

上海市2012—2017年非传统严重铅污染行业作业人员血铅水平及影响因素

顾明华¹, 吕玲², 章敏华¹, 包黎明³, 方亚敏¹

摘要:

[目的] 分析上海市非传统严重铅污染行业作业人员的血铅水平,发现该人群血铅水平的流行特征。

[方法] 选择2012—2017年上海市疾病预防控制中心职业健康监护信息系统中非传统严重铅污染行业(机械制造、电子加工、新能源、五金电器、汽车及配件制造等行业)作业人员7382人作为暴露组,另外选择铅作业岗前人员875人作为未暴露组;采集研究对象空腹血样,使用石墨炉原子吸收光谱法测定血铅水平。计算并比较不同分组间血铅限下高值(100~399.9 μg/L)发生率。采用多元logistic回归分析方法建立方程,探讨铅作业暴露、性别、年龄、吸烟、饮酒和铅接触工龄对血铅水平的影响。

[结果] 2012—2017年上海市非传统严重铅污染行业作业人员血铅值 $\geq 400 \mu\text{g/L}$ 的发生数为0;血铅限下高值的发生率为3.10%(229/7382),血铅 $\geq 50 \mu\text{g/L}$ 的发生率为12.07%(891/7382)。多元logistic回归分析结果显示:铅暴露、吸烟和男性是发生血铅限下高值的独立危险因素,其OR(95%CI)分别为1.67(1.03~2.69)、1.58(1.13~2.22)和1.52(1.11~2.10);40岁以上人群的血铅限下高值发生率明显高于30岁以下人群($P < 0.001$)。

[结论] 上海市非传统严重铅污染行业作业人员的血铅处于较低水平。男性、吸烟、较大年龄的铅作业人员应成为职业健康监护的重点。

关键词: 铅; 血铅; 职业暴露; 流行病学

引用: 顾明华, 吕玲, 章敏华, 等. 上海市2012—2017年非传统严重铅污染行业作业人员血铅水平及影响因素[J]. 环境与职业医学, 2018, 35(9): 816-820. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18259

Blood lead levels and related risk factors among workers in non-traditional industries with heavy lead pollution in Shanghai in 2012–2017 GU Ming-hua¹, LÜ Ling², ZHANG Min-hua¹, BAO Li-ming³, FANG Ya-min¹ (1.Department of Occupational Health Surveillance, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2.Department of Occupational Diseases, Huashan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200040, China; 3.Geisel School of Medicine at Dartmouth College, New Hampshire NH03755, USA). Address correspondence to LÜ Ling, E-mail: huashanlvling@sina.com; ZHANG Min-hua, E-mail: zhangminhua@scdc.sh.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To analyze the blood lead levels of workers in non-traditional industries with heavy lead pollution in Shanghai, and describe the epidemiological pattern of blood lead levels in this population.

[Methods] We selected 7382 lead workers engaged in non-traditional heavy lead pollution industries including machinery manufacturing, electronic processing, new energy, electric hardware, and automobile and accessories manufacturing as exposure group and another 875 pre-service workers as non-exposure group from the occupational Health Surveillance Information System of Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention in 2012–2017. Fasting blood samples were collected from all subjects. Graphite furnace atomic absorption spectrometric method was applied to measure the blood lead levels. We compared the incidence of high blood lead (100–399.9 μg/L) among different groups. Multiple logistic

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[作者简介] 顾明华(1976—), 男, 学士, 副主任医师; 研究方向: 职业健康监护、职业病防治; E-mail: guminghua@scdc.sh.cn

[通信作者] 吕玲, E-mail: huashanlvling@sina.com; 章敏华, E-mail: zhangminhua@scdc.sh.cn

[作者单位] 1. 上海市疾病预防控制中心职业健康监护科, 上海 200336; 2. 复旦大学附属华山医院职业病科, 上海 200040; 3. 达特茅斯学院盖泽尔医学院, 美国新罕布什尔州 NH03755

regression analysis was used to explore the effects of lead exposure, gender, age, smoking, drinking, and length of service on blood lead levels.

[Results] In this study, none of the workers' blood lead levels exceeded 400 $\mu\text{g/L}$. The incidence of high blood lead (100-399.9 $\mu\text{g/L}$) was 3.10% (229/7 382) and the incidence of blood lead $\geq 50 \mu\text{g/L}$ was 12.07% (891/7 382). Multiple logistic regression analyses revealed that lead exposure, smoking, and men were the independent risk factors for high blood lead, and the ORs (95%CI) were 1.67 (1.03-2.69), 1.58 (1.13-2.22), 1.52 (1.11-2.10), respectively. The incidence rate of high blood lead was significantly higher in those aged over 40 years than in those under 30 ($P < 0.001$).

[Conclusion] The blood lead levels of workers in non-traditional industries with heavy lead pollution are at a low level in Shanghai. Men, smoking, and older lead workers should be the key populations of occupational health surveillance.

Keywords: lead; blood lead; occupational exposure; epidemiology

Citation: GU Ming-hua, LÜ Ling, ZHANG Min-hua, et al. Blood lead levels and related risk factors among workers in non-traditional industries with heavy lead pollution in Shanghai in 2012–2017[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(9): 816-820. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2018.18259

铅是最常见的工业生产原料,长期接触可对人体多个系统和器官造成损害,主要累及神经系统、免疫系统、血液系统、生殖内分泌系统、消化系统及肾脏^[1]。血铅含量是反映人体近期铅接触的敏感指标^[2]。严重铅污染行业是指作业环境空气铅浓度和作业人员血铅水平超标率高、职业性慢性铅中毒发生率高的行业,主要包括冶炼、蓄电池制造、金属回收(再生铅)和锡箔加工等行业,既往国内对铅作业人员血铅水平的研究主要集中在这些行业^[3],而对其他行业铅作业人员血铅情况的报道并不多见。

上海是我国传统的重工业城市,近年来其城市定位和产业结构正发生着重大的转变。从行业分布来看,虽然对环境产生严重污染的行业(如煤电、冶炼、石化、水泥、造纸等行业)正逐步从上海消失,但保留下来的非严重污染行业(如机械制造、电子加工、新能源等行业)仍然存在各种职业病危害因素(如粉尘、噪声、铅、苯、汞等)。本研究对上海市非传统严重铅污染行业的铅作业人员血铅水平进行分析,重点探讨血铅水平与铅作业暴露、性别、年龄、吸烟、饮酒和铅接触工龄情况的关系,旨在发现该人群血铅水平的流行特征,为制定上海地区铅作业人员职业病防治策略提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用整群抽样的方法,选择2012—2017年上海市疾病预防控制中心职业健康监护信息系统中非传统严重铅污染行业进行岗中或离岗职业健康检查,且铅接触工龄 ≥ 1 年的铅作业人员7 382人作为暴露组,

另外选择铅作业岗前人员(铅接触工龄=0年)875人作为未暴露组。研究对象所在行业包括机械制造、电子加工、新能源、五金电器、汽车及配件制造等行业,不包括冶炼、蓄电池制造、金属回收(再生铅)和锡箔加工等严重铅污染行业。

1.2 标本采集和检测

用75%酒精(太仓新太酒精试剂)清洁采血部位后,采集研究对象空腹肘静脉血2.0 mL,置于EDTA抗凝管(上海科华生物工程耗材),轻轻颠倒试管10次,将标本保存在4℃环境中并在48 h内完成检测。使用石墨炉原子吸收分光光度计(AA-600型,美国PerkinElmer),根据WS/T 20—1996《血中铅的石墨炉原子吸收光谱测定法》^[4],配制标准工作溶液,用1%硝酸(上海创山化工试剂)处理标本后,测定血铅含量。质量控制:同一批样品回收率为90%~110%,空白样品测定光密度值小于检验灵敏度,实验前、实验后及每检测10件样品后测定一次质控样。

1.3 评价标准

参考GBZ 37—2015《职业性慢性铅中毒的诊断》^[5]和非职业人群血铅分级标准^[6],以血铅 $\geq 400 \mu\text{g/L}$ (职业接触限值)为异常值,定义血铅100~399.9 $\mu\text{g/L}$ 为接触限值下高值(简称限下高值),以血铅 $< 100 \mu\text{g/L}$ 为理想值。

1.4 数据收集

将研究涉及信息(包括:血铅值、出生年月、性别、工作单位、体检时间、接触职业病危害因素、铅接触工龄、吸烟史、饮酒史等信息)从信息系统中导出。“吸烟”是指累计吸烟时间 ≥ 1 年或吸烟量 $\geq 1 000$ 支,“饮酒”是指平均饮酒频率 ≥ 1 次/周且每次酒精量 $\geq 15 \text{ mL}$ 。

1.5 统计学分析

采用STATA 7.0软件进行统计分析。计数资料的比较采用 χ^2 (或趋势 χ^2)检验,检验水平 $\alpha=0.05$ 。选择血铅水平的潜在影响因素,进行血铅限下高值的单因素分析;再对单因素分析获得的可能危险因素($P<0.20$)进行多元logistic回归分析。

2 结果

2.1 研究对象人口学特征

铅作业暴露组7382人中:男性3341人(45.26%),女性4041人(54.74%);年龄18~60(32.77 ± 8.54)岁;铅接触工龄1~40年[$P_{50}(P_{25}, P_{75})=4.30(2.20, 8.50)$ 年]。未暴露组875人中:男性419人(47.89%),女性456人(52.11%);年龄18~60(32.24 ± 6.14)岁。铅暴露组和未暴露组的性别($\chi^2=2.18, P=0.140$)与年龄($t=1.78, P=0.075$)构成差异均无统计学意义。

2.2 铅暴露组血铅水平频数分布

铅作业暴露组7382人的血铅值均未达到或超过职业接触限值(400 $\mu\text{g/L}$),血铅限下高值(100~399.9 $\mu\text{g/L}$)的发生率为3.10%(229/7382),血铅 $\geq 50\mu\text{g/L}$ 的发生率为12.07%(891/7382)。见表1。

表1 上海市2012—2017年非传统严重铅污染行业
铅暴露人员血铅水平($n=7382$)

血铅水平($\mu\text{g/L}$)	分组频数(%)	累积频数(%)
≥ 400	0(0.00)	0(0.00)
200~	12(0.16)	12(0.16)
150~	36(0.49)	48(0.65)
100~	181(2.45)	229(3.10)
75~	108(1.46)	337(4.57)
50~	554(7.50)	891(12.07)
25~	2387(32.34)	3278(44.41)
<25	4104(55.59)	7382(100.00)

2.3 血铅限下高值的单因素分析

依据铅作业、性别、吸烟史、饮酒史、年龄和铅接触工龄分组后,对不同分组作业工人的血铅限下高值人数进行单因素分析,结果显示:铅作业暴露、男性、吸烟、饮酒分别是血铅限下高值的危险因素, $OR(95\%CI)$ 分别为1.72(1.03~2.87)、1.89(1.46~2.45)、2.29(1.75~3.00)、1.88(1.38~2.56);随着年龄和铅接触工龄的增加,血铅限下高值发生率均呈现明显升高趋势(均 $P<0.001$),血铅限下高值分别在年龄50~60岁

(9.67%)和铅接触工龄13~40年(5.58%)的作业工人中发生率最高。见表2。

表2 上海市2012—2017年非传统严重铅污染行业人员
血铅限下高值影响因素的单因素分析

组别	人数	血铅限下高值 人数(%)	χ^2	P	$OR(95\%CI)$
铅作业			4.41	0.036	1.72(1.03~2.87)
未暴露	875	16(1.83)			
暴露	7382	229(3.10)			
性别			23.77	<0.001	1.89(1.46~2.45)
女	4497	96(2.13)			
男	3760	149(3.96)			
吸烟史			37.73	<0.001	2.29(1.75~3.00)
不吸烟	6732	163(2.42)			
吸烟	1525	82(5.38)			
饮酒史			16.62	<0.001	1.88(1.38~2.56)
不饮酒	7157	191(2.67)			
饮酒	1100	54(4.91)			
年龄(岁)			54.99*	<0.001	—
18~	3460	73(2.11)			
30~	3129	78(2.49)			
40~	1337	62(4.64)			
50~60	331	32(9.67)			
铅接触工龄(年)			12.29*	<0.001	—
0	875	16(1.83)			
1~	3574	103(2.88)			
4~	1520	40(2.63)			
7~	905	28(3.09)			
10~	612	15(2.45)			
13~40	771	43(5.58)			

[注]*:趋势 χ^2 。

2.4 血铅限下高值的多元logistic回归分析

将单因素分析获得的可能危险因素($P<0.20$)纳入多元logistic回归模型,采用逐步回归法筛选变量。应变变量赋值:0=理想血铅值($<100\mu\text{g/L}$),1=血铅限下高值(100~399.9 $\mu\text{g/L}$);自变量赋值:铅作业0=未暴露,1=暴露;性别0=女性,1=男性;年龄0=18~29.9岁,1=30~39.9岁,2=40~49.9岁,3=50~60岁;铅接触工龄0=0年,1=1~3年,2=4~6年,3=7~9年,4=10~12年,5= ≥ 13 年;吸烟史0=不吸烟,1=吸烟;饮酒史0=不饮酒,1=饮酒。

结果显示:铅暴露、吸烟和男性是发生血铅限下高值的独立危险因素,其 $OR(95\%CI)$ 分别为1.67(1.03~2.69)、1.58(1.13~2.22)和1.52(1.11~2.10);40岁以上人群的血铅限下高值发生率明显高于30岁以下人群($P<0.001$)。见表3。

表3 上海市2012—2017年非传统严重铅污染行业人员血铅限下高值影响因素的多元logistic回归分析				
变量	OR(95%CI)	b	Wald χ^2	P
铅作业				
未暴露	1.00			
暴露	1.67(1.03~2.69)	0.53	1.98	0.041
吸烟史				
不吸烟	1.00			
吸烟	1.58(1.13~2.22)	0.46	2.69	0.007
性别				
女性	1.00			
男性	1.52(1.11~2.10)	0.42	2.58	0.010
年龄(岁)				
18~	1.00			
30~	1.26(0.92~1.76)	0.24	1.44	0.150
40~	2.40(1.69~3.41)	0.88	4.90	<0.001
50~60	3.79(2.43~5.91)	1.33	5.88	<0.001

3 讨论

本次研究对象来自机械制造、电子加工、新能源等非传统严重铅污染行业,所有样本血铅值均未超过我国职业接触限值(400 μg/L),仅有3.10%的血铅值属于接触限下高值(100~399.9 μg/L),说明上海非传统严重铅污染行业作业人员的整体血铅水平较低。1988—1994年美国第三次国家健康与营养调查发现,与血铅水平<50 μg/L的成年人群比较,血铅水平为50~99 μg/L和≥100 μg/L人群的全死因相对危险度RR(95%CI)分别是1.24(1.05~1.48)和1.59(1.28~1.98)^[7]。本研究中共有12.07%铅作业人员的血铅水平≥50 μg/L,因此不断降低血铅水平仍是铅作业人员职业健康监护的目标。

既往研究显示影响人体血铅水平的因素众多,外部因素包括铅职业暴露^[8-10]、铅接触浓度^[8]、铅接触工龄^[11-12]、个人防护^[13]、居住环境^[14]等;内在因素包括性别^[9, 15-16]、年龄^[16-17]、文化程度^[12]、吸烟^[14, 18]、饮酒^[12, 19]、饮水方式^[20]、种族^[21]等。

本研究显示,随着年龄增加,铅作业人员血铅限下高值发生率呈上升趋势,说明年龄是影响人体血铅水平的重要因素。这是由于铅广泛存在于外部环境中,随着年龄增加,摄入的铅逐渐在人体内富集,造成体内血铅水平也逐步增高,这与GLASS等^[17]的研究结论一致。男性作业人员血铅限下高值发生率明显高于女性,可能与性别差异引起的分工不同有关。王军明等^[9]对258名铅冶炼厂工人血铅水平的研究认为,与女性相比,男性从事岗位的劳动强度较大,直

接接触铅的机会较多,暴露于铅污染环境的时间较长,导致铅的摄入量和吸收量更大,与本研究结果一致。吸烟是血铅限下高值发生的危险因素,可能是由于部分烟草重金属(包括铅)超标^[14],吸烟时手部的铅污染物可以二次污染香烟,吸烟行为可能影响呼吸防护用品的有效佩戴等,从而造成铅通过呼吸道的摄入增加,因此需要加强工作场所吸烟行为的管理。

赵秋妮等^[12]对454名蓄电池厂工人血铅水平的研究显示饮酒是血铅增高的危险因素,可能是由于酒精改变了体内酸碱平衡,不溶解的磷酸铅转化为可溶的二盐基磷酸铅转移至血液,造成血铅浓度的升高。但本研究多元回归分析并未得到相同结果,其原因可能是较低血铅水平尚未造成体内不溶性磷酸铅累积量增加,饮酒造成体内酸碱平衡的改变无法使血铅水平发生明显增高。

既往研究中,对血铅水平与铅接触工龄的研究结论并不一致。邓玮淳等^[11]对998名蓄电池厂工人铅中毒情况的研究显示,随着工龄增加,工人体内血铅水平和铅中毒发生率明显上升,但李晓凤等^[22]对654名铅冶炼厂工人血铅、尿铅与工龄相关性研究却未发现工龄与血铅水平呈明显相关性。本研究中多元回归显示铅接触工龄不是血铅限下高值的危险因素。推测其原因可能是因为长期职业接触低浓度铅,人体对铅的吸收、代谢和排泄达到了动态平衡,年龄相近但不同工龄铅作业人员的血铅水平无明显差异,工龄大者血铅水平偏高是由于年龄增长造成的,即铅接触工龄是低浓度铅作业人员血铅水平的混杂因素。

本研究尚存在以下不足之处:(1)缺乏作业现场空气中铅浓度检测资料,无法进一步分析剂量反应关系;(2)采用现有职业健康检查数据进行研究,收集的信息有限,无法全面分析血铅水平与各影响因素间的关系。

综上所述,上海市非传统严重铅污染行业作业人员的血铅处于较低水平,男性、吸烟、较大年龄的铅作业人员应成为职业健康监护的重点。

参考文献

[1]周倩倩,胡飞飞,夏超一,等.职业接触铅人群健康危害的研究进展[J].中国工业医学杂志,2013,26(5):353-356.

[2]梁婧.职业性铅接触的生物标志物研究进展[J].职业与健康,2012,28(23):2963-2964,2967.

[3]吕玉桦,孔婷,让蔚清.2004—2012年我国血铅超标事件

- 的流行特征分析[J]. 中国预防医学杂志, 2013, 14(11): 868-870.
- [4] 血中铅的石墨炉原子吸收光谱测定方法: WS/T 20—1996 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [5] 职业性慢性铅中毒的诊断: GBZ 37—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 卫生部关于印发《儿童高铅血症和铅中毒预防指南》及《儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则(试行)》的通知[EB/OL]. [2018-06-03]. <http://www.nhfpc.gov.cn/fys/s3585/200804/f8742aef6c654935866fa7cbf4e78d94.shtml>.
- [7] SCHOBER SE, MIREL LB, GRAUBARD BI, et al. Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer: results from the NHANES III mortality study[J]. Environ Health Perspect, 2006, 114(10): 1538-1541.
- [8] 刘清香, 刘松, 廖日炎. 深圳市某蓄电池生产企业铅污染状况及其对工人健康的影响[J]. 职业与健康, 2017, 33(11): 1441-1443, 1449.
- [9] 王军明, 李刚, 史立新, 等. 某冶炼厂铅职业接触者血铅水平的影响因素分析[J]. 职业与健康, 2010, 26(9): 978-979.
- [10] 何晓庆, 裘淑华. 职业性铅接触工人血铅及肝功能指标的变化[J]. 环境与职业医学, 2010, 27(11): 660-663.
- [11] 邓玮淳, 林潮鑫, 蔡振练. 2005—2010年某蓄电池厂铅接触职业危害的情况[J]. 职业与健康, 2013, 29(3): 304-306.
- [12] 赵秋妮, 张恒东, 陈林, 等. 某蓄电池厂工人血铅水平及其与血锌原卟啉的相关性[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(4): 311-315.
- [13] PALA K, TURKKAN A, GUCER S, et al. Occupational lead exposure: blood lead levels of apprentices in Bursa, Turkey [J]. Ind Health, 2009, 47(1): 97-102.
- [14] 刘迎春, 顾小红, 唐厚梅, 等. 重庆市部分地区成人血铅水平及其影响因素的分析[J]. 检验医学与临床, 2011, 8(14): 1665-1666.
- [15] 万永彪. 濮阳某蓄电池厂铅作业工人血铅检测结果[J]. 职业与健康, 2016, 32(19): 2617-2619.
- [16] CAÑAS AI, CERVANTES-AMAT M, ESTEBAN M, et al. Blood lead levels in a representative sample of the Spanish adult population: the BIOAMBIENT.ES project[J]. Int J Hyg Environ Health, 2014, 217(4/5): 452-459.
- [17] GLASS TA, BANDEEN-ROCHE K, MCATEE M, et al. Neighborhood psychosocial hazards and the association of cumulative lead dose with cognitive function in older adults[J]. Am J Epidemiol, 2009, 169(6): 683-692.
- [18] KIM NS, SAKONG J, CHOI JW, et al. Blood lead levels of residents living around 350 abandoned metal mines in Korea [J]. Environ Monit Assess, 2012, 184(7): 4139-4149.
- [19] JEONG SW, LEE CK, SUH CH, et al. Blood lead concentration and related factors in Korea from the 2008 national survey for environmental pollutants in the Human Body[J]. Int J Hyg Environ Health, 2014, 217(8): 871-877.
- [20] CHAMBIAL S, SHUKLA KK, DWIVEDI S, et al. Blood Lead Level(BLL) in the adult population of jodhpur: a pilot study [J]. Indian J Clin Biochem, 2015, 30(3): 357-359.
- [21] NGUETA G. Racial disparities in children's blood lead levels: possible implication of divalent metal transporter 1[J]. Med Hypotheses, 2014, 82(1): 71-73.
- [22] 李晓凤, 达春和, 孙德兴. 职业性铅接触者血铅、尿铅、血锌卟啉与工龄关系分析[J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28(4): 308-309.
- (收稿日期: 2018-04-01; 录用日期: 2018-07-09)
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 陈非凡)