

# 江苏省某社区老年人多氯联苯内暴露水平与血常规指标的关联

赵惠涓<sup>1</sup>, 潘臣炜<sup>2</sup>, 郑唯韡<sup>1</sup>

1. 复旦大学公共卫生学院环境卫生学教研室/公共卫生安全教育部重点实验室/卫生部卫生技术评估重点实验室, 上海 200032  
2. 苏州大学医学部公共卫生学院, 江苏 苏州 215123

## 摘要:

**[背景]** 孕期暴露多氯联苯 (PCBs) 可影响血液学指标, 抑制胎儿早期免疫应答, 但目前老年人的相关研究有限。

**[目的]** 探索 PCBs 内暴露水平与老年人群外周血常规指标的关联。

**[方法]** 于 2014 年 8 月—2015 年 2 月对江苏省某社区 150 名 60 岁以上老年人群进行血常规检查和基本信息调查。用气相色谱-质谱联用法测定血浆中 6 种 PCBs 同系物 (PCB28、PCB52、PCB101、PCB138、PCB153、PCB180) 浓度。采用多重线性回归模型, 以对数转换后的血常规指标水平作为应变量, 以检出率高于 50% 的 PCB101、3 种低氯同系物的浓度之和 ( $\Sigma_3$ LPCBs)、6 种 PCBs 同系物浓度之和 ( $\Sigma_6$ PCBs) 作为自变量, 在控制年龄、性别、受教育程度、婚姻、人均月收入水平、吸烟、饮酒、慢性疾病的混杂因素后, 评价社区老人血浆 PCBs 水平与其血常规指标及血常规相关参数的关联。

**[结果]** 在 150 名研究对象中, 92.67% 社区老人的血浆中检出了至少一种 PCBs 同系物。在 6 种同系物中, PCB101 检出率最高 (72.67%), 其中位质量分数为  $9.38 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)。 $\Sigma_3$ LPCBs 的中位质量分数为  $18.96 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计),  $\Sigma_6$ PCBs 的中位质量分数为  $33.68 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)。在社区老人 23 项血常规指标中, 白细胞、红细胞和血小板数的中位值 (IQR) 分别为  $5.16 \times 10^9$  ( $1.90 \times 10^9$ )、 $4.56 \times 10^{12}$  ( $0.53 \times 10^{12}$ )、 $157.50 \times 10^9$  ( $61.25 \times 10^9$ )  $\text{L}^{-1}$ 。多重线性回归结果显示, 随着血浆中  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平每增加 1 个 IQR [ $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)], 淋巴细胞数 (-4.77%, 95% CI: -8.53%~-1.01%)、淋巴细胞比值 (-3.57%, 95% CI: -6.42%~-0.72%) 的减少, 中性粒细胞比值 (1.97%, 95% CI: 0.24%~3.71%) 的增加, 红细胞平均体积 (-0.52%, 95% CI: -0.99%~-0.05%)、平均血红蛋白量 (-0.62%, 95% CI: -1.16%~-0.09%) 的减少均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。随着血浆中 PCB101 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平每增加 1 个 IQR [8.8、12.3  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)], 血小板数 (-2.93%, 95% CI: -5.58%~-0.29%; -3.60%, 95% CI: -6.90%~-0.30%)、血小板分布宽度 (-3.17%, 95% CI: -5.48%~-0.85%; -3.58%, 95% CI: -6.47%~-0.69%) 的降低和血小板压积 (1.27%, 95% CI: 0.35%~2.19%; 1.53%, 95% CI: 0.38%~2.67%) 的增高具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。随着血浆中 PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平每增加 1 个 IQR [8.8、7.7、12.3  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)], 大型血小板比值 (3.17%, 95% CI: 0.50%~5.84%; 3.50%, 95% CI: 0.32%~6.68%; 3.99%, 95% CI: 0.68%~7.31%) 的增加也具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。随着  $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR ([ $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (以每克脂肪计)], 淋巴细胞-单核细胞比值的增加百分比为 16.44% (95% CI: 1.41%~31.48%,  $P < 0.05$ )。

**[结论]** 该社区老人 PCBs 内暴露水平可能与血常规指标中白细胞、红细胞和血小板的数量和形态改变有关。

**关键词:** 多氯联苯; 血常规指标; 老年人

**Association of plasma polychlorinated biphenyls concentrations and blood routine indicators in community-dwelling older adults in a city in Jiangsu Province** ZHAO Huijuan<sup>1</sup>, PAN Chenwei<sup>2</sup>, ZHENG Weiwei<sup>1</sup> (1. Department of Environmental Health/Key Laboratory of Public Health Safety, Ministry of Education/Key Laboratory of Health Technology Assessment, National Health Commission of the People's Republic of China, School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. School of Public Health, Medical College of Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215123, China)

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2021.21076

## 基金项目

国家自然科学基金项目 (81773379); 上海市第五轮公共卫生体系建设三年行动计划项目 (GWV-1.1&GWV-10.1-XK08)

## 作者简介

赵惠涓 (1994—), 女, 硕士生;  
E-mail: 18211020123@fudan.edu.cn

## 通信作者

郑唯韡, E-mail: weiweizheng@fudan.edu.cn

## 伦理审批

已获取

## 利益冲突

无申报

## 收稿日期

2021-02-28

## 录用日期

2021-07-23

## 文章编号

2095-9982(2021)10-1126-08

## 中图分类号

R12

## 文献标志码

A

## ► 引用

赵惠涓, 潘臣炜, 郑唯韡. 江苏省某社区老年人多氯联苯内暴露水平与血常规指标的关联 [J]. 环境与职业医学, 2021, 38 (10): 1126-1133.

## ► 本文链接

[www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21076](http://www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21076)

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

ZHENG Weiwei, E-mail: weiweizheng@fudan.edu.cn

## Ethics approval

Obtained

## Competing interests

None declared

## Received

2021-02-28

## Accepted

2021-07-23

## ► To cite

ZHAO Huijuan, PAN Chenwei, ZHENG Weiwei. Association of plasma polychlorinated biphenyls concentrations and blood routine indicators in community-dwelling older adults in a city in Jiangsu Province[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2021, 38(10): 1126-1133.

## ► Link to this article

[www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21076](http://www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2021.21076)

**Abstract:**

**[Background]** Exposure to polychlorinated biphenyls (PCBs) during pregnancy can affect hematological indicators and has the potential to reduce immune response during early pregnancy, but there are limited studies on their adverse health effects on older adults.

**[Objective]** This study explores the associations between plasma PCBs levels and blood routine indicators in community-dwelling older adults.

**[Methods]** From August 2014 to February 2015, a total of 150 community-dwelling adults above 60 years old were recruited, and routine blood examinations and basic information surveys were conducted. The exposure levels of six PCB congeners (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153, and PCB180) in plasma were detected by gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS). The associations of the concentrations of PCB101 (positive rate above 50%), the sum of three low chlorinated congeners ( $\Sigma_3$ LPCBs), and the sum of six PCBs ( $\Sigma_6$ PCBs) with blood routine indicators or ratio indicators were analyzed using multiple linear regression models adjusted for sex, age, education level, marital status, monthly income per capita, smoking, drinking, and chronic diseases.

**[Results]** At least one PCBs congener was positive in 92.67% of the 150 community-dwelling older adults. Among the six congeners, PCB101 showed the highest positive rate (72.67%), with a median of  $9.38 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid). The median concentrations of  $\Sigma_3$ LPCBs and  $\Sigma_6$ PCBs were  $18.96$  and  $33.68 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid) respectively. The medians [interquartile ranges, (IQR)] of counts of white blood cells, red blood cells, and platelets of the elderly were  $5.16\times 10^9$  ( $1.90\times 10^9$ ),  $4.56\times 10^{12}$  ( $0.53\times 10^{12}$ ), and  $157.50\times 10^9$  ( $61.25\times 10^9$ )  $\text{L}^{-1}$ , respectively. The multiple linear regression results showed that for every IQR increase in exposure level of  $\Sigma_6$ PCBs in plasma [ $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid)], the lymphocyte count ( $-4.77\%$ , 95% CI:  $-8.53\%$  -  $-1.01\%$ ) and lymphocyte percentage ( $-3.57\%$ , 95% CI:  $-6.42\%$  -  $-0.72\%$ ) decreased significantly, the neutrophil percentage ( $1.97\%$ , 95% CI:  $0.24\%$  -  $3.71\%$ ) increased significantly, and the mean corpuscular volume ( $-0.52\%$ , 95% CI:  $-0.99\%$  -  $-0.05\%$ ) and mean corpuscular hemoglobin ( $-0.62\%$ , 95% CI:  $-1.16\%$  -  $-0.09\%$ ) decreased ( $P < 0.05$ ). For every IQR increase in exposure levels of PCB101 and  $\Sigma_6$ PCBs in plasma [ $8.8$  and  $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid)], the decrease of platelet count ( $-2.93\%$ , 95% CI:  $-5.58\%$  -  $-0.29\%$ ;  $-3.60\%$ , 95% CI:  $-6.90\%$  -  $-0.30\%$ ) and platelet distribution width ( $-3.17\%$ , 95% CI:  $-5.48\%$  -  $-0.85\%$ ;  $-3.58\%$ , 95% CI:  $-6.47\%$  -  $-0.69\%$ ) and the increase of platelet hematocrit ( $1.27\%$ , 95% CI:  $0.35\%$  -  $2.19\%$ ;  $1.53\%$ , 95% CI:  $0.38\%$  -  $2.67\%$ ) showed significant differences ( $P < 0.05$ ). For every IQR increase in exposure levels of PCB101,  $\Sigma_3$ LPCBs, and  $\Sigma_6$ PCBs in plasma [ $8.8$ ,  $7.7$ , and  $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid)], the increase of platelet-large cell ratio ( $3.17\%$ , 95% CI:  $0.50\%$  -  $5.84\%$ ;  $3.50\%$ , 95% CI:  $0.32\%$  -  $6.68\%$ ;  $3.99\%$ , 95% CI:  $0.68\%$  -  $7.31\%$ ) showed significant differences ( $P < 0.05$ ). Additionally, an IQR increment in  $\Sigma_6$ PCBs [ $12.3 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (calculated by lipid)] was significantly associated with the percentage changes of lymphocytes-to-monocytes ratio, which was  $16.44\%$  (95% CI:  $1.41\%$  -  $31.48\%$ ,  $P < 0.05$ ).

**[Conclusion]** Exposure to PCBs in plasma may lead to quantitative and morphological changes of white blood cells, red blood cells, and platelets in selected community-dwelling older adults.

**Keywords:** polychlorinated biphenyls; blood routine; the elderly

多氯联苯 (polychlorinated Biphenyls, PCBs) 是联合国环境规划署首批禁用的 12 种持久性有机污染物之一。此类化合物是一组人工合成的有机氯化物, 共有 209 种同系物<sup>[1]</sup>。由于 PCBs 具有致癌性、免疫毒性和神经毒性, 世界各国已禁止生产和使用。然而, 我国 PCBs 存在非故意泄漏的现象, 且 PCBs 具有长期残留性, 这些因素造成当前我国环境和生物样本中仍然可以检测到 PCBs<sup>[2]</sup>。欧洲食品安全局提出以 PCBs 的 6 种同系物作为 PCBs 污染的指示物, 即 PCB28、PCB52、PCB101、PCB138、PCB153、PCB180<sup>[3]</sup>。

膳食摄入是人类暴露于 PCBs 的主要途径, 易感人群为儿童和老人<sup>[4]</sup>。动物实验和流行病学研究均表明, PCBs 具有免疫毒性<sup>[5-6]</sup>。此外, 孕期 PCBs 暴露可影响血液学指标, 抑制胎儿早期免疫应答<sup>[7]</sup>。由于血常规中多项指标对机体的病理变化敏感, 而目前尚缺乏 PCBs 暴露对老年人健康危害的相关研究, 故本研究以江苏省某社区为研究现场, 探索性研究 PCBs 内暴露与老年人血常规指标的关联, 旨在为评估该类持久性有机污染物的健康风险提供科学依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究为横断面调查研究, 于 2014 年 8 月—2015 年 2 月在江苏省某社区对 60 岁以上的老人进行调查。官方数据记录 60 岁以上的老人为 6030 名, 排除调查时已从当地迁出、在当地居住少于 6 个月者, 有 5613 人符合纳入条件, 其中 4611 人于 2014 年 8 月—2015 年 2 月进行了临床检查 (包括血常规检查), 最终有 4579 人完成了 1 份结构式调查问卷并提供了血液样本。本研究根据研究对象样本编号, 选择了一段 150 人的连续样本, 获取其临床检查、血脂检查和血常规检查结果, 并根据结构式调查问卷采集其基本信息。从调查对象采集血样后随即分离血浆, 尽快转入  $-80^\circ\text{C}$  冰箱保存备用。本研究经复旦大学公共卫生学院医学伦理委员会批准 (编号: IRB#2017-TYSQ-03-30)。在本研究的招募阶段, 所有参与者都自愿签署了书面知情同意。

### 1.2 调查方法

结构式调查问卷主要包含三方面内容。1) 社区老人的基本人口学特征。2) 生活方式: 是否吸烟, 包括

主动或被动吸烟。主动吸烟是通过询问目前和终生的吸烟习惯获得,包括当前吸烟和前吸烟史。当前吸烟定义为定期吸烟(持续时间大于6个月),前吸烟史是指有超过6个月的吸烟史且目前(在调查期)没有吸烟。被动吸烟定义为参与者童年期或成年期家庭中有吸烟者,每周被动吸烟超过1次且持续超过1年。近期饮酒定义为近3个月内饮酒。每天运动定义为每天进行散步、跳舞、太极拳或其他运动。3) 疾病史:即是否有临床确诊的高血压、糖尿病。如果他们的回答是肯定的,则进一步获取其是否正在使用慢性治疗药物或抗炎药物。

### 1.3 血浆 PCBs 水平的测定

**1.3.1 主要仪器与试剂** TSQ8000 EVO 三重四极杆气质配 Trace1300 气相色谱系统(Thermo Fisher, 美国), Cobas 501 全自动生化分析仪(罗氏, 瑞士), XP105 电子天平(Mettler Toledo, 瑞士), CT15RE 台式微量高速冷冻离心机(Hitachi, 日本), TG-5MS 30m×0.25 mm×0.25 μm 气相色谱柱(Thermo Fisher, 美国), 6种 PCBs 标准品(PCB28、PCB52、PCB101、PCB138、PCB153 和 PCB180)(Dr. Ehrenstorfer, 德国;纯度>98.0%), 正己烷、乙酸乙酯(Sigma-Aldrich, 美国;色谱纯), 浓硫酸(国药, 中国;分析纯), 无水硫酸钠(南化一厂, 中国;分析纯)。

**1.3.2 样本前处理和仪器检测** 按照美国环境保护署的方法<sup>[8]</sup>, 建立血浆中6种指示性 PCBs (PCB28、PCB52、PCB101、PCB138、PCB153 和 PCB180) 的分析方法。取 200 μL 血浆与 3 mL 乙酸乙酯/正己烷(V/V, 1:1) 混合, 提取上清液, 重复提取2次。将上清液合并后 40°C 水浴氮吹至干, 与 400 μL 正己烷充分混合后, 与 400 μL 的浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 混匀, 提取上清液过装有硫酸钠的有机滤膜, 将 200 μL 滤液移入内插管置于进样瓶中进行气相色谱-串联质谱分析。

气相条件: 载气为高纯氦气, 流速 1 mL·min<sup>-1</sup>。进样口温度为 280°C, 进样量 1 μL。进样模式为脉冲不分流, 不分流压力 276 kPa, 不分流时间 1 min, 分流出口流速 50 mL·min<sup>-1</sup>。色谱柱为 TG-5 MS, 30m×0.25 mm×0.25 μm。升温程序为初始温度 150°C (维持时间 1 min), 以 20°C·min<sup>-1</sup> 升温速率升至 200°C (维持时间 0 min), 以 8°C·min<sup>-1</sup> 升温速率升至 300°C (维持时间 5 min)。质谱条件: 离子源温度为 280°C, 传输线温度 300°C, 碰撞气为氦气; 利用选择反应监测模式检测, 外标法定量。

**1.3.3 PCBs 检测的质量控制** 以 0.05~5.0 ng·mL<sup>-1</sup> PCBs

混合标准溶液 200 μL 测定色谱峰面积, 得到各 PCBs 的标准曲线和线性回归方程。在该范围内, 6种 PCBs 的线性良好, R<sup>2</sup> 均大于 0.9999。以样品质量浓度(后称浓度)低于标准曲线下限 0.05 ng·mL<sup>-1</sup> 的 60%, 即 0.03 ng·mL<sup>-1</sup> 的测定值视为方法检出限(limit of detection, LOD)。加标回收率在 68.40%~135.00% 之间。血浆中脂肪含量来自血脂检查, 血浆 PCBs 水平用脂肪校正, 单位为 ng·g<sup>-1</sup> (以每克脂肪计, 下同)。

### 1.4 统计学分析

问卷数据运用 EpiData 3.1 采用双录入。使用 R 软件(version 4.0.2) 进行统计分析。采用 χ<sup>2</sup> 检验比较纳入人群和总体人群的基本人口学特征。以最小值(Min)、P<sub>25</sub>、P<sub>50</sub>、P<sub>75</sub>、最大值(Max) 和四分位数间距(interquartile range, IQR) 来描述老年人血常规指标结果, 并与参考值范围进行比较<sup>[9-11]</sup>。根据正态性检验结果, 将参与者血常规指标进行对数转换(log<sub>10</sub>)。用几何均数±标准差(GM±SD) 以及 Min、P<sub>25</sub>、P<sub>50</sub>、P<sub>75</sub> 和 Max 来描述老年人血浆中 PCBs 水平的分布情况。对检出率超过 70% 的 PCBs 同系物进一步分析, 低于 LOD 的 PCBs 水平用 LOD/√2 表示。PCB28、PCB52、PCB101 的氯原子小于等于 5 个, 为低氯代 PCBs (lower chlorinated polychlorinated biphenyls, LPCBs), PCB138、PCB153、PCB180 为高氯代 PCBs (higher chlorinated polychlorinated biphenyls, HPCBs)。分别将 3 种低氯同系物之和(Σ<sub>3</sub>LPCBs) 和 6 种同系物之和(Σ<sub>6</sub>PCBs) 纳入分析。因 PCB28、PCB52、PCB138、PCB153、PCB180 和 Σ<sub>3</sub>HPCBs 的检出率低于 50%, 故未单独纳入分析。

采用多因素线性回归模型, 以对数转换后的血常规指标水平为应变量, 在控制相关混杂因素条件下, 比较社区老人血浆 PCBs 水平与血常规指标的关联。同时, 计算中性粒细胞-单核细胞比值、中性粒细胞-淋巴细胞比值、单核细胞-淋巴细胞比值、淋巴细胞-单核细胞比值、血小板-淋巴细胞比值、平均血小板体积-血小板比值、单核细胞-嗜酸性粒细胞比值以及嗜酸性粒细胞-淋巴细胞比值, 并分析社区老人血浆中 PCBs 水平与不同比值的关联。由于血常规指标与吸烟、饮酒、慢性疾病和服药情况等因素关联<sup>[12-14]</sup>, 主要纳入的混杂因素除老年人年龄、性别、受教育程度、婚姻、人均月收入水平外, 还加入了是否主动或被动吸烟, 过去三个月内是否饮酒, 是否患有慢性疾病(高血压或糖尿病)。每个变量的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF) 用于共线性诊

断, VIF>5 诊断为存在共线性问题<sup>[15]</sup>。回归结果以社区老人血浆中 PCBs 每增加 1 个 IQR, 相应血常规指标变化的百分比及其 95% CI 表示。双侧检验, 检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

本研究共纳入了 150 名社区老年人。参与者年龄为 (68.44±6.65) 岁, 男性 71 名 (47.33%), 女性 79 名 (52.67%), 70 人 (46.47%) 未接受过正式教育, 85 人 (56.67%) 已退休; 98 人 (65.33%) 主动或被动吸烟, 32 人近期饮酒 (21.33%), 患高血压或糖尿病的慢性病人数为 77 人 (51.33%), 服用慢性病治疗药物或抗炎药物的人数为 74 人 (49.33%)。为阐明样本的代表性, 本研究将纳入人群的基本特征与总体样本进行比较。与所有 4 579 名社区老人相比, 纳入人群中过去一年处于工作状态的老人的比例更高 (43.33% vs 34.40%,  $P<0.05$ ); 此外, 两组人群在年龄、性别、受教育程度、婚姻状况、人均月收入、主动或被动吸烟、近期饮酒情况方面差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 江苏省某社区老年人的基本特征 [n (%)]  
Table 1 Baseline demographic characteristics of selected community-dwelling older adults in Jiangsu Province [n (%)]

基本特征	纳入人群 (n=150)	总体人群 (n=4579)	P
年龄 / 岁			0.061
60~69	96 (64.00)	3 133 (68.42)	
70~79	42 (28.00)	1 164 (25.42)	
80~89	11 (7.33)	279 (6.09)	
≥90	1 (0.67)	3 (0.07)	
性别			0.929
男	71 (47.33)	2 200 (48.05)	
女	79 (52.67)	2 379 (51.95)	
受教育程度			0.600
无正式教育	70 (46.67)	2 186 (47.74)	
小学	65 (43.33)	1 768 (38.61)	
初中	13 (8.67)	500 (10.92)	
高中或中专	2 (1.33)	109 (2.38)	
大专或大学及以上	0 (0.00)	16 (0.35)	
过去一年的工作状态			0.030
退休	85 (56.67)	3 004 (65.60)	
工作	65 (43.33)	1 575 (34.40)	
婚姻状况			0.792
已婚或同居	129 (86.00)	3 830 (83.64)	
离婚或分居	0 (0.00)	36 (0.79)	
丧偶	21 (14.00)	706 (15.42)	
未婚	0 (0.00)	6 (0.13)	
不详	0 (0.00)	1 (0.02)	

续表 1

基本特征	纳入人群 (n=150)	总体人群 (n=4579)	P
人均月收入 / 元 <sup>#</sup>			0.430
≤1000	94 (62.67)	2 622 (58.19)	
1001~3000	46 (30.67)	1 614 (35.82)	
≥3000	10 (6.67)	270 (5.99)	
主动或被动吸烟 <sup>#</sup>			0.180
否	52 (34.67)	1 837 (40.46)	
是	98 (65.33)	2 703 (59.54)	
过去 3 个月饮酒			0.790
否	118 (78.67)	3 544 (77.40)	
是	32 (21.33)	1 035 (22.60)	
患慢性病 (高血压或糖尿病)			0.339
否	73 (48.67)	2 032 (44.38)	
是	77 (51.33)	2 547 (55.62)	
服用慢性病治疗药物或抗炎药物			0.342
否	76 (50.67)	2 124 (46.39)	
是	74 (49.33)	2 455 (53.61)	

[注] # : 部分数据缺失。

### 2.2 血浆中指示性 PCBs 暴露水平

92.67% 的社区老人至少检出一种 PCBs 同系物。6 种同系物中 PCB101 检出率最高 (72.67%), 其次为 PCB28 (24.00%), PCB138 和 PCB153 检出率较为接近 (分别为 16.00% 和 14.00%), PCB52 和 PCB180 检出率较低 (分别为 0.00% 和 2.00%)。Σ<sub>6</sub>PCBs 的质量分数中位数为 33.68 ng·g<sup>-1</sup>, Σ<sub>3</sub>LPCBs 的质量分数中位数为 18.96 ng·g<sup>-1</sup>, 而 Σ<sub>3</sub>HPCBs 的质量分数 P<sub>75</sub> 为 16.66 ng·g<sup>-1</sup>。在 6 种同系物中, PCB101 的质量分数中位数最高, 为 9.38 ng·g<sup>-1</sup>, PCB138 和 PCB153 质量分数最大值最高, 分别为 215.90、207.50 ng·g<sup>-1</sup>。见表 2。老年人血浆中低氯代 PCBs 同系物之间呈不同程度的相关性 ( $r=0.18\sim0.26$ ,  $P<0.05$ )。

表 2 江苏省某社区老年人血浆中 6 种指示性 PCBs 同系物检出率及暴露水平分布 (n=150)

Table 2 Positive rates and plasma levels of PCBs of selected community-dwelling older adults in Jiangsu Province (n=150)  
单位 (Unit) : ng·g<sup>-1</sup> (以每克脂肪计, calculated by lipid)

PCBs 同系物	检出 [n (%)]	GM (SD)	Min	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	Max
PCB28	36 (24.00)	—	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	13.99
PCB52	0 (0.00)	—	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	6.67
PCB101	109 (72.67)	8.93 (10.12)	<LOD	<LOD	9.38	14.00	101.23
PCB138	24 (16.00)	—	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	215.90
PCB153	21 (14.00)	—	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	207.50
PCB180	3 (2.00)	—	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	30.75
Σ <sub>3</sub> LPCBs	139 (92.67)	16.21 (33.82)	<LOD	16.05	18.96	23.80	108.77
Σ <sub>3</sub> HPCBs	38 (25.33)	—	<LOD	<LOD	<LOD	16.66	223.79
Σ <sub>6</sub> PCBs	139 (92.67)	37.54 (35.77)	<LOD	29.25	33.68	41.53	250.84

[注] LOD : 检出限, 本研究以 0.03 ng·mL<sup>-1</sup> 作为方法检出限; — : 检出率低于 50%, 未计算几何均数。Σ<sub>3</sub>LPCBs 是 3 种低氯代 PCBs (PCB28、PCB52、PCB101) 之和。Σ<sub>3</sub>HPCBs 是 3 种高氯代 PCBs (PCB138、PCB153、PCB180) 之和。Σ<sub>6</sub>PCBs 为 6 种指示性 PCBs 同系物之和。

### 2.3 血常规指标分布情况

社区老人 23 项血常规指标中, 白细胞、红细胞和血小板数的中位数 (IQR) 分别为  $5.16 \times 10^9$  ( $1.90 \times 10^9$ )、 $4.56 \times 10^{12}$  ( $0.53 \times 10^{12}$ )、 $157.50 \times 10^9$  ( $61.25 \times 10^9$ )  $L^{-1}$ 。所

有指标的中位数均在成年人参考值范围内。但除嗜碱性粒细胞数外, 其余 22 项指标均呈现最小值低于或最大值高于参考值范围。见表 3。

表 3 江苏省某社区老年人的血常规指标分布 ( $n=150$ )

Table 3 Distributions of routine blood indicator levels of selected community-dwelling older adults in Jiangsu Province ( $n=150$ )

血常规指标	Min	$P_5$	$P_{25}$	$P_{50}$	$P_{75}$	$P_{95}$	Max	IQR	参考值范围
白细胞									
白细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	2.93	3.48	4.34	5.16	6.24	7.77	11.11	1.90	4~10
中性粒细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	1.31	1.83	2.55	3.14	3.76	5.02	7.30	1.21	2~7
淋巴细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	0.56	0.87	1.18	1.50	1.81	2.70	4.03	0.63	0.8~4
单核细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	0.13	0.19	0.24	0.28	0.38	0.53	0.81	0.14	0.12~0.8
嗜酸性粒细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	0.01	0.04	0.07	0.11	0.19	0.36	1.00	0.12	0.02~0.5
嗜碱性粒细胞数 / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.09	0.02	0~0.1
中性粒细胞比值 / %	33.40	45.46	55.00	61.40	66.75	73.04	79.30	11.75	50~70
淋巴细胞比值 / %	12.60	18.49	25.00	29.40	34.98	43.22	51.10	9.98	20~40
单核细胞比值 / %	3.00	3.75	4.90	5.80	6.70	9.01	10.30	1.80	3~8
嗜酸性粒细胞比值 / %	0.30	0.80	1.50	2.20	3.40	7.61	18.40	1.90	0.5~5
嗜碱性粒细胞比值 / %	0.00	0.20	0.30	0.50	0.70	1.16	1.70	0.40	0~1
红细胞									
红细胞数 / ( $\times 10^{12} L^{-1}$ )	3.55	3.88	4.30	4.56	4.83	5.30	5.88	0.53	4.0~5.5/3.5~5.0 <sup>b</sup>
血红蛋白浓度 / ( $g L^{-1}$ )	103.00	119.00	130.30	138.00	150.00	164.00	185.00	19.75	120~160/110~150 <sup>b</sup>
红细胞比容 / %	32.80	36.35	39.73	42.25	45.58	49.83	57.50	5.85	42~49/37~48 <sup>b</sup>
红细胞平均体积 / fL	77.70	86.67	90.00	92.55	95.50	99.20	104.30	5.50	83.9~99.1/82.6~99.1 <sup>b</sup>
平均血红蛋白量 / pg	24.50	28.20	29.40	30.45	31.48	32.91	34.80	2.08	27~31
均血红蛋白浓度 / ( $g L^{-1}$ )	311.00	317.00	323.00	327.00	333.00	337.00	344.00	10.00	320~360
红细胞分布宽度标准差 / fL	39.80	41.25	43.40	45.30	47.08	50.62	63.80	3.68	35.0~56.0
血小板									
血小板数 <sup>a</sup> / ( $\times 10^9 L^{-1}$ )	75.00	88.35	133.50	157.50	194.80	247.20	339.00	61.25	100~300
平均血小板体积 <sup>a</sup> / fL	6.70	8.04	8.90	9.80	10.70	12.16	13.80	1.80	6.8~13.6
血小板分布宽度 <sup>a</sup> / fL	10.10	12.22	15.80	16.20	16.50	17.40	20.60	0.70	15.5~18.1
血小板压积 <sup>a</sup> / %	0.08	0.10	0.13	0.15	0.19	0.23	0.30	0.06	0.108~0.272/0.114~0.282 <sup>b</sup>
大型血小板比值 <sup>a</sup> / %	9.50	20.68	27.60	33.40	41.20	52.36	62.50	13.60	13~43

[注] a: 部分数据缺失,  $n=149$ 。b: 成年男性 / 成年女性。

### 2.4 老年人血浆中 PCBs 水平与血常规指标的关联

多重线性回归分析中, PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 对白细胞、红细胞和血小板相关指标的估计效应如图 1 所示。

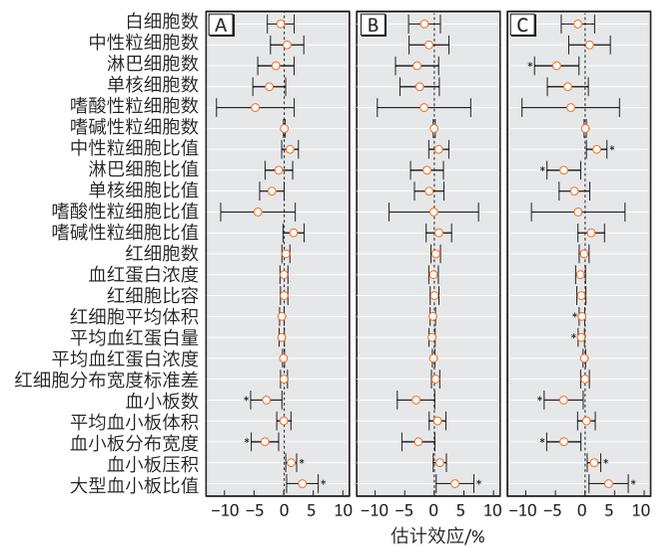
随着社区老人血浆中  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加, 白细胞相关指标中淋巴细胞数、淋巴细胞比值具有下降趋势, 而中性粒细胞比值具有上升趋势。  $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR ( $12.3 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 淋巴细胞数的变化百分比为  $-4.77\%$  ( $95\% \text{ CI} : -8.53\% \sim -1.01\%$ ,  $P < 0.05$ ), 淋巴细胞比值的百分比为  $-3.57\%$  ( $95\% \text{ CI} : -6.42\% \sim -0.72\%$ ,  $P < 0.05$ ), 中性粒细胞比值的百分比为  $1.97\%$  ( $95\% \text{ CI} : 0.24 \sim 3.71$ ,  $P < 0.05$ )。

随着社区老人血浆中  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加, 红细胞相关指标中红细胞平均体积、平均血红蛋白量具有下降趋势。  $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR ( $12.3 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 红细胞平均体积的变化百分比为  $-0.52\%$  ( $95\% \text{ CI} : -0.99\% \sim -0.05\%$ ,  $P < 0.05$ ), 平均血红蛋白量的变化百分比为  $-0.62\%$  ( $95\% \text{ CI} : -1.16\% \sim -0.09\%$ ,  $P < 0.05$ )。

随着社区老人血浆中 PCB101 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加, 血小板相关指标中血小板数和血小板压积具有下降趋势, 而血小板分布宽度具有升高趋势; 而随着社区老人血浆中 PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加, 大型血小板比值均具有升高趋势。 PCB101 和  $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR ( $8.8$ 、 $12.3 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ), 血

血小板数的变化百分比分别为 -2.93% (95% CI : -5.58%~-0.29%,  $P<0.05$ ) 和 -3.60% (95% CI : -6.90%~-0.30%,  $P<0.05$ )，血小板压积的变化百分比分别为 -3.17% (95% CI : -5.48%~-0.85%,  $P<0.05$ ) 和 -3.58% (95% CI : -6.48%~-0.69%,  $P<0.05$ )，血小板分布宽度的变化百分比分别为 1.27% (95% CI : 0.35%~2.19%,  $P<0.05$ ) 和 1.53% (95% CI : 0.38%~2.67%,  $P<0.05$ )。PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR (8.8、7.7、12.3 ng·g<sup>-1</sup>)，大型血小板比值的增加百分比分别为 3.17% (95% CI : 0.50%~5.84%,  $P<0.05$ )、3.50% (95% CI : 0.32%~6.68%,  $P<0.05$ ) 和 3.99% (95% CI : 0.68%~7.31%,  $P<0.05$ )。

分析 PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 对反应指标不同比值的影响，仅发现随社区老人血浆  $\Sigma_6$ PCBs 水平的增加，淋巴细胞-单核细胞比值呈上升趋势，且差异具有统计学意义 ( $P<0.05$ )，其余指标的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。 $\Sigma_6$ PCBs 每增加 1 个 IQR (12.3 ng·g<sup>-1</sup>)，淋巴细胞-单核细胞比值的变化百分比为 16.44% (95% CI : 1.41%~31.48%,  $P<0.05$ )。见表 4。



[注] A : PCB101 ; B :  $\Sigma_3$ LPCBs ; C :  $\Sigma_6$ PCBs。校正性别、年龄、受教育程度、婚姻、人均月收入水平、是否主动或被动吸烟、过去三个月内是否饮酒、是否患有慢性疾病 (高血压或糖尿病)。\* :  $P<0.05$ 。

图 1 社区老年人血浆中 PCBs 暴露水平 (每增加 1 个 IQR) 与其血常规指标的估计效应 (变化值百分比及其 95% CI)

Figure 1 Estimates of blood routine indicators (percentage change and 95% CI) associated with PCBs levels in plasma (per IQR increase) in selected community-dwelling older adults

表 4 社区老年人血浆中 PCBs 暴露水平 (每增加 1 个 IQR) 与两种血细胞比值的估计效应 (变化值百分比及其 95% CI)

Table 4 Estimated associations between plasma PCBs levels (per IQR increase) and two hemocytes ratios in selected community-dwelling older adults (percentage change and 95% CI)

指标	PCB101/%	$\Sigma_3$ LPCBs/%	$\Sigma_6$ PCBs/%
中性粒细胞-单核细胞比值	7.38 (-14.77~29.52)	15.46 (-11.15~42.08)	6.68 (-21.15~34.51)
中性粒细胞-淋巴细胞比值	90.77 (-89.36~270.91)	147.33 (-69.19~363.85)	41.16 (-185.75~268.07)
单核细胞-淋巴细胞比值	-158.12 (-465.65~149.42)	-271.92 (-641.21~97.37)	-62.69 (-450.17~324.79)
淋巴细胞-单核细胞比值	7.79 (-4.31~19.90)	13.27 (-1.24~27.78)	16.44 (1.41~31.48) *
血小板-淋巴细胞比值	458.22 (-488.84~1405.29)	797.36 (-340.22~1934.94)	157.06 (-1035.83~1349.96)
平均血小板体积-血小板比值	0.68 (-0.27~1.62)	1.00 (-0.14~2.13)	1.04 (-0.15~2.22)
单核细胞-嗜酸性粒细胞比值	-5.98 (-14.47~2.51)	-1.88 (-12.18~8.42)	-2.40 (-13.13~8.33)
嗜酸性粒细胞-淋巴细胞比值	-276.97 (-878.54~324.60)	-474.73 (-1197.70~248.24)	-51.96 (-809.58~705.66)

[注] 校正性别、年龄、受教育程度、婚姻、人均月收入水平、是否主动或被动吸烟、过去三个月内是否饮酒、是否患有慢性疾病 (高血压或糖尿病)。\* :  $P<0.05$ 。

### 3 讨论

机体的病变会引起血常规指标的异常<sup>[16]</sup>。既往研究中，PCBs 对血常规指标的效应并不一致<sup>[7, 17]</sup>。本研究发现，随着社区老人血浆中 PCBs 暴露水平的增加，白细胞、红细胞和血小板的数量和形态受到影响，表现为在白细胞相关指标中，社区老人血浆中  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加与淋巴细胞数、淋巴细胞比值的下降相关，与中性粒细胞比值的上升相关；在红细胞相关指标中，社区老人血浆中  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加与红细胞平均体积、平均血红蛋白量的下降相关；在血小板相关指标中，社区老人血浆中 PCB101 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加与血小板数和血小板压积的下降相关，

与血小板分布宽度的升高相关，而社区老人血浆中 PCB101、 $\Sigma_3$ LPCBs 和  $\Sigma_6$ PCBs 暴露水平的增加均与大型血小板比值升高相关。

与我国其他地区非职业暴露和非垃圾拆解区人群的 PCBs 内暴露水平相比，如 2014 年潍坊市、陵水市、怀化市一般成年人血清中 6 种 PCBs 质量分数中位数 (11、14、10 ng·g<sup>-1</sup>)<sup>[17]</sup>，本研究社区老人血浆 6 种 PCBs 质量分数中位数 (33.68 ng·g<sup>-1</sup>) 略高于我国一般成年人指甲中 6 种 PCBs 质量分数中位数 [农村 6.59 ng·g<sup>-1</sup> (干重)，城市 2.74 ng·g<sup>-1</sup> (干重)]<sup>[18]</sup>，这可能与 PCBs 的脂溶性有关，其更易富集于血液样本中。与其他国家非职业暴露和非垃圾拆解区人群的 PCBs 内暴露水

平相比,本研究社区老人血浆PCBs质量分数中位数远低于发达国家,如美国2005—2007年一般成年人血清6种PCBs质量分数中位数为(444.90 ng·g<sup>-1</sup>)<sup>[19]</sup>,日本2012年一般成年人血液中PCB153暴露质量分数中位数为(21.00 ng·g<sup>-1</sup>)<sup>[20]</sup>,略高于黎巴嫩2018年一般成年人血清中6种PCBs质量分数中位数(18.90 ng·g<sup>-1</sup>)<sup>[21]</sup>。

白细胞是人体免疫系统的重要组成部分,红细胞是贫血诊断的主要指标之一,血小板是判断患者有无出血倾向和凝血能力的指标。与前期美国全国健康和营养检查调查(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES)<sup>[23]</sup>和格陵兰出生队列“适应气候变化、环境污染和饮食转变”(Adaption to Climate Change, Environmental Pollution and Dietary Transition, ACCEPT)<sup>[7]</sup>中孕妇的研究结果相同,本研究也发现,随着PCBs暴露浓度升高,红细胞数、平均血红蛋白浓度的改变不具有统计学差异,但淋巴细胞数和淋巴细胞比值下降,随着血浆PCB101和6种PCBs的浓度升高,血小板数降低。前期体外实验也表明血小板活化程度与PCBs的氯取代模式存在直接关系<sup>[24]</sup>。但与前两项研究不同的是,本研究中PCBs暴露水平对白细胞数、红细胞平均体积、平均血红蛋白量的改变不具有统计学意义,这可能与研究对象年龄不同、基础健康状况不一致和样本量不足有关。另外,本研究发现中性粒细胞比值随PCBs暴露水平升高,这可能由于中性粒细胞对PCBs暴露比较敏感。随着PCBs的浓度升高,血小板分布宽度升高,血小板压积降低,大型血小板比值升高。淋巴细胞-单核细胞比值作为机体常见的炎症反应指标<sup>[25-26]</sup>,本研究首次发现,6种PCBs暴露与LMR的变化存在关联,但目前尚无研究表明PCB可引起炎症反应,因此该关联可能仅为统计学关联,需进一步研究。

本研究存在一些局限性:首先,本研究选用非概率抽样方法,导致难以较好的衡量抽样过程中的选择偏倚;其次,问卷调查采用自我报告的方式,容易产生回忆偏倚;同时,本研究为横断面调查,仅有一次血常规指标的检测,存在测量误差或其他未调查因素的影响,因此可能造成信息偏倚。因此,未来需进行前瞻性队列研究,控制研究过程中的回忆偏倚,并使用多次检测的血常规数据控制信息偏倚。

综上,本研究发现,该社区老人PCBs内暴露水平可能与血常规指标中白细胞、红细胞和血小板的数量和形态改变有关,但其机制需进一步阐述。本研究结

果可识别以及防控可能造成社区老年人血常规指标改变的PCBs,从而为降低其潜在健康风险提供科学依据。

## 参考文献

- [1] USEPA (United States Environmental Protection Agency). Non-dioxin-like PCBs: effects and consideration in ecological risk assessment [EB/OL]. [2020-10-03]. <https://www.epa.gov/risk/non-dioxin-pcb-effects-and-consideration-ecological-risk-assessment>.
- [2] SINKKONEN S, PAASIVIRTA J. Degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modeling [J]. *Chemosphere*, 2000, 40 (9/10/11): 943-949.
- [3] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), KNUITSEN H K, ALEXANDER J, et al. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food [J]. *EFSA J*, 2018, 16 (11): e05333.
- [4] USEPA (United States Environmental Protection Agency). Persistent organic pollutants: a global issue, a global response [EB/OL]. [2021-02-08]. <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>.
- [5] FONNUM F, MARIUSSEN E, REISTAD T. Molecular mechanisms involved in the toxic effects of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Brominated Flame Retardants (BFRs) [J]. *J Toxicol Environ Health, Part A*, 2006, 69 (1/2): 21-35.
- [6] VRIJHEID M, CASAS M, GASCON M, et al. Environmental pollutants and child health—A review of recent concerns [J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2016, 219 (4/5): 331-342.
- [7] KNUITSEN A K, LONG M, PEDERSEN H S, et al. Persistent organic pollutants and haematological markers in Greenlandic pregnant women: the ACCEPT sub-study [J]. *Int J Circumpolar Health*, 2018, 77 (1): 1456303.
- [8] United States Environmental Protection Agency. Method 8082A Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by gas chromatography [R]. Washington, DC: USEPA, 2007.
- [9] 李兰英, 袁雄洲, 吕汇慧. 实习医师临床检验手册 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2009: 38-60.  
LI L Y, YUAN X Z, LV H H. Handbook of clinical examination for interns [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2009: 38-60.

- [10] 王金鹏, 潘德军, 牟焕梅, 等. 检验医学质量保证与临床应用 [M]. 济南: 山东人民出版社, 2011: 15-28.  
WANG JP, PAN DJ, MOU HM, et al. Laboratory medicine quality assurance and clinical application [M]. Ji'nan: Shandong People's Publishing House, 2011: 15-28.
- [11] 郑文芝. 临床基础检验学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2006: 20-76.  
ZHENG WZ. Clinical basic laboratory science [M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2006: 20-76.
- [12] BURHANS MS, HAGMAN DK, KUZMA JN, et al. Contribution of adipose tissue inflammation to the development of type 2 diabetes mellitus [J]. *Compr Physiol*, 2018, 9 (1): 1-58.
- [13] RODRIGUEZ-ITURBE B, PONS H, JOHNSON RJ. Role of the Immune System in Hypertension [J]. *Physiol Rev*, 2017, 97 (3): 1127-1164.
- [14] 王万州, 陈俏, 李宏宇, 等. 大气气态污染物对北京市某社区中老年人群血常规指标的影响 [J]. *环境与职业医学*, 2020, 37 (7): 664-671.  
WANG WZ, CHEN Q, LI HY, et al. Effects of gaseous air pollutants on blood routine indicators in elders from a community in Beijing [J]. *J Environ Occup Med*, 2020, 37 (7): 664-671.
- [15] O'BRIEN R M. A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors [J]. *Qual Quant*, 2007, 41 (5): 673-690.
- [16] VIS JY, HUISMAN A. Verification and quality control of routine hematology analyzers [J]. *Int J Lab Hematol*, 2016, 38 (S1): 100-109.
- [17] WANG Q, YUAN H, JIN J, et al. Polychlorinated biphenyl concentrations in pooled serum from people in different age groups from five Chinese Cities [J]. *Chemosphere*, 2018, 198: 320-326.
- [18] MENG HJ, TANG B, ZHENG J, et al. Levels and sources of PBDEs and PCBs in human nails from E-Waste, Urban, and Rural Areas in South China [J]. *Environ Sci: Process Impacts*, 2020, 22 (8): 1710-1717.
- [19] PAVUK M, OLSON JR, SJÖDIN A, et al. Serum concentrations of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in participants of the Anniston community health survey [J]. *Sci Total Environ*, 2014, 473-474: 286-297.
- [20] KISHI R, ARAKI A, MINATOYA M, et al. The Hokkaido birth cohort study on environment and Children's Health: cohort profile—updated 2017 [J]. *Environ Health Prev Med*, 2017, 22 (1): 46.
- [21] HELOU K, MATTA J, HARMOUCHE-KARAKI M, et al. Maternal and cord serum levels of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Organochlorine Pesticides (OCPs) among Lebanese pregnant women and predictors of exposure [J]. *Chemosphere*, 2021, 266: 129211.
- [22] 李妮娇, 姚树坤, 许卫华, 等. 功能性消化不良患者的外周血白细胞分析 [J]. *中国全科医学*, 2021, 24 (12): 1494-1499.  
LI N J, YAO SK, XU WH, et al. Peripheral blood leukocytes in patients with functional dyspepsia [J]. *Chin Gen Pract*, 2021, 24 (12): 1494-1499.
- [23] SERDAR B, LEBLANC W G, NORRIS J M, et al. Potential effects of polychlorinated biphenyls (PCBs) and selected organochlorine pesticides (OCPs) on immune cells and blood biochemistry measures: a cross-sectional assessment of the NHANES 2003—2004 data [J]. *Environ Health*, 2014, 13 (1): 114.
- [24] RAULF M, KÖNIG W. In vitro effects of polychlorinated biphenyls on human platelets [J]. *Immunology*, 1991, 72 (2): 287-291.
- [25] NAPOLI N, KAUFFMANN E, CACACE C, et al. Factors predicting survival in patients with locally advanced pancreatic cancer undergoing pancreatectomy with arterial resection [J]. *Updates Surg*, 2021, 73 (1): 233-249.
- [26] CAZIUC A, SCHLANGER D, AMARINEI G, et al. Neutrophils-to-lymphocytes, lymphocytes to-monocytes and platelets-to-lymphocytes ratios - predictive biomarkers for response to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer [J]. *J BUON*, 2020, 25 (1): 182-187.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)