

## · 儿童铅中毒 ·

# 中国 15 城市儿童血铅水平及影响因素现况调查

张帅明 戴耀华 谢晓桦 樊朝阳 谈藏文

**【摘要】** 目的 调查中国城市 0~6 岁儿童血铅水平,为制定防止环境铅污染,保护儿童健康政策提供科学依据。方法 采用分层整群随机抽样的方法在全国 15 个中心城市中采集 0~6 岁儿童末梢血 17 141 份,采用原子吸收光谱法测定血铅水平,同时进行问卷调查。采用多元回归分析方法进行结果分析。结果 中国城市儿童血铅总体均值为 59.52  $\mu\text{g/L}$ ,血铅水平  $\geq 100 \mu\text{g/L}$  占 10.45%,血铅水平  $\geq 200 \mu\text{g/L}$  仅有 0.62%。血铅水平有随着年龄增大而升高的趋势,男童的血铅水平均值 (59.50  $\mu\text{g/L}$ ) 高于女童血铅水平均值 (54.95  $\mu\text{g/L}$ )。多元回归分析表明:①儿童生活居住环境会影响儿童的血铅水平。②父母的文化程度和职业以及儿童生活或卫生习惯对儿童血铅有影响。③饮食以及营养状况也与儿童血铅水平有关。**结论** 中国儿童血铅水平已有所下降,但仍高于发达国家儿童血铅水平,需要引起政府和全社会的重视。

**【关键词】** 血铅; 儿童; 相关因素

## Study on blood lead level and related risk factors among children aged 0-6 years in 15 cities in China

ZHANG Shuai-ming, DAI Yao-hua, XIE Xiao-hua, FAN Zhao-yang, TAN Zang-wen. Department of Early Childhood Development, Capital Institute of Pediatrics, Beijing 100020, China

**【Abstract】 Objective** To observe blood lead level and related risk factors among children aged 0-6 years old living in cities in China and to provide data for policy development to the prevention on environmental lead pollution. **Methods** A stratified-clustered-random sampling method was used. 17 141 peripheral blood samples of 0-6 years old children from 15 cities in China were tested. Tungsten atomizer absorption spectrophotometer was employed to determined the blood lead level. Related factors were also studied using a standardized questionnaire. Data were analyzed on related risk factors that affecting blood lead levels through multiple regression method. **Results** The mean blood lead level of 0-6 years old children from 15 cities in China was 59.52  $\mu\text{g/L}$  including 10.45% of those  $\geq 100 \mu\text{g/L}$ , and 0.62%  $\geq 200 \mu\text{g/L}$ . However, the blood lead levels seemed to have had a trend of increase parallel to age among 0-6 years-old children and were higher for boys (59.50  $\mu\text{g/L}$ ) than girls (54.95  $\mu\text{g/L}$ ). The risk factors which influencing children's blood lead levels would include the type of housing, parent's education levels, social status and hobby, children's behavior habit, dieting habit and nutritional condition. **Conclusion** The blood lead levels of children in China were lower than data gathered from former national studies but higher than those from developed countries, suggesting that the Government and the whole society should be aware of the problem on lead poisoning among children during their childhood.

**【Key words】** Blood lead level; Children; Risk factor

儿童是铅污染的易感人群,铅对儿童健康的影响是全身性的,且不可逆。有研究表明:儿童血铅每上升 100  $\mu\text{g/L}$ ,儿童智商下降 6~8 分。我国对儿童血铅水平也进行了大量的监测及研究工作,不过以往关于儿童血铅水平的调查多局限于某一地区或某一工业污染地区的小样本调查,多数缺少严格的质量控制体系,检测方法不一,调查结果缺乏代表性及可靠性,相互之间也难以进行比较。因此,有必要采

用严格的质量控制体系、先进的检测手段对我国不同地区儿童血铅水平进行调查,从而了解我国儿童血铅水平现状及其影响因素,为政府制定有关政策法规以及开展预防儿童铅中毒的健康教育提供科学依据。

### 对象与方法

1. 抽样方法:采用分层整群随机抽样的方法。

(1)将全国各中心城市作为抽样点,根据环境污染程度和以往各地血铅水平调查结果将全国各中心

城市分为高污染区、中污染区和低污染区 3 个层。主要依据为:有关单位对不同人群血铅水平调查结果,将近 5 年内血铅平均水平报告在  $100 \mu\text{g/L}$  以上或儿童血铅水平高于  $100 \mu\text{g/L}$  的比例大于 40% 者列为高污染区;近 5 年内血铅平均水平报告在  $80 \mu\text{g/L}$  左右或儿童血铅水平高于  $100 \mu\text{g/L}$  的比例在 25% ~ 35% 者列为中污染区;近 5 年内血铅平均水平报告在  $70 \mu\text{g/L}$  以下或儿童血铅水平高于  $100 \mu\text{g/L}$  的比例低于 20% 者列为低污染区。再根据每层 0~6 岁儿童人数的构成,确定每个层应调查的样本量,在各层内兼顾全国各大区,采用单纯随机抽样方法确定被调查城市。被确定作为调查城市为:①高污染区:银川、西安、成都、武汉、合肥;②中污染区:北京、长沙、哈尔滨、郑州、呼和浩特、石家庄;③低污染区:海口、大连、青岛、广州。

(2)在已抽取的城市中,选择 2~3 个交通繁忙的城区,以幼儿园为单位,根据样本量的要求,按随机原则抽取一定数量的幼儿园进行整群调查,同时在同一城区的妇幼保健所调查低年龄组儿童。

(3)确定样本量,每个城市 0~6 岁儿童分为 7 个年龄组。考虑到 0~2 岁儿童采样难度等因素,确定 0~2 岁每个年龄组为 100 名,3~6 岁每个年龄组为 225 名。每个年龄组的总人数,再按比例分配到采样点。

2. 问卷调查:在采样和体检之前向家长详细询问儿童的一般情况以及家庭社会环境,并填写“中国部分城市儿童铅中毒防治项目调查表”,具体项目包括一般情况、家庭情况、居住环境、生活习惯、健康状况、喂养和饮食习惯以及儿童的临床表现。

3. 标本采集、储存:①对采血场地要求:应选择远离马路的房间,周围环境无明显烟尘及灰尘飘扬,室内环境清洁,地板、桌面应事先拖擦干净,室内禁止吸烟;②对采血人员要求:医护人员在采血前应将指甲剪短,双手清洗干净,并用 2% EDTA( $\text{Na}_2$ )棉球擦洗后,再用 75% 酒精棉球消毒,采血过程中应经常擦洗,保持双手清洁;③对采血对象手部要求:先用肥皂彻底清洗儿童双手,用流动水冲洗,自然干燥,双手手指交叉抱拳,曲肘置于胸前。用三棱针刺破待测手指指腹部,用无铅毛玻璃管取  $40 \mu\text{l}$  血样,加入专用稀释液中摇匀,贴上标签。

4. 血铅水平测定:采集标本后,立即放入专用冰箱,1 周内检测,采用原子吸收光谱法进行测定,测定仪器为 BH2100 型钨舟原子吸收光谱仪(北京博

晖创新光电技术股份有限公司制造),该测定方法的优点为直接进样测定血铅水平,无前处理过程,操作简便、快速,可将污染降至最小。

5. 诊断标准:采用 1991 年美国疾病预防控制中心重新制定的儿童铅中毒诊断标准(血铅水平  $\geq 100 \mu\text{g/L}$ ,不管是否有相应的临床症状和其他血液生化变化)。

6. 质量控制:所有采样器材、容器通过抽查,经无铅检测合格。采血为专业、固定人员,保证血样量采集准确。在血铅测定过程中,每分析一批血样,同时分析质控样,如质控样结果不合格则该批血样需要重新测定,以保证样品测定的质量。对血铅水平高于  $100 \mu\text{g/L}$  的血样需重新测定,采用双管法测定进行复核,取平均数作为最终结果。

7. 统计学分析:用 Epi Data 3.02 编写数据录入程序,进行双重录入,并进行逻辑检查。用 SAS 8.2 软件进行统计学处理:不同城市、不同年龄、不同性别的儿童血铅值分布及血铅大于或等于警戒值的百分比;比较不同年龄、不同性别的儿童血铅值的差异是否有统计学意义;通过多元 logistic 回归分析筛选出影响儿童血铅水平的相关因素。

## 结 果

1. 儿童血铅水平:全体受调查儿童血铅分布在 0~780  $\mu\text{g/L}$  之间,血铅水平  $< 100 \mu\text{g/L}$  的儿童有 15 350 人,  $> 100 \mu\text{g/L}$  的有 1791 人,  $> 200 \mu\text{g/L}$  的仅有 106 人,均值为 59.52  $\mu\text{g/L}$ , 标准差为 45.59  $\mu\text{g/L}$ 。中位数为 53  $\mu\text{g/L}$ ,  $Q_3 = 76 \mu\text{g/L}$ ,  $Q_1 = 35 \mu\text{g/L}$ 。

2. 儿童铅中毒率:本次调查的 17 141 名儿童中,血铅水平  $> 100 \mu\text{g/L}$  的儿童有 1791 人,儿童铅中毒率为 10.45%。其中大连市儿童铅中毒率最低,为 3.52%;海口市最高,为 17.95%。各城市儿童铅中毒率见表 1。

各年龄组儿童铅中毒率有随年龄升高的趋势,0~岁组的儿童铅中毒率最低,为 6.26%;6 岁组的儿童铅中毒率最高,为 15.25%,各年龄组之间儿童铅中毒率经统计分析差异有统计学意义。各年龄组儿童铅中毒率见表 2。

男女童铅中毒率也有不同,男童的铅中毒率高于女童,男童为 11.47%,女童为 9.17%,经统计分析差异有统计学意义。

3. 影响儿童血铅水平的因素:通过 logistic 回归

表1 我国 15 城市 17 141 名儿童铅中毒率

城市	调查儿童人数	铅中毒儿童例数*	铅中毒率 (%)	血铅水平均值 (μg/L)
大连	1 223	43	3.52	45.51
青岛	1 189	87	7.32	47.42
长沙	1 172	87	7.42	59.17
呼和浩特	1 192	89	7.47	40.72
北京	1 114	101	9.07	52.62
合肥	1 013	94	9.28	56.47
哈尔滨	1 276	122	9.56	55.80
石家庄	1 170	117	10.00	55.59
广州	1 234	124	10.05	59.73
武汉	1 242	131	10.55	67.39
郑州	1 044	140	13.41	66.66
成都	1 394	202	14.49	67.05
西安	864	127	14.70	57.80
银川	1 156	173	14.97	68.87
海口	858	154	17.95	45.51
合计	17 141	1 791	10.45	59.52

\* 血铅水平 ≥ 100 μg/L

表2 我国 15 城市 17 141 名儿童各年龄组铅中毒率比较

年龄组 (岁)	调查儿童人数	铅中毒儿童例数*	铅中毒率 (%)	血铅水平均值 (μg/L)
0~	1 676	105	6.26	47.85
1~	1 456	115	7.90	52.34
2~	2 036	181	8.89	56.15
3~	3 871	417	10.77	57.64
4~	3 624	393	10.84	58.51
5~	3 291	399	12.12	60.93
6	1 187	181	15.25	66.20
合计	17 141	1 791	10.45	59.52

\* 同表 1

表3 儿童铅中毒相关危险因素 logistic 回归分析

危险因素	β	OR 值	P 值
男童	0.0392	1.155	0.0140
大年龄组(3~6岁)	0.0808	1.394	<0.0001
父亲低学历(高中以下)	0.0298	1.116	0.1296
母亲低学历(高中以下)	0.0603	1.244	0.0027
母亲从事铅相关职业	0.0237	1.236	0.0909
住房楼层较低(1楼或平房)	0.0262	1.100	0.0989
住房距主干道较近(≤30m)	0.0297	1.114	0.0602
住房附近有铅作业相关工厂	0.0279	1.133	0.0672
常咬铅笔	0.0486	1.350	0.0006
常用化妆品	0.0189	1.260	0.2484
吃东西前不洗手	0.0505	1.213	0.0013
常吃爆米花	0.0423	1.653	0.0012
常吃膨化食品	0.0487	1.241	0.0013
服用钙、锌、铁剂	-0.0508	0.825	0.0020

分析发现(表 3),以下危险因素会导致儿童铅中毒的危险性增加:男童、大年龄组、父亲低学历、母亲低学历、母亲从事铅相关职业、住房楼层较低、住房距主干道较近、住房附近有铅作业相关工厂、常咬铅

笔、常用化妆品、吃东西前不洗手、常吃爆米花、常吃膨化食品,而服用钙、锌、铁剂和常服奶制品为保护因素,能降低儿童铅中毒的危险性。

### 讨 论

儿童铅中毒作为严重危害儿童健康的环境卫生问题早已受到世界各国的高度重视,美国等发达国家视之为头号环境健康杀手,并对儿童血铅进行了广泛的监测。比利时在 1991-1995 年调查 728 名儿童血铅水平,均值为 87 μg/L;新加坡在 1995-1997 年对 269 名儿童测定血铅水平,均值为 66 μg/L<sup>[1]</sup>;美国 1991 年第三次健康和营养调查 2234 名 1~5 岁儿童的血铅水平均值为 36 μg/L<sup>[2]</sup>,加拿大 1993-1995 年测定 1109 名儿童血铅水平,均值为 15.7 μg/L<sup>[3]</sup>。本次调查儿童血铅水平均值为 59.52 μg/L,血铅水平 ≥ 100 μg/L 的儿童有 1791 名,儿童铅中毒发生率为 10.45%;血铅水平 ≥ 200 μg/L 的仅为 106 名,发生率为 0.62%,低于中国疾病预防控制中心 2001 年对我国 9 省 19 个城市 6502 名儿童血铅水平总体均值 88.3 μg/L 和儿童铅中毒率 29.91%<sup>[4]</sup>。尽管儿童血铅水平有所下降,但是由于我国人口基数大,0~6 岁的儿童约有 1.2 亿,因此铅中毒仍然是影响我国儿童健康的主要公共卫生问题,需要政府和社会的高度重视。

年龄大的儿童以及男童更易受到铅污染。本次调查儿童铅中毒率随年龄的增长有明显的增长趋势,男童铅中毒率也高于女童,这与美国第三次全国健康及营养调查以及我国 9 省 19 个城市儿童血铅调查结果是一致的。这是因为随着年龄增加,儿童的自主行为习惯和户外活动逐渐增多,使得不良生活习惯和环境污染方面的危险因素也相应增加;此外,男童自主活动范围大,好动,对事物好奇,接触铅污染的机会就多,从预防的观点出发,似有必要对男童进行更多的健康教育和关照。

父母文化水平会间接的影响到儿童血铅水平。父母文化水平偏低,对铅中毒知识的了解与认识程度往往不深,在生活中很难指导儿童正确地避开相关危险因素。本次调查发现,父母低学历(高中及以下)的儿童血铅水平要高于父母学历高的儿童。此外父母从事与铅相关职业也会影响孩子的血铅水平。从事与铅有关职业的父母会从工作场所把含有铅的尘埃带回家,增加子女接触铅的机会。因此对从事铅作业的父母进行儿童铅中毒的健康教育很有

必要,如下班后一定要洗澡、不要穿工作服回家等。

靠近主干道居住的儿童平均血铅水平较高,这主要是受使用含铅汽油的汽车尾气影响<sup>[5]</sup>。汽车废气是交通干线附近的主要铅污染源。传统汽油生产工艺中以四乙基铅作为防爆剂,汽油燃烧后从尾气中排出卤化铅粒子,它们在大气中再转变为氧化铅、碳酸铅等无机铅化合物,三分之一大颗粒铅尘迅速沉降于道路两旁数公里区域的地面上(土壤和农作物),其余三分之二则以气溶胶状态悬浮在大气中,可以随呼吸进入儿童体内。我国 2001 年 7 月开始在全国推广使用无铅汽油,不过铅会在环境中长期残留,但需要注意无铅汽油是指在提炼过程中不再添加铅的汽油,原油本身还是含铅的,因此,实际上无铅汽油还是含铅,每升大约含铅 0.01 g,同时我国汽车拥有量正以极快的速度递增,这表明汽车尾气仍将是导致儿童铅中毒的主要原因之一。另外,居住的楼层也与儿童铅中毒发生率相关,因为铅在大气中的分布特点是越接近地面铅的含量越高。

居住区附近有工厂会产生工业污染。在工业生产中,铅是一种常见的原料成分。多种行业诸如蓄电池制造业、金属冶炼业、印刷业、造船及拆船业、机械制造业等均需大量使用金属铅。当然工业性铅污染决不限于这些行业,工业排放的铅可以形成一个高剂量暴露的浓缩区。

铅尘进入儿童体内的主要途径是通过呼吸及手-口动作,儿童在玩耍或学习的过程中,手上往往粘有大量的空气中的铅尘,因此那些没有良好洗手习惯的儿童很容易通过手-口动作经消化道将铅尘摄入体内<sup>[6]</sup>。儿童铅暴露的另一个重要来源是儿童玩具和学习用品表面的油漆。有些孩子有咬铅笔等不良习惯,这样就会增加铅进入体内的机会。爆米花、松花蛋、膨化食品都是许多儿童喜欢的食物,也含有铅,尤其是传统工艺的爆米花和松花蛋。

奶类对重金属铅有螯合作用,可以抑制铅的吸收。本次调查发现呼和浩特市儿童血铅水平平均值最低,只有 40.72 μg/L,这可能与当地饮食中有大量

的奶制品有关。儿童铁、锌、钙营养状况和铅毒性作用之间也有一定的关系,它们和铅同为二价金属元素,在体内代谢过程中有许多共同之处。它们均在小肠吸收,并通过同一种转运蛋白质由肠腔转入血液。因此,在与转运蛋白的结合过程中,它们和铅有竞争性抑制作用。铁、锌、钙摄入不足会导致铅吸收过多,反之,过量的铅也会导致铁、锌、钙吸收减少。因此,充分补充奶制品和钙、锌、铁等人体必须的二价金属,能够有效遏制铅在肠道内的吸收从而降低铅对人体的危害。

通过本次现况调查,针对我国儿童铅中毒问题提出以下几点建议:①我国儿童血铅水平已有所下降,不像以往报道的那么高,不过仍需要政府及社会各界的重视;②确定我国儿童铅中毒的诊断标准,制定儿童铅中毒干预方案,统一检测方法,规范诊疗常规;③环境干预,包括制定相关法规,降低环境铅水平,消除含铅汽油的使用;④通过各种方式进行健康宣传教育,提高儿童及家长自我防铅意识;⑤限制或消除住宅和儿童少年机构建筑以及儿童玩具、用具使用含铅油漆;政府制定相关安全标准,加大监督管理力度,防止含铅超标物品流入市场;⑥合理膳食营养,多喝奶类,保证钙、铁、锌足量摄入。

### 参 考 文 献

- 1 Sallmen M, Lindbohm ML, Nurminen M, et al. Paternal exposure to lead and infertility. *Epidemiology*, 2000, 11: 148-152.
- 2 Debra JB, James LP, Pirkle, et al. Blood lead level in the US population. *JAMA*, 1994, 272: 277-283.
- 3 Rothenberg SJ, Khan F, Manalo M, et al. Mater bone lead contribution to blood lead during and after pregnancy. *Environ Res*, 2000, 82: 81-90.
- 4 戚其平, 杨艳伟, 姚孝元, 等. 中国城市儿童血铅水平调查. *中华流行病学杂志*, 2002, 23: 162-166.
- 5 沈晓明, 主编. 儿童铅中毒. 北京: 人民卫生出版社, 1996. 1-43.
- 6 Piomelli S. Childhood lead poisoning. *Pediatr Clin North Am*, 2002, 49: 1280-1290.

(收稿日期: 2005-06-20)

(本文编辑: 张林东)