

低剂量电离辐射对放射从业者血小板及白细胞的影响分析

杨非 周敏 龚力 刘竹 李冬锋 李佳圆

610041 成都市疾病预防控制中心(杨非、刘竹); 610041 成都, 四川大学华西公共卫生学院流行病与卫生统计学系(周敏、龚力、李冬锋、李佳圆)

杨非、周敏同为第一作者

通信作者: 李佳圆, Email: lijiaoyuan73@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.12.005

【摘要】 目的 探讨职业低剂量电离辐射对放射从业者血小板、白细胞的影响。方法 收集 2013—2015 年成都市 2 055 名放射从业者职业健康体检的血小板及白细胞数据及从业者辐射累积暴露剂量。采用 t 检验、方差分析、 χ^2 检验、直线相关分析、协方差分析及多因素 logistic 回归方法进行分析。结果 协方差分析显示, 随着累积暴露剂量增加, 血小板、白细胞数呈降低趋势。多因素 logistic 回归分析显示, 中等剂量及以上剂量暴露组 (>4.333 mSv) 随着 BMI 水平增加, 血小板降低的风险增加愈明显 (趋势检验 $P < 0.05$); 高剂量 (>15.639 mSv) 暴露合并吸烟是血小板降低的危险因素 ($OR = 2.33, 95\%CI: 1.23 \sim 4.44$)。低剂量 (≤ 4.332 mSv) 暴露合并锻炼 >1 次/周是血小板降低的保护因素 ($OR = 0.26, 95\%CI: 0.09 \sim 0.70$)。结论 随着辐射累积暴露剂量增高, 从业者血小板、白细胞数呈现减少的趋势, 若合并超重/肥胖、吸烟则血小板减少的风险越高, 而加强体育锻炼可能是白细胞减少的保护因素。

【关键词】 低剂量电离辐射; 血小板; 白细胞

基金项目: 成都市科技局 2014 科技惠民项目 (2014-HM01-00396-SF)

Effect of low-dose ionizing radiation on platelet and leukocytes of radiation workers Yang Fei, Zhou Min, Gong Li, Liu Zhu, Li Dongfeng, Li Jiayuan
Chengdu City Center for Disease Control and Prevention, Chengdu 610041, China (Yang F, Liu Z); West China School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China (Zhou M, Gong L, Li DF, Li JY)
Yang Fei and Zhou Min are the first authors who contributed equally to the article.
Corresponding author: Li Jiayuan, Email: lijiaoyuan73@163.com

【Abstract】 **Objective** To explore the effect of low-dose ionizing radiation on the platelets and leukocytes of the radiation workers. **Methods** We collected data from a total number of 2 055 radiation related workers and with their cumulative doses. Data on platelets and leukocytes was gathered from physical examination of the staff members, from 2013 to 2015 in Chengdu. T test, variance analysis, χ^2 test, linear correlation, covariance analysis and multivariate logistic regression analysis were used to analyze the data. **Results** Results from the covariance analysis showed that with the increase of cumulative doses, the quantity of platelet and leukocyte appeared a decreasing trend. Multivariate logistic regression analysis showed that, with the increase of BMI levels and the medium cumulative dose and above (>4.333 mSv), the risk of thrombocytopenia became more obvious (trend test as $P < 0.05$). In the group with high-dose exposure radiation (>15.639 mSv) and combined factor as smoking, the risk of developing thrombocytopenia would increase ($OR = 2.33, 95\%CI: 1.23-4.44$). Staff with cumulative dose of less than 4.332 mSv and exercised more than 1 time per week, the risk of developing low leukocyte would decrease ($OR = 0.26, 95\%CI: 0.09-0.70$). **Conclusions** Along with the increase of cumulative doses on exposure to radiation related workers. The quantity of platelet and leukocyte showed a decreasing trend among them. When this high-dose exposure radiation combined with overweight/obesity or cigarette smoking, the risk of developing thrombocytopenia was high. However, physical exercise might have served as protective factor on leukopenia.

【Key words】 Low-dose ionizing radiation; Platelet; Leukocyte

Fund program: Science and Technology Social Benefiting Program of Chengdu, Bureau of Science and Technology, in 2014 (2014-HM01-00396-SF)

长期低剂量电离辐射可能会造成从业者造血系统损伤,研究表明造血细胞对辐射最为敏感,全身照射可引起造血祖细胞的损伤,继而引起嗜中性粒细胞及血小板减少^[1-2]。对于放射从业者,血液指标除了受到电离辐射的影响外,高BMI、吸烟、饮酒等不良的生活方式也可能是血液指标改变的影响因素。而目前有关BMI、吸烟、饮酒等生活方式与低剂量电离辐射的联合作用对放射从业者血小板及白细胞影响的研究较少。本研究以参加2013—2015年成都市接受辐射剂量监测及职业健康体检的2 055名放射从业者作为研究对象,初步探索不同低剂量辐射暴露对血小板、白细胞减少的影响,从而发现和筛选高危放射人群,对该职业人群进行有针对性的健康干预。

对象与方法

1. 研究对象:2013—2015年成都市接受剂量监测及职业健康体检的2 055名放射从业者,男性1 378例(67.1%),女性677例(32.9%);年龄为18~81(37.71±11.79)岁;工龄0~63(12.16±11.28)年;放射诊断1 597人(78.1%),工业探伤206人(10.0%),放射介入84人(4.1%),同位素应用35人(1.7%),其他133人(6.5%);年受照剂量范围为(0~7.325) mSv,人均年受照剂量为(0.972±0.396) mSv,累积剂量范围为(0~124.982) mSv,平均累积剂量为(12.896±12.746) mSv。所有人员在2013—2015年均未发生意外照射。

2. 研究方法:

(1)从业者的剂量测定:采用累积剂量分析低剂量电离辐射暴露对血小板及白细胞的影响,剂量监测数据来源于成都市放射从业人员辐射剂量监测和健康体检管理工作,回顾性收集整理了自1999年以来的辐射剂量监测数据。累积剂量即从业者开始从事放射工作到接受职业健康检查年所暴露的剂量总和,各年的剂量数据分析显示,自监测起始年至今各工种放射从业人员的人均年剂量均保持在稳定水平,因此,累积剂量=暴露年平均剂量×暴露时间(工龄)。对于年剂量有缺失的从业者,根据其最近两年的剂量监测值给予平均剂量值补充。将研究对象按累积剂量的三分位数分为3组:①低剂量组:≤4.332 mSv;②中剂量组:4.333~15.639 mSv;③高剂量组:>15.639 mSv。

个人年剂量测量使用RGD-3B型热释光剂量仪,并配套GR-200A型热释光剂量片和TLD469型剂量盒测定个人剂量[Hp(10)],热释光剂量仪在中

国计量科学院和中国测试技术研究院进行校准。

(2)血小板、白细胞指标检测及生活方式问卷调查:血小板、白细胞检测采用7600-020日立全自动生化分析仪,并参考GB Z98—2002标准要求并结合临床医学参考值范围判断正常、低于正常和高于正常者。血小板减少:计数 $<100 \times 10^9/L$,血小板升高:计数 $>300 \times 10^9/L$;白细胞减少:计数 $<4.0 \times 10^9/L$,白细胞升高:计数 $>10 \times 10^9/L$ 。

采用自制问卷收集从业者生活方式的相关资料,包括身高、体重、吸烟、饮酒、蔬菜水果量及锻炼等情况。BMI=体重/身高²(kg/m²);吸烟及饮酒参照WHO的定义^[3],即吸烟:一生中连续或累积吸烟6个月或以上者;饮酒:不饮酒:即最近12个月及以上未饮酒者(包括从未饮酒或在最近12个月及以上戒酒者);酗酒:即每月至少一次纯酒精量在60 g及以上者。除不饮酒和酗酒外即为一般饮酒者,饮酒量转化为纯酒精的公式:纯酒精量(g)=饮酒量(ml)×酒精含量(%)×0.8(酒精密度)。

3. 统计学分析:采用SPSS 17.0软件进行统计学分析。采用均数、标准差、构成比等指标对放射从业人员一般人口学特征、放射职业信息及生活方式进行基本描述;采用直线相关分析探讨累积剂量与血小板、白细胞之间的关系,采用协方差分析方法调整可能的混杂因素后,探讨不同累积剂量组对血小板及白细胞的影响;分别以血小板及白细胞是否低于正常为结局,采用多因素logistic回归方法分析调整可能的混杂因素后,探讨累积剂量与不同的生活方式对血小板及白细胞减少症的影响。

结 果

1. 一般资料:2 055名放射从业者的性别、年龄、工种、BMI、吸烟、饮酒、饮绿茶、蔬菜水果量在不同剂量组间的分布均有统计学意义($P<0.05$),见表1。

2. 不同累积剂量分组下放射从业者血小板及白细胞数量的比较及相关分析:协方差分析显示,调整可能的混杂因素后,随着累积剂量的增高,血小板及白细胞数呈下降趋势($F=13.17, P<0.001$; $F=10.42, P<0.001$)。直线相关分析显示,血小板水平随着累积剂量的增高而下降($r=-0.13, P<0.001$)。见表2。

3. 电离辐射与BMI及生活方式联合对从业者血小板及白细胞减少的影响:中等剂量及以上(>4.332 mSv)的电离辐射在不同BMI水平组均是血小板降低的危险因素,随着剂量及BMI水平增加,血

表1 不同累积剂量组下放射从业者的人口学、职业及生活方式分布比较

因素	累积剂量水平 (mSv, $\bar{x} \pm s$)	t 值(P 值)	低剂量组 (n=690)	中剂量组 (n=683)	高剂量组 (n=682)	χ^2 值(P 值)
性别						
男	15.20 ± 13.58		349(50.6)	472(69.1)	557(81.7)	
女	8.21 ± 9.24	13.70(<0.001)	341(49.4)	211(30.9)	125(18.3)	154.15(<0.001)
年龄组(岁)						
18 ~	2.98 ± 2.67		468(67.8)	133(19.5)	1(0.2)	
30 ~	9.47 ± 6.29		148(21.5)	365(53.4)	108(15.8)	
40 ~	16.77 ± 9.97		64(9.3)	149(21.8)	273(40.0)	
≥50	30.85 ± 14.40	852.69(<0.001)	10(1.4)	36(5.3)	300(44.0)	1 428.75(<0.001)
放射接触种类						
医用 X 射线诊断	12.88 ± 12.27		568(82.3)	499(73.1)	530(77.8)	
工业探伤	13.13 ± 11.55		63(9.1)	73(10.7)	70(10.3)	
放射介入	10.31 ± 11.44		41(6.0)	22(3.2)	21(3.1)	
同位素应用	11.72 ± 11.21		14(2.0)	9(1.3)	12(1.8)	
其他	14.67 ± 8.27	1.61(0.17)	4(0.6)	80(11.7)	49(7.2)	99.90(<0.001)
BMI(kg/m ²)						
<24	10.63 ± 11.62		542(78.6)	452(66.2)	333(48.8)	
≥24	17.03 ± 13.65	-10.70(<0.001)	148(21.4)	231(33.8)	349(51.2)	135.18(<0.001)
吸烟						
否	11.06 ± 12.03		535(77.5)	450(65.9)	355(52.1)	
是	16.34 ± 13.33	-8.84(<0.001)	155(22.5)	233(34.1)	327(47.9)	99.57(<0.001)
饮酒						
否	11.59 ± 11.53		516(74.8)	409(59.9)	375(55.0)	
是	15.15 ± 12.82	-6.16(<0.001)	174(25.2)	274(40.1)	307(45.0)	64.61(<0.001)
饮绿茶						
否	10.48 ± 10.58		220(31.9)	186(27.2)	142(20.8)	
是	13.77 ± 13.34	-5.81(<0.001)	470(68.1)	497(72.8)	540(79.2)	21.92(<0.001)
体育锻炼(次/周)						
≤1	13.22 ± 12.27		234(33.9)	260(38.1)	260(38.1)	
>1	12.71 ± 13.01	0.90(0.37)	456(66.1)	423(61.9)	422(61.9)	3.47(0.18)
蔬菜水果量(g/d)						
≤500	12.13 ± 12.00		364(52.8)	403(59.0)	343(50.3)	
>500	13.80 ± 13.52	-2.93(0.003)	326(47.2)	280(41.0)	339(49.7)	11.13(<0.05)

注:括号外数据为人数,括号内数据为构成比(%)

表2 不同辐射累积剂量组与血小板、白细胞的影响分析

累积剂量组 (mSv)	血小板		白细胞	
	计数(10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	预测 \bar{x}^a (95%CI)	计数(10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	预测 \bar{x}^a (95%CI)
≤4.332	186.51 ± 58.37	183.03(178.71 ~ 187.34)	6.34 ± 1.54	6.40(6.28 ~ 6.51)
4.333 ~	178.82 ± 56.84	179.15(174.93 ~ 183.36)	6.32 ± 1.54	6.34(6.22 ~ 6.45)
>15.639	170.02 ± 55.97	173.22(168.87 ~ 177.57)	6.30 ± 1.57	6.23(6.12 ~ 6.35)
F 值(P 值)	14.35(<0.001)	13.17(<0.001)	0.15(0.87)	10.42(<0.001)
r 值(P 值) ^b	-0.13(<0.001)	-	-0.01(0.65)	-

注: ^a控制了性别、年龄、BMI、是否吸烟、是否饮酒、是否饮绿茶、体育锻炼情况、蔬菜、水果量后,不同剂量组下的血液指标的调整均值; ^b累积剂量与血液指标的相关分析

血小板降低风险增加(趋势检验 $P < 0.05$)。高剂量暴露(> 15.639 mSv)合并吸烟是血小板降低的危险因素($OR = 2.33, 95\%CI: 1.23 \sim 4.44$)。中等剂量及以上(> 4.332 mSv)暴露合并锻炼 > 1 次/周是血小板降低的危险因素,且随着剂量增加,血小板降低风险增加(趋势检验 $P < 0.05$)。中等剂量及以上(> 4.332 mSv)暴露合并蔬菜水果量 > 500 g/d是降低血小板的风险,且随着剂量增加,血小板降低风险增加(趋势检验 $P < 0.05$)。未发现电离辐射剂量与饮酒、

饮茶的合并变量对血小板减少症的影响。低剂量(≤ 4.332 mSv)合并锻炼 > 1 次/周是血小板降低的保护因素($OR = 0.26, 95\%CI: 0.09 \sim 0.70$) (表3)。高剂量(> 15.639 mSv)暴露并不饮酒组是白细胞降低的危险因素($OR = 2.18, 95\%CI: 1.02 \sim 4.63$)。未发现其他合并变

量对白细胞减少的影响。

讨 论

本研究对 2013—2015 年成都市 2 055 名从业者职业健康体检血小板及白细胞检测结果进行分析,结果显示,血小板低于正常 132 例(6.4%),高于正常 59 例(2.9%);白细胞低于正常 60 例(2.9%),高于正常 51 例(2.5%),提示低剂量电离辐射对血液指标有影响,且血小板及白细胞表现为辐射的损伤效应。

表3 不同辐射累积剂量组、BMI及生活方式对血小板、白细胞减少症的联合作用分析

不同辐射剂量联合其他变量 ^a	血小板		OR值(95%CI)	白细胞		OR值(95%CI) ^a
	正常(n=1 864)	减少(n=132)		正常(n=1 944)	减少(n=60)	
低剂量×BMI<24	506(27.1)	20(15.2)	1.00	514(26.4)	15(25.0)	1.00
低剂量×BMI≥24	139(7.5)	6(4.5)	1.05(0.41 ~ 2.67)	139(7.2)	3(5.0)	0.77(0.22 ~ 2.71)
中剂量×BMI<24	407(21.8)	32(24.2)	1.94(1.09 ~ 3.46)	429(22.1)	13(21.7)	1.02(0.48 ~ 2.18)
中剂量×BMI≥24	206(11.1)	17(12.9)	1.95(0.99 ~ 3.87)	221(11.4)	3(5.0)	0.48(0.14 ~ 1.70)
高剂量×BMI<24	296(15.9)	27(20.5)	2.20(1.20 ~ 4.03)	314(16.2)	17(28.3)	1.92(0.93 ~ 3.95)
高剂量×BMI≥24	310(16.6)	30(22.7)	2.28(1.25 ~ 4.17)	327(16.8)	9(15.0)	0.97(0.41 ~ 2.31)
趋势检验P值	<0.05			0.71		
低剂量×不吸烟	498(26.7)	19(14.4)	1.00	508(26.1)	15(25.0)	1.00
低剂量×吸烟	147(7.9)	7(5.3)	1.14(0.46 ~ 2.82)	145(7.5)	3(5.0)	0.71(0.20 ~ 2.57)
中剂量×不吸烟	401(21.5)	33(25.0)	2.14(1.20 ~ 3.84)	431(22.2)	11(18.3)	0.87(0.39 ~ 1.92)
中剂量×吸烟	212(11.4)	16(12.1)	1.70(0.82 ~ 3.52)	219(11.3)	5(8.3)	0.87(0.29 ~ 2.57)
高剂量×不吸烟	313(16.8)	28(21.2)	2.18(1.18 ~ 4.02)	337(17.3)	15(25.0)	1.75(0.83 ~ 3.69)
高剂量×吸烟	293(15.7)	29(22.0)	2.33(1.23 ~ 4.44)	304(15.6)	11(18.3)	1.44(0.61 ~ 3.42)
趋势检验P值	0.12			0.49		
低剂量×锻炼≤1次/周	221(11.9)	7(5.3)	1.00	215(11.1)	12(20.0)	1.00
低剂量×锻炼>1次/周	424(22.7)	19(14.4)	1.47(0.61 ~ 3.57)	438(22.5)	6(10.0)	0.26(0.09 ~ 0.70)
中剂量×锻炼≤1次/周	235(12.6)	18(13.6)	2.36(0.96 ~ 5.79)	248(12.8)	5(8.3)	0.38(0.13 ~ 1.10)
中剂量×锻炼>1次/周	378(20.3)	31(23.5)	2.55(1.10 ~ 5.93)	402(20.7)	11(18.3)	0.55(0.24 ~ 1.29)
高剂量×锻炼≤1次/周	237(12.7)	17(12.9)	2.08(0.83 ~ 5.21)	243(12.5)	9(15.0)	0.85(0.34 ~ 2.13)
高剂量×锻炼>1次/周	369(19.8)	40(30.3)	3.32(1.44 ~ 7.66)	398(20.5)	17(28.3)	0.94(0.43 ~ 2.07)
趋势检验P值	<0.05			0.73		
低剂量×蔬菜水果量≤500 g/d	341(18.3)	13(9.8)	1.00	342(17.6)	12(20.0)	1.00
低剂量×蔬菜水果量>500 g/d	304(16.3)	13(9.8)	1.22(0.55 ~ 2.69)	311(16.0)	6(10.0)	0.51(0.19 ~ 1.39)
中剂量×蔬菜水果量≤500 g/d	369(19.8)	23(17.4)	1.51(0.72 ~ 3.17)	386(19.9)	8(13.3)	0.51(0.19 ~ 1.38)
中剂量×蔬菜水果量>500 g/d	244(13.1)	26(19.7)	2.61(1.23 ~ 5.55)	264(13.6)	8(13.3)	0.73(0.27 ~ 2.02)
高剂量×蔬菜水果量≤500 g/d	306(16.4)	26(19.7)	2.25(0.99 ~ 5.09)	318(16.4)	15(25.0)	1.48(0.55 ~ 4.03)
高剂量×蔬菜水果量>500 g/d	300(16.1)	31(23.5)	2.93(1.27 ~ 6.74)	323(16.6)	11(18.3)	1.11(0.37 ~ 3.28)
趋势检验P值	<0.05			0.64		

注：^a调整年龄、BMI、吸烟、饮酒、饮茶、体育锻炼、蔬菜水果量；低剂量：累积剂量≤4.332 mSv；中剂量：累积剂量4.333 ~ 15.639 mSv；高剂量：累积剂量>15.639 mSv

在调整了性别、年龄、BMI等可能的混杂因素后发现，随着累积剂量增高，血小板及白细胞呈下降趋势。电离辐射造成白细胞及血小板减少的主要原因是造血祖细胞的损失，造血祖细胞能增殖及发育成为成熟的嗜中性粒细胞、红细胞及血小板。有研究表明，电离辐射可引起嗜中性粒细胞及血小板减少^[1-2]。吴旭梅等^[4]对唐山市1 392名放射从业人员的研究发现，放射从业者的血小板及白细胞数量均低于对照组。马庆录^[5]对青海省1 186名放射从业者的研究发现，放射从业者血小板降低总检出率为28.64%，高于对照组，差异有统计学意义(P<0.05)。

本研究调整了年龄、BMI等可能的混杂因素后，中等剂量及以上(>4.332 mSv)暴露组随着BMI水平增加，风险增加愈明显，因此，提示放射从业者中超重或肥胖可能加强电离辐射的损伤效应。肥胖引起血小板减少的生物学机制尚未完全明确，但有研究表明，肥胖者外周血小板聚集性增强，导致血小板的消耗和破坏增加，从而引起血小板数量减少^[6-8]。

刘倩等^[9]对BMI与血小板参数的相关研究表明，超重和肥胖组外周血小板计数均低于正常体重组。

本研究发现累积暴露剂量增加及合并吸烟是血小板减少的危险因素，提示吸烟可能加强电离辐射的损伤效应。阮琴和陈策^[10]在吸烟对小鼠血小板数的研究中发现：香烟烟熏组小鼠的血小板数显著低于对照组，提示吸烟可能引起小鼠的血小板数降低。血小板数量减少可能与香烟对骨髓造成损伤从而使骨髓巨核细胞胞质断裂生成血小板减少有关，具体机制还有待进一步的实验研究验证。另有研究表明，吸烟使血管内皮损伤同时能抑制血小板膜表面的一氧化氮合酶活性，使血小板膜表面的黏附分子表达，从而使血小板活化、黏附和聚集增加，导致血小板消耗性减少^[11-12]。

本研究发现中等剂量及以上(>4.332 mSv)暴露合并蔬菜水果(>500 g/d)、锻炼(>1次/周)是血小板降低的危险因素。研究表明，适量体育锻炼可以提高机体的免疫系统功能及预防循环中白细胞减

少^[13]。加强体育锻炼、多摄入蔬菜水果是健康的保护因素,但本次研究中的联合分析中未发现锻炼和蔬菜水果对血小板降低的保护作用,可能是由于对蔬菜水果量及锻炼进行分组分析或问卷调查中存在信息偏倚导致。本研究未发现剂量与饮酒的联合作用对白细胞的影响,一方面可能与本次研究的样本量较少有关,另一方面,可能是由于饮酒对白细胞降低的作用不明显。

本研究考虑的混杂因素较为全面,采用多因素 logistic 回归分析方法进行了调整,初步探索了低剂量电离辐射与生活方式的联合作用对血小板及白细胞的影响,方法得当,结果较为可靠。但机体血象变化是一个动态变化过程,本研究仅收集了一次血小板及白细胞的指标结果,可能限制了研究效能。后续研究可以建立放射从业者随访队列,收集放射从业者血小板及白细胞指标的动态变化情况,进一步探讨低剂量电离辐射与生活方式的联合作用对放射从业者血小板及白细胞的影响。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Suryavanshi S, Sharma D, Checker R, et al. Amelioration of radiation-induced hematopoietic syndrome by an antioxidant chlorophyllin through increased stem cell activity and modulation of hematopoiesis[J]. *Free Radic Biol Med*, 2015, 85: 56-70. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2015.04.007.
- [2] Heydarheydari S, Haghparsat A, Eivazi MT. A novel biological dosimetry method for monitoring occupational radiation exposure in diagnostic and therapeutic wards: from radiation dosimetry to biological effects[J]. *J Biomed Phys Eng*, 2016, 6 (1):21-26.
- [3] World Health Organization. Global status report on alcohol and health 2014[R]. Geneva: WHO, 2014:32-35.
- [4] 吴旭梅,钱庆增,曹向可,等. 电离辐射对放射工作人员血象的影响[J]. *中国煤炭工业医学杂志*, 2013, 16(10): 1669-1672. DOI: 10.11723/mtgyyx1007-9564201310041.
Wu XM, Qian QZ, Cao XK, et al. Effect of ionizing radiation on hemogram of radiologic workers[J]. *Chin J Coal Ind Med*, 2013, 16(10):1669-1672. DOI:10.11723/mtgyyx1007-9564201310041.
- [5] 马庆录. 青海省放射工作人员健康状况调查[J]. *中国辐射卫生*, 2009, 18(1):61-63. DOI:10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2009.01.026.
Ma QL. Investigation of radiation workers' health conditions in Qinghai province[J]. *Chin Radio Health*, 2009, 18(1): 61-63. DOI: 10.13491/j.cnki.issn.1004-714x.2009.01.026.
- [6] Reiner AP, Siscovick DS, Rosendaal FR. Hemostatic risk factors and arterial thrombotic disease[J]. *Thromb Haemost*, 2001, 85 (4):584-595.
- [7] Davi G, Guagnano MT, Ciabattini G, et al. Platelet activation in obese women: role of inflammation and oxidant stress[J]. *JAMA*, 2002, 288(16): 2008-2014. DOI: 10.1001/jama.288.16.2008.
- [8] 焦付丰,陈振祥,张春雷. 超重及肥胖者凝血、抗凝血、纤溶指标的变化及意义[J]. *检验医学*, 2004, 19(2): 109-111. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8640.2004.02.014.
Jiao FF, Chen ZX, Zhang CL. Changes of coagulation, anticonculation and fibrinolysis markers and its clinical significance in overweight and obesity groups[J]. *Lab Med*, 2004, 19(2): 109-111. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8640.2004.02.014.
- [9] 刘倩,姜春艳,王玲,等. 老年 2 型糖尿病患者体质量指数和腰臀比与血小板参数的相关性研究[J]. *重庆医学*, 2015, 44(30): 4177-4179, 4182. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2015.30.001.
Liu Q, Jiang CY, Wang L, et al. The relevance between body mass index and waist-to-hip ratio with platelet parameters in gerontol patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Chongqing Med*, 2015, 44(30): 4177-4179, 4182. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2015.30.001.
- [10] 阮琴,陈策. 被动吸烟对小鼠生长性能及部分血液生理指标的影响[J]. *浙江师范大学学报:自然科学版*, 2010, 33(4): 448-451. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5051.2010.04.017.
Ruan Q, Chen C. Effects of passive smoking on the growth and blood physiological parameters of mice[J]. *J Zhejiang Nor Univ: Nat Sci*, 2010, 33(4): 448-451. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5051.2010.04.017.
- [11] 李尤. 吸烟对血小板体积和膜流动性的影响及机制研究进展[J]. *医学综述*, 2014, 20(23): 4244-4246. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.23.008.
Li Y. Research progress in the effect of smoking on platelet volume and membrane fluidity and its mechanisms[J]. *Med Rec*, 2014, 20(23): 4244-4246. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.23.008.
- [12] Barua RS, Ambrose JA, Srivastava S, et al. Reactive oxygen species are involved in smoking-induced dysfunction of nitric oxide biosynthesis and upregulation of endothelial nitric oxide synthase: an in vitro demonstration in human coronary artery endothelial cells[J]. *Circulation*, 2003, 107(18): 2342-2347. DOI: 10.1161/01.CIR.0000066691.52789.BE.
- [13] 马彧旻. 浅谈运动对外周血白细胞数的影响[J]. *中国伤残医学*, 2013, 21(5):264-265.
Ma YM. Analyzing the affect of exercise to blood leukocyte count[J]. *Chin J Trauma Dis Med*, 2013, 21(5):264-265.

(收稿日期:2016-07-02)

(本文编辑:万玉立)