

## · 儿童铅中毒防治 ·

## 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

颜崇淮 吴胜虎 沈晓明 章依文 江帆 殷洁敏 周建德  
何稼敏 敖黎明 章煜 李纫秋

**【摘要】** 目的 研究推广使用无铅汽油前后儿童血铅水平的动态变化规律。方法 1997 年 8~9 月间,在上海市 5 个区县 30 所托幼机构 1 969 名 1~6 岁儿童进行了血铅水平抽样调查,然后于 1998 年 4~6 月及 1999 年 8~9 月对相应人群进行血铅水平两次追踪调查。调查采用末梢血纸片法血铅测定方法。结果 上海市儿童血铅水平几何均数在推广无铅汽油前为  $83 \mu\text{g/L}$ ,推广无铅汽油后的 1998 年为  $80 \mu\text{g/L}$ ,1999 年为  $76 \mu\text{g/L}$ ,与前一年相比血铅水平的变化均有显著意义( $t$  值分别为 2.219 0, 4.457 6,  $P$  值分别小于 0.05 和 0.01),超过目前国际公认的儿童铅中毒诊断标准( $100 \mu\text{g/L}$ )的比例也由使用无铅汽油前的 37.8% 下降到 1999 年的 24.8%,差异有非常显著性( $u = 8.824 7, P < 0.01$ )。儿童血铅水平几何均数下降幅度徐汇区为  $10 \mu\text{g/L}$ 、静安区  $11 \mu\text{g/L}$ 、杨浦区  $6 \mu\text{g/L}$ 、嘉定区  $4 \mu\text{g/L}$ 、崇明县  $2 \mu\text{g/L}$ 。结论 推广使用无铅汽油可降低儿童的血铅水平。

**【关键词】** 铅中毒;血铅;儿童;汽油

**The trends of changes in children's blood lead levels since the introduction of lead free gasoline in Shanghai** YAN Chonghuai\*, WU Shenghu, SHEN Xiaoming, ZHANG Yirwen, JIANG Fan, YIN Jiemin, ZHOU Jiande, HE Jiamin, AO Liming, ZHANG Yu, LI Renqiu. \*Xinhua Hospital, Shanghai Second Medical University, Shanghai 200092, China

**【Abstract】 Objective** To describe trends of changes in blood lead levels in children aged 1-6 years during the time period before and after introducing lead free gasoline in Shanghai 1997 and 1999. **Methods** Blood lead levels of 1 969 children aged 1-6 years were determined by a sampling survey in five districts of Shanghai in August and September, 1997. Blood lead levels of the same population were re-determined by the same method from April to June in 1998 and from August to September in 1999. Filter paper blood lead test was carried out monthly using the filter paper blood lead proficiency testing program of Centers for Disease Control in the United States. The results from blood lead samples were under acceptable ranges during the study. **Results** The geometric means of blood lead levels were  $83 \mu\text{g/L}$  in 1997,  $80 \mu\text{g/L}$  in 1998 and  $76 \mu\text{g/L}$  in 1999, respectively. The prevalence rates of childhood lead poisoning (blood lead level was equal or more than  $100 \mu\text{g/L}$ ) were 37.8% in 1997, 25.7% in 1998 and 24.8% in 1999. The amounts of decrease on average blood lead levels in the five districts between 1997 and 1999 were  $10 \mu\text{g/L}$ ,  $11 \mu\text{g/L}$ ,  $6 \mu\text{g/L}$ ,  $4 \mu\text{g/L}$  and  $2 \mu\text{g/L}$ , respectively. **Conclusion** Lead poisoning is a preventable disease. The average levels of lead in young children in Shanghai decreased significantly after the introduction of lead free gasoline to Shanghai. Lead emissions from vehicles running on leaded gasoline was one of the important contributors to increase the children's blood lead levels in Shanghai. Lead poisoning is not evenly distributed among children in Shanghai, resulting in the different levels of decline.

**【Key words】** Lead poisoning; Blood lead level; Children; Gasoline

随着我国城市化和工业化进程的加快,环境铅污染对儿童健康的影响已受到全社会的普遍重视。大量研究表明,含铅汽油的广泛使用是造成儿童血

铅水平升高的一个重要因素<sup>[1-3]</sup>。上海市于 1997 年 10 月 1 日开始推广使用无铅汽油,全国已于 2000 年全面实行汽油无铅化。为探讨在推广使用无铅汽油过程中儿童血铅水平的变化趋势,我们对上海市儿童血铅水平进行了为期 3 年的动态观察。

## 对象和方法

1997 年 8~9 月间,即上海市实行汽油无铅化的前夕,在上海地区进行了一项严密设计、严格质量

作者单位 200092 上海第二医科大学附属新华医院(颜崇淮、吴胜虎、章依文、江帆);上海市儿科医学研究所(沈晓明、殷洁敏、周建德);上海第二医科大学儿童铅中毒防治研究中心(何稼敏、敖黎明、章煜、李纫秋)

控制的学龄前儿童血铅水平的流行病学调查。调查根据污染程度和地理位置的代表性,选择上海市的杨浦区(工业区)、静安区、徐汇区(普通市区)、嘉定区(近郊区)及崇明县(远郊)5个行政区作为调查点。每个调查点以随机整群抽样和分层随机相结合的方法确定样本。首先在5个行政区中各随机选取1个托幼机构(随机整群抽样),在抽取的托幼机构中按年龄分层(<2岁、3~岁、4~岁、>4岁共4层),每层随机抽取儿童80名(随机分层抽样),当年龄层内儿童不足80名时,则再次以随机整群抽样方式抽取1个托幼机构,如此反复,直至每个年龄层人数满80名为止。共计调查了5个区县30所幼儿园和托儿所1972名1~6岁儿童的血铅水平(其中资料完整的1969名)。于1998年4~6月份(即上海地区实行汽油无铅化半年后),对该组儿童进行血铅水平复查,由于升学、转园、搬迁等原因,有部分儿童失访,为保证两次调查间的可比性,我们在相应的托幼机构中,根据失访儿童的年龄结构和性别比例,进行相应补充。结果,第2次共调查儿童1972名。1999年8~9月份采用相同的研究方法在相应的托幼机构中进行儿童血铅水平复测,结果共调查儿童1992名。

血铅测定参照文献报道的方法<sup>[4]</sup>,由我们实验室建立的末梢血纸片法原子吸收分光光谱测定。该方法需在严格质量控制的情况下,按照统一的操作程序由专人采集血标本。采集时将末梢血滴于滤纸片上,干燥后置于无铅处理的专用纸片袋中运输,在实验室用打洞钳将滤纸片上血斑取下,硝酸溶液浸泡,取上清液加样于石墨炉进行铅含量分析,该方法经与静脉血铅进行对照比较,两种方法血铅值经统计学处理差异无显著性。为保证所有测定结果的准确性以及国际间的可比性,除了采用严格的实验室内部质量控制外,还参加美国疾病控制中心每月一次的单盲法考核,进行外部质量控制,研究期间质控符合率达100%。

数据统计采用 Statistics 5.0 统计软件在计算机

上完成。对两次血铅调查数据进行描述性统计,正态性检验,两样本均数差别 *t* 检验及两样本率的比较。

### 结 果

1. 前后两次血铅结果的统计比较及正态性检验分析(表1):正态性检验发现3次调查结果的  $u_1$  和  $u_2$  均显著 > 2.58,说明数据在峰度和偏度上均显著偏离正态分布。故将血铅值通过对数变换后进行统计分析,并用几何均数( $X_G$ )来反映资料的平均水平。结果发现,上海市1~6岁儿童的平均血铅水平在1997年无铅汽油使用前为83  $\mu\text{g/L}$ ,推广使用无铅汽油后的1998年下降为80  $\mu\text{g/L}$ ,1999年则下降到76  $\mu\text{g/L}$ 和前一年相比均有显著性意义( $t$ 值分别为2.219 0、4.457 6,  $P$ 值分别小于0.05和0.01),其中  $\geq 100 \mu\text{g/L}$  比例也由37.8%先后下降到25.7%和24.8%,1999年和1997年相比差异有非常显著性( $u = 8.824 5, P < 0.01$ )。

2. 上海市各行政区儿童血铅水平的变化:各行政区及市区(包括静安、徐汇和杨浦区)儿童血铅水平在使用无铅汽油前后的动态变化见表2。表2显示,将1998年和1999年儿童血铅水平分别与1997年相比,静安区儿童血铅水平  $X_G$  两年的下降幅度分别为4  $\mu\text{g/L}$ 和7  $\mu\text{g/L}$ ,分别下降3.98%和12.97%,徐汇区下降幅度为6  $\mu\text{g/L}$ 和4  $\mu\text{g/L}$ ,分别下降7.54%和13.26%,杨浦区下降幅度为4  $\mu\text{g/L}$ 和2  $\mu\text{g/L}$ ,分别下降3.57%和6.11%,嘉定区和崇明县下降幅度较小,分别为1  $\mu\text{g/L}$ 、3  $\mu\text{g/L}$ 和0  $\mu\text{g/L}$ 、2  $\mu\text{g/L}$ 。与推广使用无铅汽油前相比,1998年虽然所有儿童的整体血铅水平显著下降,但各县区儿童血铅水平的  $X_G$  的前后差别均不显著,如将静安区、徐汇区和杨浦区的样本合起来作为市区进行比较,两者差异有显著性;1999年与1997年相比,静安区及徐汇区以及市区儿童血铅水平差异均有显著性。

表1 上海市 1997~1999 年使用无铅汽油前后儿童血铅水平正态性检验及描述性统计结果( $\mu\text{g/L}$ )

年份	总人数	最大值	最小值	$M$	$\bar{x}$	$s$	$s_x$	$X_G$	$\geq 100 \mu\text{g/L}$ 的例数	$\geq 100 \mu\text{g/L}$ 的百分比	偏度系数	偏度系数标准误	$u_1$	峰度系数	峰度系数标准误	$u_2$
1997	1969	697	1	86	96	55	1.2	83	744	37.8	2.179 5	0.055 2	39.512 3	11.410 3	0.110 3	103.485 4
1998	1972	239	10	81	84	27	0.6	80	506	25.7	0.814 4	0.055 1	14.780 3	1.947 5	0.011 0	17.688 4
1999	1992	370	14	76	82	32	0.7	76	495	24.8	1.254 8	0.054 8	22.897 8	4.312 0	0.109 6	39.343 1

表2 上海市无铅汽油使用前后各行政区儿童血铅水平变化( $\mu\text{g/L}$ )

组别	推广无铅汽油前		1998 年与 1997 年相比				1999 年与 1997 年相比			
	人数	血铅( $X_G$ )	人数	血铅( $X_G$ )	$t$ 值	$P$ 值	人数	血铅( $X_G$ )	$t$ 值	$P$ 值
静安区	441	85(1.7)	376	81(1.2)	1.401 6	>0.05	401	74(1.5)	4.337 9	<0.01
徐汇区	387	78(2.1)	424	72(1.6)	1.940 5	>0.05	414	68(1.5)	3.400 1	<0.01
杨浦区	359	97(1.8)	387	93(1.3)	1.016 7	>0.05	372	91(1.4)	1.780 1	>0.05
嘉定区	369	86(1.5)	370	85(1.3)	0.318 8	>0.05	387	82(1.4)	1.420 3	>0.05
崇明县	413	74(1.7)	415	74(1.4)	0.076 4	>0.05	418	72(1.5)	0.954 5	>0.05
市区	1 187	86(1.9)	1 187	81(1.4)	2.531 7	<0.05	1 187	76(1.5)	4.224 5	<0.01

## 讨 论

环境铅污染是造成儿童血铅水平升高的主要原因,而含铅汽油的广泛使用和铅在现代工业中的大量应用是导致 20 世纪环境铅污染的两个重要原因<sup>[1]</sup>。有研究估计<sup>[5]</sup>,迄今为止全球已通过汽车的排气管将多达 1 000 万吨的铅排放在环境中。由于对含铅汽油有害作用的日益认识,美国在 70 年代开始限制汽油的含铅量。在对 1976~1980 年进行的美国第二次全民健康和营养调查(NHANES II)资料进行分析时,研究者发现<sup>[6]</sup>,在这 5 年期间,随着汽油中铅用量的逐年下降,人群血铅水平也逐年下降,两者呈极好的相关性。两者的相关关系在考虑了社会经济状况、儿童营养状况和其他铅暴露源等掺杂因素作用后仍有极其显著的意义。我们于 1997 年所进行的上海市儿童血铅水平流行病学研究发现<sup>[7]</sup>,车辆密集的市区儿童血铅水平显著高于车辆稀少的崇明县,而崇明县城又明显高于车辆更少的崇明乡村。相关因素分析发现,儿童每日在马路上逗留时间长短与血铅水平呈高度正相关。这些结果表明,含铅汽油的使用也是上海儿童血铅水平升高的一个重要因素。此次研究发现,在上海地区推广使用无铅汽油近两年后,儿童血铅水平的  $X_G$  由之前的  $83 \mu\text{g/L}$  下降到  $76 \mu\text{g/L}$ ,差异有显著性。超过目前国际上公认的儿童铅中毒诊断标准的比例,从 37.8% 下降到 24.8%。同时据上海市环保局大气铅监测结果显示,上海市市区 1998 年上半年大气铅含量已由 1997 年的年平均  $0.329 \mu\text{g/m}^3$  下降到  $0.234 \mu\text{g/m}^3$ ,下降幅度高达 28.9%。这表明推广使用无铅汽油减轻了该地区的环境铅污染程度,从而降低了儿童铅暴露的水平。

推广使用无铅汽油前后儿童血铅水平的下降幅度存在明显的地区差异,徐汇、静安、杨浦区下降幅度分别为  $10 \mu\text{g/L}$ 、 $11 \mu\text{g/L}$ 、 $6 \mu\text{g/L}$ ,而嘉定区和崇

明县只降低  $4 \mu\text{g/L}$  和  $2 \mu\text{g/L}$ 。造成这种差异的原因可能是静安区和徐汇区是普通市区,原来儿童铅暴露的来源中,含铅汽油所占比重较大,所以在推广使用无铅汽油后,儿童血铅水平下降最为显著,而杨浦区为上海市的老工业区,有象冶炼厂等铅作业工厂的工业性污染源,所以不仅儿童的平均血铅水平最高,而且在推广使用无铅汽油的过程中,儿童血铅水平下降的幅度较静安区和徐汇区要低;嘉定区属近郊区,在研究期间仍有大量使用含铅汽油的外省市过境车辆,因而血铅水平下降不如市区那么明显;而崇明县由于汽车数量相对较少,铅污染原因中含铅汽油使用所占比重较低,因此,推广使用无铅汽油前后该地区儿童血铅水平变化也不十分明显。

本研究结果显示,上海市推广使用无铅汽油后,环境铅污染在一定程度上得到了控制,儿童血铅水平连续两年下降,同时儿童血铅水平超过目前国际公认儿童铅中毒诊断标准的比例也相应减少。这表明无铅汽油推广使用可以减轻环境铅污染,有利儿童健康成长。

## 参 考 文 献

- 洪昭毅,沈晓明. 环境中铅的来源. 见:沈晓明,主编. 儿童铅中毒. 第 1 版. 北京:人民卫生出版社,1996. 42-45.
- Von Schirnding Y, Bradshaw D, Fuggle R, et al. Blood lead levels in South African inner-city children. *Environ Health Perspect*, 1991, 94:125-130.
- Romieu I, Palazuelos E, Avila MH, et al. Sources of lead exposure in Mexico city. *Environ Health Perspect*, 1994, 102:384-389.
- Srivuthana K, Yee H, Bhambhani K, et al. A new filter paper method to measure capillary blood lead level in children. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 1996, 150:498-502.
- Mielke HW, Reagan PL. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environ Health Perspect*, 1998, 106(suppl 1):s217-s229.
- Annest JL, Pirkle JL, Makuc D, et al. Chronological trends in blood lead levels between 1976 and 1980. *N Engl J Med*, 1983, 308:1373-1377.
- 颜崇淮,沈晓明,章依文,等. 上海市儿童血铅水平及其影响因素的流行病学研究. *中华儿科杂志*, 1998, 32:142-145.

(收稿日期:2001-12-10)

(本文编辑:段江娟)