

# 深圳市介入放射工作人员外周血液常规 与淋巴细胞微核监测分析

刘征宇,高朝贤,李丽梅,张怡,张志敏,林大枫  
深圳市职业病防治院病理毒理所,广东 深圳 518020

**摘要:** **目的** 监测分析深圳市介入放射工作人员长期接触电离辐射对外周血液常规和淋巴细胞微核的影响,为介入放射工作人员的职业健康管理提供依据。 **方法** 选取深圳市 2017—2018 年 15 家三级甲等医院在本院接受职业健康检查的放射工作人员 591 名,其中从事介入放射学工作人员 304 名为介入放射组,同期 X 射线影像诊断工作人员 287 名为普通 X 射线组,比较分析其个人外照射剂量及外周血液常规、淋巴细胞微核率和转化率检测结果变化。 **结果** 介入放射组平均年龄为 37.0(32.0,45.0)岁,男性占 62.17%,人均年照射剂量为 0.07(0.04,0.21) mSv。普通 X 射线组平均年龄为 36.0(30.0,44.0)岁,男性占 55.40%,人均年照射剂量为 0.03(0.03,0.05) mSv。人均年照射剂量在两组间差异有统计学意义( $W=21\ 676, P=0.000$ )。两组的白细胞总数、淋巴细胞百分比、中性粒细胞百分比和淋巴细胞微核率之间差异有统计学意义(均  $P<0.05$ )。随着放射工龄的增长,介入放射组淋巴细胞微核率和异常检出率均增高,差异有统计学意义(均  $P<0.05$ ),而随着放射工龄的增长,对介入放射组血细胞数影响不明显。 **结论** 深圳市介入放射工作人员受照射剂量水平较低,但其淋巴细胞微核异常检出率随着放射工龄的增长出现明显增高的趋势,需进一步加强对介入放射工作人员职业健康管理,提高个人防护意识,将其接受辐射损伤的程度降到最低,保证身体健康与职业安全。

**关键词:** 介入放射;个人剂量;血细胞;淋巴细胞;微核;电离辐射

**中图分类号:**R146 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-3110(2021)11-1307-04 **DOI:**10.3969/j.issn.1006-3110.2021.11.007

## Monitoring and analysis of peripheral blood cell count and lymphocyte micronucleus among interventional workers with radiation exposure in Shenzhen City

LIU Zheng-yu, GAO Chao-xian, LI Li-mei, ZHANG Yi, ZHANG Zhi-min, LIN Da-feng  
*Institute of Pathology and Toxicology, Shenzhen Prevention and Treatment Center  
for Occupational Diseases, Shenzhen, Guangdong 518020, China*

**Abstract:** **Objective** To monitor and analyze the influence of long-term ionizing radiation exposure on peripheral blood cell count and lymphocyte micronucleus among interventional radiation workers in Shenzhen City, and to provide a basis for occupational health management of interventional workers with radiation exposure. **Methods** We recruited 591 radiation workers from 15 first-class grade A hospitals in Shenzhen City from 2017 to 2018, and all of them underwent health check-ups in Shenzhen Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases. Among them, 304 interventional radiation workers were selected into the interventional radiation group, and 287 X-ray imaging diagnosis workers served as the general X-ray group at the same time. We compared and analyzed their personal external radiation exposure dose, peripheral blood cell counts and lymphocyte micronucleus rate and conversion rate. **Results** The average age of the interventional radiation group was 37.0 (32.0, 45.0) years, the males accounted for 62.17%, and the annual effective dose per-capital was 0.07 (0.04, 0.21) mSv. The average age of the general X-ray group was 36.0 (30.0, 44.0) years, the males accounted for 55.40%, and the annual effective dose per-capital was 0.03 (0.03, 0.05) mSv. There was a statistically significant difference in the annual effective dose per-capital between the two groups ( $W=21\ 676, P=0.000$ ). In the total white blood cell count, lymphocyte percentage, neutrophil percentage, and lymphocyte micronucleus rate, the results showed statistically significant differences for the comparison between the two groups (all  $P<0.05$ ). With the increase of radiation working years, the lymphocyte micronucleus rate and abnormal detection rate in the interventional radiation group both increased, showing statistically significant differences (both  $P<0.05$ ), but the changes of blood cell count in the interventional radiation group were not statistically significant. **Conclusion** The radiation dose of the interventional radiation

**基金项目:**深圳市科技创新计划项目(JCYJ20170307145422811);深卫计科教【2017】57号(SZFZ2017089);深圳市医学重点学科2020-2024建设经费项目(SZGSP015);深圳市卫生计生系统科研项目(SZFZ2017092)

**作者简介:**刘征宇(1964-),女,副主任技师,主要从事职业病检测及放射卫生个人生物剂量监测工作。

workers in Shenzhen City is relatively low, but their lymphocyte micronucleus rate and abnormal detection rate show significantly increasing trends with radiation working years. It is necessary to further enhance the interventional radiation workers' occupational health management and improve their personal protection awareness so as to lower the level of radiation damage to the minimum and ensure their health and occupational safety.

**Keywords:** interventional radiation; individual dose; blood cell; lymphocyte; micronucleus; ionizing radiation

随着介入放射学在心血管、神经内外科、脊柱外科、肿瘤等疾病的临床诊疗中应用越来越广泛,本市从事介入放射学诊疗技术人才梯队日益壮大。由于介入放射学诊疗技术有其特殊性,需工作人员长时间暴露在 X 射线较高的电离辐射场中进行诊疗操作。据本市相关文献报道<sup>[1]</sup>介入放射工作人员人均年剂量当量为 0.22 mSv/a, X 射线影像诊断人员人均年剂量当量为 0.10 mSv/a,介入放射工作人员所接受的 X 射线剂量要高于普通 X 射线影像诊断工作人员。因此,需重视对介入放射工作人员的职业健康监护,以预防电离辐射导致的职业危害<sup>[2]</sup>。本院定点承担深圳市所有放射从业人员的健康监护体检任务,本研究组据此对深圳市 2017—2018 年 15 家公立三级甲等医院介入放射工作人员的外周血象与淋巴细胞微核监测结果进行分析,现报道如下。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 从 2017—2018 年选取来本院进行职业健康监护体检的深圳市 10 家公立三级甲等综合医院和 5 家三级甲等专科医院从事介入放射工作人员(包括医生和护士、放射技师),304 名作为介入放射组,同时亦选取从事 X 射线影像诊断工作人员 287 名作为普通 X 射线组,两组研究对象在本院历年职业健康体检未发现肿瘤或血液系统相关疾病。

**1.2 个人剂量监测** 按照《职业性外照射个人监测规范》<sup>[3]</sup>的要求,利用深圳市职业病防治院放射卫生所提供的 RGD-3B 热释光剂量仪和 TLD-469 型热释光剂量片对介入放射组和普通 X 射线组进行个人外照射剂量监测,以 20 mSv/a 为个人剂量当量年限值<sup>[4]</sup>,超过此限值者为超标。

### 1.3 实验室检查

**1.3.1 血液常规检验分析** ①采集介入放射组和普通 X 射线组放射人员的外周静脉血 2.5 ml 于 EDTA-草酸盐抗凝真空采血管内,混匀后,采用 Sysmex XE-5000 型五分类全自动血球计数仪及配套试剂盒按说明书参数进行测定血细胞指标,包括白细胞总数、红细胞、血红蛋白、血小板、淋巴细胞、中性粒细胞;②血象异常改变判定标准:白细胞 $<4.0 \times 10^9/L$ ;红细胞男 $<4.0 \times 10^{12}/L$ 或女 $<3.65 \times 10^{12}/L$ ;血红蛋白男 $<120$  g/L

或女 $<115$  g/L;血小板 $<125 \times 10^9/L$ ;淋巴细胞百分比( $\%$ ) $>50\%$ ;中性粒细胞百分比( $\%$ ) $<40\%$ 。

**1.3.2 外周血淋巴细胞微核检测** 采用高朝贤等外周血淋巴细胞改良培养法<sup>[5]</sup>,外周血淋巴细胞微核制片方法详见参考文献<sup>[6]</sup>。按公认的微核测定标准,分别观察 1 000 个已转化淋巴细胞中的微核数,以千分率表示,微核细胞率和微核率正常参考值均为 0.0%~6%,以大于 6%为异常;其淋巴细胞转化率以小于 40%为异常。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析。计量资料经正态性检验为非正态分布数据,以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,两组间和多组间比较分别采用 Mann-Whitney  $U$  检验和 Kruskal-Wallis  $H$  秩和检验;若两组组间计量资料为正态分布且方差齐则比较采用  $t$  检验。两组间率的比较采用计数资料 Pearson  $\chi^2$  检验和 Fisher 精确概率法检验;检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 基本情况** 研究对象共 591 名,其中介入放射组 304 例,男性 189 例,占 62.17%,年龄 20~60 岁之间,放射工龄为 10.0(5.0,15.0)年;普通 X 射线组 287 例,男性 159 例,占 55.40%,年龄 21~55 岁之间,工龄为 11.0(5.5,17.0)年。介入放射组与普通 X 射线组的性别、年龄、工龄经检验,差异无统计学意义。介入放射组个人年剂量当量范围为 0.03~13.17 mSv/a,总体人均年有效剂量 0.07(0.04,0.21) mSv/a;普通 X 射线组个人年剂量当量范围为 0.03~1.39 mSv/a,总体人均年有效剂量 0.03(0.03,0.05) mSv/a。介入放射组人均年有效剂量高于普通 X 射线组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 1。

表 1 介入放射组和普通 X 射线组基本情况比较( $n=591$ )

基本情况	介入放射组 ( $n=304$ )	普通 X 射线组 ( $n=287$ )	统计量	$P$ 值
年龄[岁, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	37.0(32.0,45.0)	36.0(30.0,44.0)	$W=40\ 002$	0.081
性别(男,%)	189(62.17)	159(55.40)	$\chi^2=2\ 520$	0.112
工龄[年, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	10.0(5.0,15.0)	11.0(5.5,17.0)	$W=47\ 368$	0.071
个人剂量当量分布(mSv/a,%)				
$\leq 0.03$	72(23.68)	200(69.69)		
0.03~1	185(60.86)	81(28.22)		

续表 1

基本情况	介入放射组 (n=304)	普通 X 射线组 (n=287)	统计量	P 值
1-5	41(13.49)	6(2.09)		
>5	6(1.97)	0(0.00)		
人均年有效剂量[ mSv/a, M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	0.07(0.04,0.21)	0.03(0.03,0.05)	W=21 676	0.000

## 2.2 血液常规检测结果

2.2.1 不同组别血细胞指标检测情况 介入放射组和普通 X 射线组白细胞、红细胞、血红蛋白、血小板、淋巴细胞百分比的中位数值及中性粒细胞百分比的均值都在正常范围内。介入放射组中性粒细胞百分比低于普通 X 射线组,经 *t* 检验差异有统计学意义( $P <$

表 2 介入放射组与普通 X 射线组血液常规指标比较( $n=591$ )

指标	介入放射组( $n=304$ )	普通 X 射线组( $n=287$ )	统计量	P 值
白细胞数 [ $\times 10^9/L$ , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	5.85(4.98,6.90)	6.06(5.14,7.09)	W=47 930	0.038
红细胞数 [ $\times 10^{12}/L$ , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	4.92(4.48,5.30)	4.85(4.42,5.30)	W=41 312	0.265
血红蛋白浓度 [g/L, M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	146.0(134.0,156.0)	145.0(131.0,157.0)	W=42 243	0.506
血小板数 [ $\times 10^{12}/L$ , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	234.0(201.0,275.0)	230.0(197.0,270.5)	W=42 351	0.539
淋巴细胞百分比 [% , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	35.10(30.30,40.50)	33.40(28.70,38.45)	W=38 133	0.008
中性粒细胞百分比 (% , $\bar{x} \pm s$ )	57.81 $\pm$ 7.73	59.58 $\pm$ 7.72	$t=2.780$	0.005
白细胞数异常率 ( $n, \%$ )	23(7.56)	9(3.14)	/	0.018
红细胞数异常率 ( $n, \%$ )	6(1.97)	16(5.57)	/	0.028
血红蛋白浓度异常率 ( $n, \%$ )	10(3.29)	6(2.09)	/	0.451
血小板数异常率 ( $n, \%$ )	3(0.98)	5(1.74)	/	0.494
淋巴细胞百分比异常率 ( $n, \%$ )	7(2.3)	4(1.39)	/	0.547
中性粒细胞百分比异常率 ( $n, \%$ )	4(1.32)	2(0.70)	/	0.687

2.2.2 介入放射组不同放射工龄的血细胞指标检测情况 介入放射组随着放射工龄的增长,白细胞总数、淋巴细胞百分比、中性粒细胞百分比无明显变化,经

表 3 介入放射组不同放射工龄的血细胞指标检测结果( $n=304$ )

指标	放射工龄(年)			统计量	P 值
	$\leq 10$ ( $n=179$ )	11~14( $n=41$ )	$\geq 15$ ( $n=84$ )		
白细胞总数 [ $\times 10^9/L$ , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	5.87(5.02,6.98)	5.50(4.80,6.80)	5.98(4.98,6.86)	$H=0.793$	0.673
淋巴细胞百分比 [% , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	35.30(31.15,40.05)	34.70(29.30,39.60)	34.75(29.15,42.00)	$H=0.736$	0.692
中性粒细胞百分比 [% , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	58.20(53.05,62.35)	59.80(53.90,64.20)	57.55(50.10,62.80)	$H=1.521$	0.467

## 2.3 外周血淋巴细胞微核检测

2.3.1 外周血淋巴细胞微核率与转化率监测结果 介入放射组与普通 X 射线组的淋巴细胞微核率均值的比较,经非参数检验差异有统计学意义( $P < 0.05$ );介入放射组淋巴细胞微核检出率为 7.24%,普通 X 射线组为 2.44%,介入放射组淋巴细胞微核检出率是普通 X 射线组的约 3 倍,经 Fisher 精确概率法检验,差异有统计学意义( $P < 0.01$ );介入放射组与普通 X 射线组的淋巴细胞转化率中位数值,经非参数检验,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 4。

2.3.2 介入放射组不同放射工龄的淋巴细胞微核率与转化率监测 介入放射组随着放射工龄的增长,其

0.05);白细胞的中位数值低于普通 X 射线组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );介入放射组淋巴细胞百分比的中位数值明显高于普通 X 射线组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );两组之间红细胞、血红蛋白和血小板的中位数值,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。介入放射组与普通 X 射线组的红细胞异常率、白细胞数异常率比较,经 Fisher 精确概率法检验,差异有统计学意义;而血红蛋白、血小板、淋巴细胞百分比、中性粒细胞百分比异常率经 Fisher 精确概率法检验差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 2。

Kruskal-Wallis *H* 秩和检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 3。

淋巴细胞微核率和异常检出率均呈增高趋势,尤其以放射工龄 $\geq 15$ 年组增高显著,淋巴细胞微核异常检出率高达 19.05%,分别经秩和检验与 Fisher 精确概率法检验,差异有统计学意义。而淋巴细胞转化率亦随着放射工龄的增长,其淋巴细胞转化率降低,经 Kruskal-Wallis *H* 秩和检验,差异有统计学意义,见表 5。

表 4 介入放射组和普通 X 射线组淋巴细胞微核率与转化率结果( $n=591$ )

指标	介入放射组( $n=304$ )	普通 X 射线组( $n=287$ )	统计量	P 值
淋巴细胞微核率(% , $\bar{x} \pm s$ )	1.36 $\pm$ 2.27	0.82 $\pm$ 1.52	W=38 977	0.010
淋巴细胞转化率 [% , M(P <sub>25</sub> ,P <sub>75</sub> ) ]	83.5(80.0,86.0)	84.0(80.0,86.0)	W=44 191	0.784
淋巴细胞微核率异常率( $n, \%$ )	22(7.24)	7(2.44)		0.007

表 5 介入放射组不同放射工龄的淋巴细胞微核率与转化率结果( $n=304$ )

指标	放射工龄(年)			统计量	P 值
	10 ( $n=179$ )	11~14 ( $n=41$ )	$\geq 15$ ( $n=84$ )		
分析细胞(个)	179 000	41 000	84 000		
淋巴细胞微核率(% $e$ , $\bar{x}\pm s$ )	0.86 $\pm$ 1.88	1.12 $\pm$ 1.78	2.54 $\pm$ 2.78	$H=29.870$	0.000
淋巴细胞微核率异常率( $n$ ,%)	5(2.79)	1(2.44)	16(19.05)	/	0.000
淋巴细胞转化率[% $e$ , $M(P_{25}, P_{75})$ ]	85.0(82.0,87.0)	83.0(80.0,84.0)	81.0(78.0,84.5)	$H=41.770$	0.000

### 3 讨论

预防电离辐射引起的健康危害是我国放射卫生工作的重要内容<sup>[7]</sup>。介入放射工作岗位的特殊性,需要人员较长时间暴露在 X 射线剂量较高的辐射现场中进行诊视操作,导致工作人员所受照射剂量高于普通 X 射线诊断工作人员<sup>[8-9]</sup>。本次调查个人剂量监测结果显示,介入放射工作人员所接受的射线剂量高于普通 X 射线诊断工作人员,应继续做好介入放射人员个人剂量监测和防护。

电离辐射作用于机体后,最早出现变化的是造血系统,骨髓基本全身分布,对辐射非常敏感,长期接触电离辐射较早累及造血系统<sup>[10]</sup>,临床观察和实验研究均已证实<sup>[11]</sup>造血系统是对辐射高度敏感的靶器官之一,放射线能直接抑制骨髓细胞分化,致使外周血中有形细胞及血小板发生异常。由于造血功能的严重抑制,导致全血细胞质和量的变化,主要表现为以中性粒细胞为主的白细胞总数减少和血小板计数减少,长期电离辐射可导致介入放射工作人员的血象改变<sup>[12]</sup>。本次研究结果显示介入放射组淋巴细胞百分比的中位数值明显高于普通 X 射线组,可能是介入放射组所受电离辐射个人剂量值高于普通 X 射线组,导致介入放射工作人员辐射损伤<sup>[11-12]</sup>,从而使血象改变。介入放射组白细胞总数异常检出率比普通 X 射线组高,而普通 X 射线组红细胞数异常检出率高于介入放射组,与相关文献<sup>[12]</sup>报道不一致,可能与普通 X 射线组女性构成比稍高于介入放射组有关联。而血红蛋白、血小板、淋巴细胞百分比、中性粒细胞百分比异常检出率,与相关文献<sup>[11-12]</sup>报道一致。

微核是细胞在有丝分裂时受有害因素损伤,使细胞核成分滞留在细胞质中的微小核染色质块,可用外周血淋巴细胞微核率作为评价辐射损伤的辅助指标,微核率直接反映染色体的损伤程度,也间接代表受辐射损伤的状况<sup>[13]</sup>。本次调查结果显示,介入放射组淋巴细胞微核检出率是普通 X 射线组的约 3 倍,与相关文献<sup>[14-16]</sup>报道一致。普通 X 射线组的微核异常率低,与本市三甲综合医院均在放射装置机房采用隔室遥控操作、屏蔽防护做到位有关。介入放射组的微核异常检出率随放射工龄的增长出现增高的趋势,淋巴细胞

转化率随之降低,与那向杰等<sup>[15]</sup>报道的结果一致,提示放射暴露工龄是影响介入放射工作人员外周血淋巴细胞微核率增高的一个重要因素<sup>[16]</sup>,表明放射线接触累积剂量是微核率升高的一个重要影响因素<sup>[17]</sup>。

综上,从有效保障介入放射工作人员的健康角度考虑,应进一步提高本市介入放射工作人员的防护意识,熟练操作技能,缩短暴露时间,并且做好对照射部位的屏蔽防护,进一步普及铅围脖及辅助防护设施的使用,改进防护措施,减少不必要的照射<sup>[18]</sup>。同时应进一步加强对介入放射工作人员在岗前、在岗、离岗期进行健康和应急健康检查,建立个人剂量和职业健康档案<sup>[17-18]</sup>,使介入放射工作人员接受辐射损伤降到最低,以保障其身体健康及职业安全。

### 参考文献

- 王俊生,张怡,林大枫. 2012 年深圳市职业外照射个人剂量监测结果分析[J]. 中国职业医学, 2014, 41(3): 333-335, 338
- 张伟佳,张雨,师依婷,等. 2016—2017 年介入放射学工作人员职业性外照射个人剂量水平调查分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(1): 55-58.
- 国家卫生健康委员会. 职业性外照射个人监测规范: GBZ 128—2016[S]. 北京: 法律出版社, 2016: 1-17.
- 国家卫生健康委员会. 电离辐射防护与辐射源安全基本标准: GB 18871—2002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 1-202.
- 高朝贤,惠长野,张文,等. 淋巴细胞改良培养法及其在细胞遗传学研究中的应用[J]. 中华医学遗传学, 2016, 33(4): 555-558.
- 李丽梅,张文,刘征宇,等. 外周血淋巴细胞微核制片方法的改良[J]. 国际检验医学杂志, 2015, 36(1): 143-144.
- 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]. 中华医学遗传学, 2018, 45(6): 793-796.
- 朱春华,朱玉华. 介入放射诊疗操作医师所受剂量和健康状况调查[J]. 职业卫生与应急救援, 2016, 34(4): 270-274.
- 贾茹,陈彪,高智群,等. 上海市某三级医院介入放射工作人员放射防护现状及影响因素分析[J]. 中国辐射卫生, 2019, 28(6): 637-641.
- 何凤生. 中华职业医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 982-1021.
- 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.
- 温薇,苏世标,肖斌,等. 介入放射工作人员血细胞指标的分析[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25(4): 434-437.
- 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: 103-105.
- 牛丽梅,吴小琴,雷红玉,等. 介入放射工作人员细胞遗传学效应观察[J]. 工业卫生与职业病, 2015, 41(4): 292-293.
- 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.
- 王畅,黎金荣,莫素芳,等. 放射工作人员淋巴细胞微核异常影响因素的病例对照研究[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27(3): 209-212.
- 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.
- 陈惠鹏,马争,彭建梅,等. 东莞市放射工作人员健康状况及职业放射暴露水平对健康影响分析[J]. 实用预防医学, 2020, 27(3): 307-310.