

某铅锌冶炼区儿童血铅及5种金属元素水平调查

何仟¹, 孙承业¹, 孟聪申², 李惠玲³, 周博³, 张宏顺¹

(1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050; 2. 中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所, 北京 100021; 3. 首都医科大学附属北京朝阳医院, 北京 100020)

摘要: **目的** 了解某铅锌冶炼污染区儿童血铅水平及血铁、锌、钙、铜、镁金属元素水平。**方法** 采用单纯随机抽样和整群抽样结合的方法分别抽取暴露区和对照区儿童 374 名和 228 名, 采集儿童血液样品, 使用 ICP-MS 进行血铅、锌、钙、铜、镁检测, 原子吸收分光光度计进行血铁检测。**结果** 暴露区和对照区儿童血铅、铁、锌、铜 4 种金属元素中位数分别为 178.67 $\mu\text{g/L}$ 、412.60 mg/L、5.30mg/L、0.87 mg/L 和 67.38 $\mu\text{g/L}$ 、380.40 mg/L、5.08mg/L、0.78 mg/L; 暴露区儿童血铅、铁、锌、铜水平高于对照区 ($P<0.05$), 血钙水平略低于对照区 (分别为 52.88mg/L 和 53.47 mg/L, $P<0.05$), 血镁水平之间的差异无统计学意义 (分别为 37.49 mg/L 和 37.27 mg/L, $P>0.05$); 暴露区和对照区儿童血铅超标率 ($\geq 100\mu\text{g/L}$) 分别为 94.12% (352/374) 和 10.96% (25/228), 差异有统计学意义 ($P<0.05$)。按年龄和性别分层, 暴露区儿童血铅水平显著高于对照区; 除 3~7 岁组血镁水平略低于对照区外, 血铁、锌、钙、铜、镁元素水平并不低于对照区。对照区中, 3~7 岁儿童血铅水平略高于 8~14 岁儿童, 但男、女童血铅水平差异无统计学意义 ($P>0.05$); 暴露区中, 男童血铅水平高于女童, 8~14 岁儿童血铅水平略高于 3~7 岁儿童组。**结论** 铅锌冶炼污染可导致周边儿童血铅水平显著升高, 但儿童在高血铅水平状态下, 血液铁、锌、钙、铜、镁 5 种二价金属元素水平尚无明显下降。

关键词: 铅锌冶炼; 儿童; 血铅; 金属元素

中图分类号: R179 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2017)03-0176-04 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2017.03.004

Survey on blood levels of lead and other five metals in children from an area polluted by lead-zinc smelting

He Qian*, Sun Chengye, Meng Chongshen, Li Huiling, Zhou Bo, Zhang Hongshun

(* . National Institute for Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstract: Objective To understand the blood lead level and its relationships with the other five divalent metals (such as iron, zinc, calcium, copper and magnesium) of children in the area polluted by lead/zinc smelting. **Methods** The simple random sampling and cluster sampling were used to select 374 and 228 children in polluted area and control area, respectively; then, the blood samples were collected and the blood levels of lead, zinc, calcium, copper, magnesium and iron were detected by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and atomic absorption spectrometry, respectively. **Results** The results showed that the medians of blood lead, iron, zinc and copper in polluted area were 178.67 $\mu\text{g/L}$, 412.60 mg/L, 5.30mg/L, 0.87 mg/L, all higher than that of control area (67.38 $\mu\text{g/L}$, 380.40 mg/L, 5.08mg/L, 0.78 mg/L), except the blood calcium level in polluted area (52.88mg/L) was slightly lower than that in control (53.47mg/L) and the blood magnesium level, they were 37.49 mg/L and 37.27 mg/L ($P>0.05$). The over standard rate of blood lead level in polluted area (94.12%, 352/374) was significant higher than that of control area (10.96%, 25/228), the difference was statistically significant ($P>0.05$). The blood lead level of polluted area was significantly higher than control area; and except the blood magnesium level of polluted area was slightly lower than control area in 3—7 years old group, the blood levels of iron, zinc, calcium, copper and magnesium of children in polluted area showed no any lower compared to those in control area when stratified by age and sex. But in control area, the children's blood lead level of 3—7 years old children was higher than that of 8—14 years old children, despite of there was no difference between boys and girls; whereas, in polluted area, the blood lead level in boys was higher than that in girls, and the blood lead level in 8—14 years old children was higher than that in 3—7 years old children. **Conclusion** The results suggested that the pollution by lead/zinc smelting could result in significantly rise of children's blood lead level, but the high blood lead status of children by pollution of lead/zinc smelting has not yet lead to decrease in blood levels of iron, zinc, calcium, copper and magnesium.

Key words: lead/zinc smelting; children; blood lead; metal elements

铅对儿童健康和生长发育的影响一直是社会关注

的热点。随着我国 2000 年开始禁止使用含铅汽油, 城市儿童血铅水平整体呈现下降趋势^[1, 2], 但是铅采选、冶炼、回收生产所致的污染造成局部人群铅负荷急剧增高^[3], 铅污染导致儿童铅中毒的事件时有发生^[4]。本研究以铅锌冶炼企业集中的 A 镇为暴露区,

收稿日期: 2017-04-09; 修回日期: 2017-04-28

基金项目: 环保公益性行业科研专项 (编号: 201109064); 环保公益性行业科研专项 (编号: 2010467046)

作者简介: 何仟 (1989-), 男, 研究实习员, 从事中毒控制工作。

通信作者: 张宏顺, 主任医师, E-mail: lswlpd@yeah.net.

以距离暴露区 40 km、无铅锌冶炼的 B 镇为对照区, 采集 3~14 岁儿童血液样品, 进行铅、铁、锌、钙、铜、镁水平检测, 以了解铅锌冶炼污染对儿童血铅水平的影响, 以及儿童血铅水平升高与铁、锌、钙、铜、镁等二价金属元素水平的关系。

1 对象与方法

1.1 对象

2012 年 5—6 月, 以铅锌冶炼企业集中的 A 镇作为暴露区, 以与暴露区地理环境、生活方式和饮食习惯类似, 相距 40 km 且没有铅锌矿开采、冶炼的 B 镇作为对照区。采用单纯随机抽样分别抽取暴露区 7 个行政村、对照区 2 个行政村作为调查现场, 对抽取行政村常住人口 (在当地居住生活半年以上) 中 3~14 岁儿童采用整群抽样, 共抽取暴露区儿童 374 名, 对照区儿童 228 名。排除患有出生窒息、中枢神经系统疾病、颅脑外伤、佝偻病或贫血的儿童。本次调查经伦理委员会审查通过, 调查对象监护人均签署了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 样品采集 依次用 0.2% 硝酸、纯水、碘伏、乙醇清洁取血区皮肤, 使用经过检验的同一批号的一次性注射器抽取静脉血 2 ml, 注入真空采血管, 立即摇晃均匀。

1.2.2 样品检测

1.2.2.1 主要仪器和试剂 肝素锂抗凝剂采血管 (美国 BD 公司), 超纯水 (法国 Millipore 公司), BV-III 级硝酸 (北京化学试剂研究所), 铅、铁、锌、钙、铜、镁单元素标准溶液 (1 000 mg/L, 中国计量科学研究院), 锆单元素标准溶液 (1 000 mg/L, 加拿大 SCP 公司)。电感耦合等离子体质谱仪 (美国 Pekin-Elmer 公司, 型号 Elan DRC-II), 石墨炉原子吸收分光光度计 (日本岛津公司, 型号 AA-6800)。

1.2.2.2 样品处理 (1) 血铅、钙、锌、铜、镁检测: 准确吸取 0.2 ml 血样和 0.8 ml 5% 硝酸于 1.5 ml 离心管中, 立即震荡 15 s, 放置 15 min 后 10 000 r/min 离心 10 min, 取上清液用 5% 的硝酸稀释至 10 倍后进样检测。(2) 血铁检测: 准确吸取 0.5 ml 血样于 10 ml 比色管中, 1% 硝酸定容混匀。

1.2.2.3 仪器检测参数 (1) 电感耦合等离子体质谱: 雾化器流量 1.12 L/min, 辅助气流量 1.2 L/min, 冷却气流量 17 L/min, 离子透镜电压 7.2 V, 离子体发射器功率 1 200 W, 检测器模拟阶电压 -2 000 V, 检测器脉冲阶电压 1 450 V。采用双通道进样系统, 一条管路加入以 1% 的硝酸为基质的 10

μg/L 锆标准溶液作为内标, 另一条管路加入待测溶液进行铅、锌、钙、铜、镁元素水平检测。(2) 原子吸收分光光度计: 检测波长 248.3 nm, 灯电流 12 mA, 狭缝宽度 0.2 nm, 采用无氙灯扣背景模式, 燃气流量 2.2 L/min, 燃烧头高度 9 mm, 进行铁元素检测。

1.2.2.4 质量控制 所用清洁、消毒采血部位的药剂及注射器、真空采血管、离心管等采样器材均进行空白检验, 金属元素水平低于检测限。采样器材均为一次性使用。采血操作由专业、固定人员进行, 保证血样量采集准确。在血液金属元素测定过程中, 采用血铅标准物质 (GBW139, 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所) 对测定过程进行质量控制。随机抽取 5% 的样品进行平行双样测定, 所有抽查样品相对误差 < 10%。

1.3 儿童血铅超标判定标准

根据 2006 年中华人民共和国卫生部《儿童高铅血症和铅中毒分级和处理原则 (试行)》, 血铅水平 100~199 μg/L 为高铅血症, 血铅水平 ≥ 200 μg/L 为铅中毒。本研究以血铅水平 ≥ 100 μg/L 为血铅超标判定标准。

1.4 统计分析

使用 SPSS13.0 软件进行统计分析。铅及 5 种元素水平的集中趋势采用中位数描述, 离散趋势采用上、下四分位数描述。血铅超标率的检验采用 χ^2 检验。暴露区和对照区以及不同性别和年龄儿童金属元素水平的比较采用 Wilcoxon 秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 儿童血铅及 5 种金属元素水平

对照区和暴露区儿童血铅及 5 种金属元素水平详见表 1。暴露区儿童血铅水平显著高于对照区, 差异有统计学意义 ($Z = -19.5655$, $P < 0.05$)。对照区和暴露区儿童血铅超标率分别为 10.96% (25/228) 和 94.12% (352/374), 暴露区儿童血铅超标率显著高于对照区, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 418.439$, $P < 0.05$)。暴露区儿童血铁、锌、铜水平高于对照区, 血钙水平略低于对照区, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。暴露区和对照区儿童血镁水平间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.2 不同性别儿童血铅及 5 种金属元素水平

由表 1 可见, 对照区中男女儿童血铅、铁、锌、钙、镁水平间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 男童血铜水平高于女童, 差异有统计学意义 ($Z = -5.5920$,

$P < 0.05$)。暴露区中男女童血铁、锌、钙、铜、镁水平间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，男童血铅水平

高于女童，差异有统计学意义 ($Z = -2.8236$, $P < 0.05$)。

表1 调查儿童血铅及5种金属元素水平

分组	变量	例数	Pb ($\mu\text{g/L}$)			Fe (mg/L)			Zn (mg/L)		
			中位数	P_{25}	P_{75}	中位数	P_{25}	P_{75}	中位数	P_{25}	P_{75}
对照区	女	112	65.07	47.52	83.30	383.05	334.55	451.05	4.85	4.06	5.91
	男	116	68.10	55.62	89.32	369.20	323.70	420.15	5.11	4.58	5.83
	3~7岁	135	70.92 ^b	54.88	91.26	363.00 ^b	320.00	410.90	5.06	4.25	5.82
	8~14岁	93	65.73	46.85	81.22	418.80	350.30	465.70	5.10	4.47	5.98
	合计	228	67.38	50.66	84.98	380.40	329.10	435.25	5.08	4.26	5.84
暴露区	女	185	169.11	137.24	205.82	413.80	367.80	460.30	5.30	4.48	5.98
	男	189	183.00 ^a	158.55	213.46	412.40	371.60	459.80	5.30	4.62	5.91
	3~7岁	156	168.11 ^b	136.40	203.54	399.00 ^b	351.50	436.25	5.01 ^b	4.19	5.64
	8~14岁	218	182.08	157.87	214.69	428.55	376.70	472.80	5.51	4.74	6.08
	合计	374	178.67 [*]	148.27	210.69	412.60 [*]	368.90	460.30	5.30 [*]	4.56	5.95

分组	变量	例数	Ca (mg/L)			Cu (mg/L)			Mg (mg/L)		
			中位数	P_{25}	P_{75}	中位数	P_{25}	P_{75}	中位数	P_{25}	P_{75}
对照区	女	112	51.21	26.57	59.84	0.73	0.59	0.87	37.19	31.13	39.90
	男	116	54.80	27.04	63.23	0.82 ^a	0.66	0.98	37.30	34.29	41.05
	3~7岁	135	56.80 ^b	45.30	63.42	0.85 ^b	0.71	0.97	38.12 ^b	35.27	40.96
	8~14岁	93	39.81	15.39	56.19	0.67	0.54	0.81	34.18	30.52	38.77
	合计	228	53.47	27.04	61.31	0.78	0.61	0.94	37.27	32.61	40.37
暴露区	女	185	53.21	42.22	62.28	0.86	0.79	0.98	37.33	33.79	40.03
	男	189	52.74	43.14	61.07	0.87	0.79	0.98	37.69	34.28	40.65
	3~7岁	156	56.88 ^b	46.54	68.90	0.93 ^b	0.84	1.02	36.99 ^b	34.19	39.35
	8~14岁	218	51.72	40.38	57.26	0.84	0.75	0.92	38.15	33.99	40.98
	合计	374	52.88 [*]	42.48	61.53	0.87 [*]	0.79	0.98	37.49	34.10	40.43

注：a，暴露区和对照区内不同性别儿童金属元素水平比较 $P < 0.05$ ；b，暴露区和对照区内不同年龄组儿童金属元素水平比较 $P < 0.05$ ；*，暴露区和对照区儿童金属元素水平比较 $P < 0.05$ 。

2.3 不同年龄组儿童血铅及5种金属元素水平

由表1可见，对照区中，3~7岁儿童血铅、钙、铜、镁水平高于8~14岁儿童组，血铁水平低于8~14岁儿童组，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；不同年龄组儿童血锌水平差异无统计学意义 ($Z = 0.2921$, $P > 0.05$)。暴露区中，3~7岁儿童血铅、铁、锌、镁水平低于8~14岁儿童组，血钙、铜水平高于8~14岁儿童组，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.4 性别和年龄分层儿童血铅及5种金属元素水平

按性别分层，男童中暴露区儿童血铅、铁、铜水平高于对照区，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)；暴露区和对照区儿童血锌、钙、镁水平差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。女童中暴露区儿童血铅、铁、锌、钙、铜水平高于对照区，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)；暴露区和对照区儿童血镁水平间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

按年龄分层，3~7岁组中暴露区儿童血铅、铁、钙、铜水平高于对照区，血镁水平略低于对照区，差

异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；暴露区和对照区儿童血锌水平的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。8~14岁儿童中，暴露区儿童血铅、锌、钙、铜、镁水平高于对照区，差异有统计学意义 ($P < 0.05$)，暴露区和对照区儿童血铁水平的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3 讨论

近年来，我国开展了一些大规模的儿童血铅水平流行病学调查，如谈藏文^[5]等2004—2008年对我国城市儿童血铅的调查显示城市儿童血铅水平为 $(45 \pm 2.05) \mu\text{g/L}$ ，樊朝阳等^[6]2006年对我国中心城市儿童血铅调查显示城市儿童血铅水平为 $59.52 \mu\text{g/L}$ 。本调查发现，对照区儿童血铅中位数为 $67.38 \mu\text{g/L}$ ，血铅超标率为 10.96% ；暴露区儿童血铅中位数为 $178.67 \mu\text{g/L}$ ，血铅超标率为 94.12% ；暴露区儿童血铅水平和血铅超标率均显著高于对照区，且远高于我国城市儿童血铅水平。按年龄和性别分层分析结果均表明，暴露区儿童血铅水平远高于对照区。既往研究结果表明铅锌污染是导致儿童血铅水平升高的

主要原因之一^[7], 该铅锌冶炼区域铅污染对儿童健康的影响应该引起足够的重视。

本次调查发现, 对照区中不同性别儿童血铅、铁、锌、钙、铜、镁6种金属元素水平差异无统计学意义。暴露区除男童血铅水平高于女童外, 不同性别儿童其余5种元素水平之间的差异无统计学意义, 这应与男童顽皮好动, 接触外界铅污染物机会多有关^[5,6]。对照区3~7岁组儿童血铅水平略高于8~14岁组, 主要原因应是由于低年龄儿童手-口行为所致。暴露区8~14岁组儿童血铅水平略高于3~7岁儿童, 主要原因可能是年龄大的儿童室外活动增多导致接触污染的机会增加, 但需进一步研究证实。

既往对血铅和二价必需微量元素的关系研究结果多认为血铅和血钙、锌^[8~10]水平呈负相关, 铁缺乏可导致铅污染地区儿童血铅水平升高^[11], 钙、铁、锌是血铅的拮抗元素, 补充铁、钙、锌等元素可以降低血铅水平。本研究发现, 暴露区儿童仅血钙水平略低于对照区, 血镁水平的差异无统计学意义, 儿童血铁、锌、铜水平高于对照区。按年龄和性别分层分析, 暴露区和对照区儿童血镁水平的差异无统计学意义。本研究结果与其他研究有所不同, 可能与暴露区选择为铅锌冶炼重污染区有关。在铅锌矿开采、冶炼重污染区存在着铅、锌、铜等多种金属元素复合污染, 土壤中金属元素含量高于当地背景值和全国背景值^[12], 导致儿童各种金属元素的外暴露接触剂量远远高于其他区域。由于各种二价金属元素的接触水平很高, 进入人体的剂量高于人体正常生理代谢所需, 由此导致血液中各种二价金属元素水平明显升高, 体内不存在相关二价营养金属元素缺乏的状态。

本结果提示, 在铅锌冶炼污染区域, 由于各种金

属元素环境污染严重, 儿童二价金属营养元素的接触暴露剂量较高, 补充金属营养元素不应作为儿童铅中毒和高铅血症的常规干预治疗行为, 脱离铅污染暴露和行为干预应是更主要的干预措施。

参考文献:

- [1] 颜崇淮, 吴胜虎, 沈晓明, 等. 上海市推广使用无铅汽油对儿童血铅水平影响的追踪调查 [J]. 中华流行病学杂志, 2002, 23 (3): 17-19.
- [2] 林国桢, 陈清, 彭荣飞, 等. 使用无铅汽油后广州市儿童血铅水平的影响因素 [J]. 环境与健康杂志, 2007, 24 (12): 960-963.
- [3] 孙承业. 重金属健康危害形势及控制策略 [J]. 中国工业医学杂志, 2014, 27 (4): 243.
- [4] 李恒新, 宋雅丽, 李红光, 等. 乡镇企业铅污染导致儿童铅中毒的流行病学调查 [J]. 中华预防医学杂志, 2008, 42 (3): 156-159.
- [5] 谈藏文, 戴耀华, 谢晓桦, 等. 中国部分城市儿童血铅状况及其影响因素 [J]. 中华儿科杂志, 2011, 49 (4): 294-300.
- [6] 樊朝阳, 戴耀华, 谢晓桦, 等. 中国15城市0~6岁儿童铅中毒影响因素的研究 [J]. 中国儿童保健杂志, 2006, 14 (4): 361-363.
- [7] 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.
- [8] Alejandra C, Téllez Rojo M M, Shamah L T, *et al.* Differential association of lead on length by zinc status in two year old Mexican children [J]. *Environmental Health*, 2015, 14 (1): 95.
- [9] 刘丽莉, 王爱云, 郑俊青, 等. 儿童血铅与钙、铁、锌的关系及干预方法研究 [J]. 中国妇幼保健, 2007, 22 (4): 470-471.
- [10] Ettinger A S, Lamadrid Figueroa H, Téllez Rojo M M, *et al.* Effect of calcium supplementation on blood lead levels in pregnancy: a randomized placebo-controlled trial [J]. *Environ Health Perspect*, 2009, 117 (1): 26-31.
- [11] Bradman A, Eskenazi B, Sutton P, *et al.* Iron deficiency associated with higher blood lead in children living in contaminated environments [J]. *Environ Health Perspect*, 2001, 109 (10): 1079-1084.
- [12] 刘小燕, 陈棉彪, 李良忠, 等. 云南会泽铅锌冶炼厂周边土壤重金属污染特征及健康风险评价 [J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33 (3): 221-229.

欢迎订阅 《中国工业医学杂志》

主管单位: 国家卫生和计划生育委员会 主办单位: 中华预防医学会 沈阳市劳动卫生职业病研究所

主要内容: 职业病、工作相关疾病、劳动卫生基础研究和实验研究的科研论著、综述、讲座、调查报告, 职业病及职业因素所致疾病、生活中毒、农药中毒、药物中毒的预防、急救、诊断、治疗、护理的临床病例报道、经验总结等。

订阅方式: 邮发代号8-215, 全国各地邮局均可订阅。本刊为双月刊, 每期定价6.00元, 全年定价36.00元(含邮费)。订阅者可随时与本刊编辑部联系。款到即寄发票。本刊现存少量过刊期刊, 需要者也可随时联系订阅。

邮局汇款

收款人: 中国工业医学杂志编辑部

地址: 沈阳市铁西区南十一西路18号(邮编: 110024)

电话: 024-25731414