总畸变率以及微核率明显增高, 提示应加强烟厂卷接工放射工作人员辐射防护工作。

**关键词:** 放射工作人员; 手掌皮肤色素脱失; 晶体混浊; 染色体畸变; 微核

**中图分类号:** R146 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2016)08-0927-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2016.08.010

## Sensitive indicators of radiation-induced injury among workers exposed to $^{90}\text{Sr}$ radiation

LAI Zhuan-hua, WU Yong-ping, ZHANG Ke-jian, YANG Hai-feng, LU Jian-chao

Baoji Municipal Center for Disease Control and Prevention, Baoji, Shaanxi 721006, China

**Abstract:** **Objective** To detect and analyze the sensitive indicators of radiation-induced injury among workers exposed to  $^{90}\text{Sr}$  in a tobacco factory, and to assess their health conditions. **Methods** The indicators of radiation-induced injury, including the detection rate of palm skin depigmentation, eye lens opacity rate, chromosome aberration rate and micronucleus rate, were compared between the  $^{90}\text{Sr}$ -radiation exposed group ( $n=95$ ) and the control group (unexposed healthy adults,  $n=48$ ) as well as among workers with different working years. **Results** The detection rates of palm skin depigmentation in the radiologic workers were increased along with the length of service, and there were statistically significant differences among groups with different working years ( $\chi^2=9.527, P=0.009$ ). However, no statistically significant difference was found in the eye lens opacity rate among different working-year groups ( $\chi^2=2.525, P=0.283$ ). The aberration rate of acentric fragment (0.63‰), the positive rate of chromosome aberration (42.11%), the total aberration rate of chromosome (4.84‰) and micronucleus rate (0.72‰) of the radiologic workers were significantly higher than those of the controls ( $P<0.05$ ). The abnormal rates of cell genetic indicators, except chromatid break rate ( $\chi^2=4.163, P=0.125$ ), were significantly different among groups with various working years ( $P<0.05$ ). The dicentric chromosome aberration rate, the acentric fragment aberration rate, the positive rate of chromosome aberration, the total aberration rate of chromosome and micronucleus rate were all higher in the group with 16-year service than in the control group ( $P<0.01$ ). The abnormal rates of cell genetic indicators, except the dicentric chromosome aberration rate, of the group with 11-year service were all higher than those of the controls ( $P<0.05$ ). A linear correlation was found between the total aberration rate of chromosome and micronucleus rate among different working-year groups ( $F=297.621, P=0.001$ ). **Conclusions** The detection rate of palm skin depigmentation, the aberration rate of acentric fragment, the positive rate of chromosome aberration, the total aberration rate of chromosome and micronucleus rate of the  $^{90}\text{Sr}$ -radiation exposed workers in the tobacco factory are significantly increased, indicating that targeted prevention and protection countermeasures should be enhanced.

**Key words:** Radiation staff; Palm skin depigmentation; Lens opacity; Chromosome aberration; Micronucleus

**基金项目:** 宝鸡市卫生局科研立项课题 (2014-58)

**作者简介:** 赖专华 (1984-), 男, 江西赣州人, 本科学历, 主管技师, 主要从事卫生检验工作, E-mail: cdclai@163.com。

用于放射工作人员生物估计指标主要有细胞遗传学、体细胞基因突变、皮肤毛发以及临床应急生物剂量等指标,为了解烟草行业卷烟机的烟丝重量控制器中  $^{90}\text{Sr}$  放射性核素对卷烟厂工作人员的影响,笔者对 2009–2012 年 95 名接触  $^{90}\text{Sr}$  放射工作人员的体检结果进行分析,检测反映该人群辐射损伤敏感指标的变化,以便改进防护措施,减少  $^{90}\text{Sr}$  放射性核素辐射损伤,为做好今后的放射防护工作提供参考,现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 调查对象 通过追踪调查该市烟厂卷接工放射工作人员 2009–2012 年的职业健康体检资料,体检资料不全者将排除在外。满足条件的卷烟厂放射工作人员 95 人,全为男性,年龄为 24~48 岁,平均(36.6±6.23)岁;放射工龄 1~23 年,平均(12.3±6.67)年。对照组:共 48 例,为无射线接触史的办健康证人员,全为男性,年龄 24~46 岁,平均(36.2±6.20)岁。

1.2 调查方法

1.2.1 临床检查 依据 2002 年卫生部 23 号令《职业健康监护管理办法》要求进行,检查内容包括详细内科检查、眼科、耳鼻喉口腔皮肤科检查。主要选择对放射人员较敏感的手掌皮肤色素脱失和眼晶状体两个指标进行检查分析,两者诊断标准分别参照《放射性皮肤疾病诊断标准》GBZ106–2002,《放射性白内障诊断标准》GBZ95–2014。

1.2.2 实验室检查 主要选择对放射人员较敏感的外周血淋巴细胞染色体畸变分析和微核进行检查分析。

1.2.2.1 外周血淋巴细胞染色体畸变分析 即采用微量全血法,将 0.3 ml 全血加入混合 1640 培养基的瓶内,混匀后在 37 ℃ 条件下培养 68~72 h,培养终止前 40 min 加入 50 μg/ml 秋水仙素 50 μl,然后低渗、固定、制片和染色。采用盲法阅片,每例选择完整、形态良好、分散度适中的 100 个中期细胞进行分析,记录染色体型畸变中的非稳定性畸变(unstable, Cu),包括无着丝粒断片(acentric fragment, ace)、着丝粒环(centric ring, r)和双着丝粒(dicentric, dic),以及单体型畸变,本次调查主要发现无着丝粒断片、染色单体断裂(chromatid break, etb)、染色单体缺失(chromatid deletion, ctd),并需经另一名观察者审核。双着丝粒畸变率、无着丝粒断片畸变率、染色体单体畸变率和染色体畸变总率的计算为各种染色体畸变数/分析细胞数×100%,染色体畸变阳性率的计算为染色体畸变阳性人

数/总人数×100%。

1.2.2.2 外周血淋巴细胞微核分析 采用微量全血法,将 0.3 ml 全血加入混合 1640 培养基的瓶内,混匀后在 37 ℃ 条件下培养 72 h。然后低渗、固定、制片和染色。采用盲法阅片,在光学显微镜下选择细胞完整、染色形态清晰及铺展良好的细胞进行分析<sup>[1]</sup>。每例计数 1 000 个胞膜完整已转化的淋巴细胞,计算微核率,即微核数/每例观察细胞数,以‰表示;微核异常率(检出率)即>3‰患者数/总患者数,以%表示。发现可疑的微核需 2 名观察者共同认定,以微核≤3‰为正常范围。微核的判断标准:存在于完整的胞浆内,小于主核的 1/3;形态为圆形或椭圆形,边缘光滑;与主核有同样的结构,嗜色性与主核一致或略浅;具有 DNA 的特异性反应;与非核物质颗粒相反,微核不折光;与主核完全分离。

1.2.3 统计学处理 用 SPSS17.0 统计软件对各比较组的手掌皮肤色素脱失检出率、眼晶状体混浊率、无着丝粒断片畸变率、染色单体型畸变率、染色体畸变总率、染色体畸变阳性率、微核率和微核异常率分别进行  $\chi^2$  检验。对不同工龄组的染色体畸变指标(Y)与微核指标(X)作简单的线性回归统计。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床检查

2.1.1 皮肤手指检查 本次皮肤手指检查主要以手掌皮肤色素脱失为主,随着工龄的增加,手掌皮肤色素脱失人数检出率呈增高的趋势,各工龄组差异有统计学意义( $\chi^2=9.527, P=0.009$ ),见表 1。

表 1 不同工龄手掌皮肤色素脱失人数比率的比较

工龄 (年)	检查 例数	手掌皮肤 色素脱失人数	手掌皮肤色素 脱失检出率(%)
0~	41	10	24.39
11~	25	13	42.00
16~	29	17	58.62
合计	95	40	42.11

2.1.2 眼科检查 本次检查眼数 190 只混浊数为 13 只,混浊率 6.84%,混浊部位主要在眼晶状体周围的皮质内,多为点状混浊,且随着放射工龄的增加出现晶状体混浊的混浊率也随之增加,各工龄组差异无统计学意义( $\chi^2=2.525, P=0.283$ ),见表 2。

表 2 不同工龄组混浊率的比较

工龄(年)	检查眼数	混浊数	混浊率(%)
0~	82	3	7.32
11~	50	4	16.00
16~	58	6	20.69
合计	190	13	6.84

2.2 实验室检查 烟厂卷接工放射人员的各项细胞

遗传学指标高于对照组,除双着丝粒畸变率和染色体单体型畸变率( $P>0.05$ )外,与其比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 3。

从表 4 可以看出,除染色体单体型畸变率外,不同工龄间各项遗传学指标差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。除染色体单体型畸变率外,16 年~工龄组与对照组的着丝粒畸变率、无着丝粒断片畸变率、染色体畸变阳性率、染色体总畸变率以及微核率差异有统

表 3 烟厂卷接工放射组与对照组放射工作人员的淋巴细胞染色体畸变和微核结果分析

组别	<i>n</i>	双着丝粒畸变率 (%)	无着丝粒断片畸变率 (%)	染色体单体型畸变率 (%)	染色体总畸变率 (%)	染色体畸变阳性率 (%)	微核率 (%)
烟厂卷接工放射组	95	0.63	1.89	2.32	4.84	42.11	0.72
对照组	48	0.00	0.42	1.25	1.67	16.67	0.146
$\chi^2$ 值		3.033	4.988	1.854	8.547	9.254	19.761
<i>P</i> 值		0.082	0.026	0.173	0.003	0.002	0.000

表 4 不同工龄组烟厂卷接工放射工作人员淋巴细胞染色体畸变和微核结果分析

组别	<i>n</i>	双着丝粒畸变率 (%)	无着丝粒断片畸变率 (%)	染色体单体型畸变率 (%)	染色体总畸变率 (%)	染色体畸变阳性率 (%)	微核率 (%)
0~岁	41	0.00	2.4 <sup>a</sup>	1.22 <sup>a</sup>	1.46 <sup>a</sup>	14.63 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>
11~岁	25	0.4 <sup>a</sup>	2.80 <sup>c</sup>	3.6 <sup>b</sup>	6.80 <sup>c</sup>	64.00 <sup>c</sup>	0.96 <sup>c</sup>
16~岁	29	1.72 <sup>c</sup>	3.45 <sup>c</sup>	2.76 <sup>a</sup>	7.93 <sup>c</sup>	62.07 <sup>c</sup>	1.1 <sup>c</sup>
对照组	48	0.00	0.42	1.25	1.67	16.67	0.146
$\chi^2$ 值		8.288	10.693	4.163	16.570	22.351	18.439
<i>P</i> 值		0.016	0.005	0.125	0.000	0.000	0.000

注:a 与对照组比较, $P>0.05$ ,b 与对照组比较, $P<0.05$ 。c 与对照组比较, $P<0.01$ 。不同工龄组的染色体畸变总率与微核率的回归方程为: $Y(\%)=7.982X-0.856$ ,相关系数  $R=1.000$ , $F=297\ 621.950$ , $P=0.001$ 。

3 讨 论

长期小剂量射线照射可引起机体多方面的异常变化及损伤<sup>[2-3]</sup>。通过本次调查发现长期接触<sup>90</sup>Sr 放射性核素的烟厂卷接工放射工作人员引起了手掌皮肤、染色体等多方面的异常变化及损伤。

本次调查皮肤的变化以手掌皮肤色素脱失为主。随着工龄的增加,手掌皮肤色素脱失人数的比率呈增高的趋势,各工龄组差异有统计学意义,表明长期接触低剂量电离辐射对放射工作人员的手指皮肤具有一定的损伤作用。同时本次调查发现随着放射工龄的增加出现晶状体混浊的混浊率增加,但差异无统计学意义,这与熊成育和马宏宏、马金辉等<sup>[4-5]</sup>报道不一致,同时 16 年以上工龄混浊率最高,这与相关文献报道一致<sup>[6]</sup>,可能表明机体受到照射的累积剂量越大,其生物效应也就越来越明显。此外,与文献<sup>[7-8]</sup>报道的眼晶状体的异常检出率相比较,烟厂卷接工放射工作人员的异常检出率较低,但该人群高于曹敏等<sup>[9]</sup>报道的机场放射工作人员的眼晶状体异常检出率。

周围血淋巴细胞染色体畸变分析及淋巴细胞微核检测是长期接触低剂量照射条件下最敏感的指标<sup>[10-11]</sup>。本次调查主要发现以无着丝粒断片为主,与

计学意义( $P<0.01$ )。除双着丝粒畸变率外,11 年~工龄组与对照组的各项遗传学指标差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。对不同工龄组的染色体畸变指标与微核指标进行简单的线性回归统计,结果发现不同工龄组染色体畸变总率( $Y$ )与微核率( $X$ )成线性关系,且回归方程的常数项和自变量" $X$ "进行  $t$  检验,发现自变量" $X$ "和常数项有统计学意义( $P<0.05$ )。不同工龄组间的其他畸变指标与微核率指标均呈无规律变化。

万红等<sup>[12]</sup>报道一致。烟厂卷接工放射人员的各项遗传学指标高于对照组,放射组的微核率与对照组比较,差异有统计学意义,这与文献<sup>[13-15]</sup>报道一致;同时放射组的无着丝粒断片畸变率、染色体总畸变率、染色体畸变阳性率与其比较,差异均有统计学意义。除染色体单体型畸变率外,不同工龄间各项遗传学指标差异均有统计学意义。除染色体单体型畸变率外,16 年~工龄组与对照组的着丝粒畸变率、无着丝粒断片畸变率、染色体畸变阳性率、染色体总畸变率以及微核率差异有统计学意义。除双着丝粒畸变率外,11~15 年工龄组与对照组的各项遗传学指标差异均有统计学意义。以上结论说明<sup>90</sup>Sr 放射性核素辐射损伤具有累积作用。不同工龄组间放射人员的染色单体型畸变指标差异无统计学意义,说明染色单体型畸变率对于评价辐射损伤的意义不是很大,这与李曙芳等<sup>[16]</sup>报道一致,主要因为染色单体型畸变率主要与大部分化学诱变剂和环境中一些有害因素有关<sup>[17]</sup>,但 11~15 年工龄组染色体畸变率与对照组比较差异有统计学意义,说明该工龄组的人员除了预防辐射导致的损伤之外,还要预防环境中的有害因素对其身体的影响。通过简单线性回归统计学处理分析发现,除不同工(转 937 页)