

苏南农村地区井水、土壤及一般人群的铅负荷

吴叶, 王冬月, 孙宏, 沈明珠

摘要: [目的] 了解苏南农村地区井水、土壤铅污染情况及当地一般人群铅内暴露水平, 识别重点防治地区及危险因素。[方法] 在苏南地区常熟市农村的东、南、西、北、中五个方位及市区设立6个调查点, 在每个调查点采集井水、土壤样品各3份, 各共18份样品; 并按不同年龄段, 男女各半的原则进行分层抽样, 最终确定调查对象1233名; 用电感耦合等离子质谱仪对井水、土壤及人群血、尿铅含量进行测定。[结果] 18份井水样品中铅均低于GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》限值(0.01 mg/L), 以临近氟化学工业园的农村北部调查点最高为(0.67±0.11) μg/L; 土壤样品中以原有镀锌厂的农村南部调查点为最高, 为(89.25±19.83) mg/kg, 临近氟化学工业园的农村北部调查点次之, 为(81.53±44.54) mg/kg, 污染指数分别为1.12和1.02, 属轻度污染。不同调查点居民尿铅、血铅及血铅超标率也是上述两个调查点最高, 与其他各点间差异有统计学意义($P<0.05$)。同时对血铅影响因素分析发现, 年龄大、男性、吸烟、家离交通干道距离<100m是该地居民血铅升高的危险因素。[结论] 苏南农村个别地区土壤出现轻度铅污染, 且与人群铅的内暴露水平一致, 应加强环境污染防治, 居民也应养成良好生活方式。

关键词: 土壤; 井水; 铅; 一般人群; 重金属污染; 内暴露

Lead Levels in Well Water, Soil, and General Population in Rural Areas of Southern Jiangsu WU Ye, WANG Dong-yue, SUN Hong, SHEN Ming-zhu (Department of Health, Changshu City Center for Disease Control and Prevention, Changshu, Jiangsu 215500, China). Address correspondence to WU Ye, E-mail: 4283134@qq.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To survey lead contamination in well water, soil, and general population in rural areas of southern Jiangsu, and to identify target prevention areas and related risk factors. [Methods] In Changshu, a typical city in southern Jiangsu, we set up five sampling points in the east, south, west, north, and center of the rural areas and one sampling point in the urban areas, respectively. We collected three well water samples and three soil samples in each sampling point. A total of 1233 residents were selected stratified by age ranges and a gender ratio of 1 : 1. We used ICP-MS to detect lead levels in the samples of well water, soil, and residents' urine and blood. [Results] The results showed that the lead levels in 18 well water samples were below the limit of lead prescribed in the *Drinking Water Health Standards* (GB 5749-2006) (0.01 mg/L); the highest average lead level [(0.67±0.11) μg/L] was found in well water samples collected from the rural north sampling point near a fluorochemical industrial park. In terms of lead levels in the soil samples, the rural south sampling point used to be a galvanizing plant showed the highest [(89.25±19.83) mg/kg], followed by the rural north sampling point near a fluorochemical industrial park [(81.53±44.54) mg/kg], and the pollution index values were 1.12 and 1.02 respectively, indicating mild pollution. The lead levels in urine and blood samples and the exceeding rates of lead in blood samples of the study participants were highest in those dwelt around the above two mentioned sampling points, showing significant differences with other points ($P<0.05$). Older age, male, smoking, distance from home to main road <100 m were risk factors for elevated blood lead level of the study participants. [Conclusion] There is mild lead contamination in soil in some rural areas in southern Jiangsu. Pollution level is closely related with residents' internal exposure. We should strengthen the prevention and control of environmental pollution, and residents should develop a healthy lifestyle.

Key Words: soil; well water; lead; general population; heavy metal pollution; internal exposure

我国居民血铅超标情况总体呈增长趋势, 尤其是江苏、广东、湖南等中东部经济较发达地区^[1]。研究

表明, 太湖地区不同母质发育的土壤中, 有86.7%的样品铅平均含量超过当地环境背景值^[2]; 对昆承湖沉积物中重金属污染特征的研究显示, 铅处于轻度污染状态^[3]。苏南地区虽然对重金属冶炼等重污染企业进行了整顿, 但目前遍布农村的各大小生产企业, 以及迅猛增长的家庭机动车保有量等铅污染源不容忽视。常熟地区为苏州市代管县级市, 东北濒长江, 东南邻

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2016.16181

[基金项目] 江苏省预防医学科研项目基金(编号: Y2013025)

[作者简介] 吴叶(1980—), 女, 硕士; 研究方向: 公共卫生; E-mail: 4283134@qq.com

[作者单位] 常熟市疾病预防控制中心卫生科, 江苏 常熟 215500

太仓,南接昆山市,西连江阴市、无锡市,为苏南农村的典型代表。本项目在常熟市东、南、西、北、中五个方位及市区设立调查点,旨在了解苏南农村井水、土壤铅污染状况及长期暴露于该环境的当地居民体内铅负荷水平及其影响因素,识别重点防治地区及危险因素。

1 对象与方法

1.1 研究对象

在苏州常熟市(东经 $120^{\circ}33' \sim 121^{\circ}03'$,北纬 $31^{\circ}33' \sim 31^{\circ}50'$)东(1号)、南(2号)、西(3号)、北(4号)、中(5号)不同方位及中心城区(6号)设立6个调查点,其中:1号调查点临近沿江经济开发区;2号调查点所在乡镇原有镀锌厂;3号调查点为南湖湿地公园附近;4号调查点临近氟化学工业园;5号临近常昆工业园。按不同年龄段,男女各半的原则进行分层抽样,抽取本地出生的当地户籍居民1260人,排除肾病患者7人,泌尿系统疾病患者16人,以及有职业性重金属暴露史者4人,最终纳入本研究1233名居民,其中男性602人,女性631人,年龄范围在4~86岁之间。

1.2 样品采集

按照《血铅临床检验技术规范》(卫医发[2006]10号),采集静脉血2mL;用清洁干燥的500mL聚乙烯塑料瓶收集调查对象一次性中段晨尿50~100mL,所有盛放尿样的容器在采样前用1:1硝酸溶液浸泡12h以上,然后用去离子水冲洗,自然晾干。在研究的6个调查点的不同方位选择农田(旱田)各3块,每块面积不小于500m²,按梅花型布点,在距土表10cm深度处采集土壤混合样品250g,共采集土壤样品18份;并在每个调查点不同方位的3户家庭采集其自备水井的水样18份。

1.3 样本的测定及质量控制

按照GB/T 5750.6—2006《生活饮用水标准检验方法 金属指标》、GB/T 17140—1997《土壤质量铅、镉的测定 KI-MIBK萃取火焰原子吸收分光光度法》的要求,对采集的井水和土壤样品进行处理,用电感耦合等离子质谱仪分别检测井水、土壤、血及尿样中的铅含量。每测定20个样本,用标准品对仪器进行校正。用WS/T 97—1996《尿中肌酐分光光度测定方法》测定尿肌酐值并用于尿铅水平的校正(按每g肌酐校正)。

1.4 评价标准及参考值

1.4.1 人群铅负荷评价 依据国际血铅诊断标准进行人群铅负荷评价,<100μg/L为正常;≥100μg/L为血铅超标。

1.4.2 水中铅含量评价 参照GB 5749—2006《生活饮用水卫生标准》评价井水样品的铅含量。

1.4.3 土壤重金属评价方法及标准 单因子指数法是国内评价土壤重金属污染的常用方法,计算公式为 $P_i=C_i/S_i$ 。 P_i 为土壤污染物i的单因子指数; C_i 为土壤污染物i的实测浓度(mg/kg); S_i 为土壤污染物i的评价标准值,即GB 15618—2008《土壤环境质量标准》规定土壤pH为6.5~7.5, $Pb \leq 80$ mg/kg。当金属的污染指数 $P_i \leq 1$ 时,表明土壤未受污染; $1 < P_i \leq 2$ 为轻度污染; $2 < P_i \leq 3$ 为中度污染; $P_i > 3$ 为重度污染, P_i 越大,污染越严重。

1.4.4 营养状况评价 18岁及以上人群参照中国成人体质指数(BMI)标准,<18.5为营养不良,18.5~23.9为正常,24.0~27.9为超重,≥28.0为肥胖。

1.5 统计学分析

所有数据录入EpiData 3.1数据库,并用SPSS 20.0软件对数据进行统计分析。井水及土壤平均铅含量用均数±标准差表示;居民血铅、尿铅呈偏态分布,经对数转换后为正态分布,平均水平用中位数及 $P_{25} \sim P_{75}$ 表示,经转换后两样本均数比较用t检验,多组间比较用方差分析;居民铅超标率用卡方检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 井水和土壤样品中铅含量

所有井水样品中铅含量均低于《生活饮用水卫生标准》0.01mg/L的限量,且差异有统计学意义($F=5.707, P<0.05$),即4号点井水样品的平均含量为(0.67 ± 0.11)μg/L,明显高于1号、3号、5号点(t 分别为9.521、9.362、6.061, $P<0.05$),与2号、6号点间差异无统计学意义(t 分别为2.02、2.09, $P>0.05$)。18份土壤样品平均铅含量为(55.86 ± 32.69)mg/kg,低于《土壤环境质量标准》农业用地旱地80mg/kg的限量,但亦存在地区差异($F=3.302, P<0.05$),其中2号点含量最高,4号点次之,污染指数分别为1.12和1.02,达土壤轻度铅污染,2号点与3号、5号、6号点间差异有统计学意义(t 分别为5.009、3.422、4.482, $P<0.05$),其余各点间差异无统计学意义。表1。

表1 不同调查点土壤及井水样品的铅含量

采样点	井水铅含量		土壤铅含量		
	份数	平均值($\mu\text{g/L}$)	份数	平均值(mg/kg)	污染指数(P_1)
1号点	3	0.06 ± 0.03	3	65.09 ± 32.32	0.81
2号点	3	0.33 ± 0.27	3	89.25 ± 19.83	1.12
3号点	3	0.13 ± 0.11	3	31.57 ± 2.14	0.39
4号点	3	0.67 ± 0.11	3	81.53 ± 44.54	1.02
5号点	3	0.05 ± 0.04	3	40.52 ± 14.67	0.51
6号点	3	0.32 ± 0.28	3	27.18 ± 13.49	0.34
合计	18	0.31 ± 0.27	18	55.86 ± 32.69	0.70

2.2 不同调查点人群铅内暴露情况

1 233名居民的平均尿铅为 $0.88 \mu\text{g/g}$ (按每g肌酐计,下同),其中3号点最低,与2号、4号、5号、6号点差异有统计学意义(t 分别为2.24、3.53、2.43、2.28, $P < 0.05$),1号点与2号点间差异有统计学意义($t=2.50$, $P < 0.05$),其余各点间差异无统计学意义。不同调查点人群中,血铅存在差异($F=34.53$, $P < 0.05$),4号点最高,且与1、3、6号点间差异有统计学意义(t 分别为8.03、6.52、10.38, $P < 0.05$),2号点次之,与6号点间差异有统计学核计($t=2.45$, $P < 0.05$),其余各点间无显著差异。居民血铅超标率为10.14%,以4号点最高,2号点次之,分布与血铅基本一致。表2。

表2 不同调查点人群生物样品铅含量

采样点	人数	尿铅($\mu\text{g/g}$)		血铅($\mu\text{g/L}$)		血铅超标	
		M	$P_{25} \sim P_{75}$	M	$P_{25} \sim P_{75}$	人数	率(%)
1号点	197	0.66	0.24~1.27	38.14	28.41~51.56	9	4.57
2号点	223	1.01	0.69~1.58	57.85	39.45~77.28	40	17.94
3号点	200	0.55	0.23~1.19	33.81	23.57~57.05	19	9.50
4号点	199	1.22	0.64~2.07	66.41	38.10~96.42	43	21.61
5号点	205	0.82	0.35~1.94	35.99	26.25~52.17	8	3.90
6号点	209	0.96	0.56~1.44	32.05	22.36~44.29	6	2.87
合计	1233	0.88	0.42~1.56	40.56	28.15~64.64	125	10.14

2.3 血铅影响因素分析

对1 233名居民进行年龄、性别与血铅关系,及对896名成年居民吸烟情况、营养状况、家离最近交通干道距离、主食消费、对周围环境满意情况进行分析发现, ≥ 80 岁、男性、吸烟、家离交通干道距离 $<100\text{m}$ 为居民血铅升高的危险因素;在成年居民中,未发现血铅与营养状况、主食消费、对周围环境满意情况间关系。表3。

表3 人群血铅影响因素分析

项目	人数	血铅($\mu\text{g/L}$)		F/t	P
		M	$P_{25} \sim P_{75}$		
年龄(岁)				4.790	0.008
<12	164	38.09	28.35~59.81		
12~18	173	35.38	24.19~54.29		
≥ 18	896	42.37	28.55~68.59		
性别				5.402	0.020
男	602	42.77	31.25~66.62		
女	631	37.90	26.07~63.89		
吸烟情况				5.959	0.003
不吸烟	613	39.94	26.70~65.45		
吸烟(持续6个月及以上)	237	48.94	37.49~76.69		
戒烟(吸过,近一年未吸)	46	38.06	27.65~69.06		
营养状况				1.666	0.173
营养不良	60	35.82	23.45~62.34		
正常	576	39.12	25.19~59.67		
超重	177	42.61	29.46~71.44		
肥胖	83	43.58	29.11~68.28		
家离最近交通干道(双向4机动车道或以上)距离				2.128	0.034
<100m	375	44.94	30.46~72.86		
$\geq 100\text{m}$	521	40.21	27.88~63.01		
主食消费(g/日/人)				0.534	0.659
≥ 750	55	42.76	24.95~70.82		
500~	163	45.97	30.57~69.06		
250~	509	43.58	28.63~71.58		
<250	169	40.78	28.43~68.00		
对周围环境满意情况				0.144	0.704
满意	657	42.10	28.28~69.11		
不满意	239	43.27	29.90~65.45		

3 讨论

苏南地区工业较发达,改革开放以来建成的各种企业林立,其工业“三废”难以避免地对当地环境造成不同程度的污染,并且环境的自净作用很难消除重金属的污染。本研究在确定调查点时考虑了不同方位及避开涉重金属生产企业等影响因素。研究结果显示,4号调查点井水的铅含量明显高于其他各点,2号与4号调查点土壤的铅含量高于其他各点,且达轻度污染水平。对当地居民血和尿铅含量分析结果提示,2号及4号调查点居民的尿铅、血铅及血铅超标率均高于其他各点,与环境铅污染程度基本一致。2号调查点所在乡镇原有镀锌厂,4号点临近氟化学工业园,但其周围均无矿山和铅作业企业,受调查对象均无职业性铅暴露,因此居民体内铅负荷增高可能源于接触了工业排放的废水和废气所污染的土壤、空气和食物等。6号调查点为城区,其居民血铅含量低于其他各

点,但其尿铅含量相对处于高位。有研究表明,城区居民的奶类食用量明显高于乡区^[4],而奶类对铅具有螯合作用,奶类摄入量增加可抑制铅的吸收,同时也可能由于中心市区居民居住地远离工业企业,其卫生习惯也相对优于乡区居民,此外,其对食品、包装材料、居室装修材料无污染的意识也强于乡区居民。

大量研究表明,多种因素影响血铅含量,包括性别、年龄、吸烟、家离交通主干道距的最近距离是血铅升高的危险因素^[5-6],与本研究结果一致。12岁以下儿童的血铅含量略高于青少年,这可能与学龄前、学龄期儿童接触含铅量超标玩具、啃咬铅笔等有关;在18岁及以上成人中,居民体内血铅负荷量随其年龄的增长而缓慢上升,这与铅在人体内有一定的蓄积性,并随年龄的增大而接触的环境污染物增多,其血铅含量逐渐积累有关。男性血铅水平高于女性的原因可能是男性在其工作环境中较多的铅接触机会、食物摄入较多及有烟酒嗜好等^[7-8]。机动车尾气既是城市大气的主要污染源,也是公路两侧土壤重金属污染的主要来源^[9],江苏省自1998年7月1日起规定使用无铅汽油,但无铅汽油中仍有0.013 g/L的铅^[10]。家离交通主干道距离,<100 m的人群血铅含量高于家离主干道≥100 m的人群,可能是汽车尾气污染附近空气及土壤所致。有研究表明,儿童营养状况与血铅水平存在交互作用^[11],本次研究在成人中未发现血铅在不同营养状况人群间存在差异,可能因为成人对铅敏感度低于儿童。生活中人体铅污染主要来源为食物、水、空气,通过蔬菜摄入是重金属进入人体的主要途径之一。本次研究未发现居民体内血铅水平与其主食消费量多少之间存在关联性,这可能与江浙一带粮食及制品中铅含量尚处安全范围有关^[12-13]。此外本次研究未采集大气及蔬菜进行重金属污染分析及健康风险评估,居民体检铅负荷量的来源有待进一步研究。总之,我们应进一步加强环境污染防治,加强居民自身健康保健意识及改善居民膳食营养结构。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1]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.
- [2]杨彦,王宗庆,李定龙,等. 中国太湖流域(江苏南部)人群复合污染经口途径暴露风险评估[J]. 环境科学学报, 2013, 33(5): 1410-1422.
- [3]王天阳,王国祥. 昆承湖沉积物中重金属及营养元素的污染特征[J]. 环境科学研究, 2008, 21(1): 51-58.
- [4]戴月,甄世祺,袁宝君. 江苏居民营养与健康状况追踪研究[M]. 南京: 南京大学出版社, 2014: 27-29.
- [5]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.
- [6]陈建安,郭萍,张景平,等. 山区公路边铅污染对居民健康影响的研究[J]. 环境与健康杂志, 2009, 26(11): 985-987.
- [7]杨君,茆文革,朱宝立. 江苏省正常人群血锰、血铅负荷水平调查[J]. 江苏预防医学, 2012, 23(2): 31-33.
- [8]郝凤桐,杜旭芹,牛颖梅,等. 铅中毒研究进展[J]. 中国工业医学杂志, 2008, 21(3): 200-202.
- [9]李芳,钱秋芳. 土壤重金属污染研究进展[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(10): 80-82, 202.
- [10]王冰,张金良,刘玲,等. 我国禁用含铅汽油后儿童血铅水平的变化[J]. 环境与健康杂志, 2013, 30(5): 377-384.
- [11]杨敬源,黄文湧,宋沈超,等. 9~11岁儿童血铅含量和营养状况对生长发育的影响[J]. 贵阳医学院学报, 2002, 27(6): 492-494.
- [12]赵黎芳,王支兰,杨胜琴,等. 上海市某区居民粮食制品重金属铅、镉暴露评估[J]. 现代预防医学, 2014, 41(9): 1581-1584.
- [13]沈群超,胡寅侠,蒋开杰,等. 慈溪地产大米重金属调查及其健康风险评估[J]. 中国稻米, 2013, 19(3): 79-81.

(收稿日期: 2016-02-16)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 洪琪; 校对: 汪源)