

# 燃煤污染型氟砷中毒病区儿童智力水平和生长发育状况调查分析

白爱梅 李跃 范中学 李晓茜 李平安

**【摘要】目的** 探讨燃煤污染型氟、砷中毒对儿童智力 and 生长发育的影响。**方法** 2011 和 2012 年,从陕南燃煤污染型氟、砷中毒病区中选择重病区和轻病区作为调查点,非病区作为对照点,对 8~12 岁在校学生进行智力测试、氟斑牙和生长发育水平调查。分析比较各组间儿童智力 and 生长发育水平的差异。采集 8~12 岁儿童尿样,测定尿氟、尿砷含量。**结果** 重病区、轻病区、非病区 8~12 岁儿童尿氟中位数分别为 1.96、0.81、0.54 mg/L;尿砷中位数分别为 0.023、0.019、0.018 mg/L。儿童智力分别为  $101.22 \pm 15.97$ 、 $104.83 \pm 12.78$ 、 $107.92 \pm 13.62$ 。重病区、轻病区、非病区之间身高、体质量、胸围、肺活量组间比较,差异均有统计学意义( $\chi^2 = 36.549$ 、 $25.859$ 、 $28.021$ 、 $45.627$ ,  $P$  均  $< 0.01$ )。重病区、轻病区儿童身高、体质量、胸围、肺活量(136 cm、31 kg、64 cm、1 432 ml、137 cm、30 kg、65 cm、1 433 ml)均低于非病区(141 cm、34 kg、67 cm、1 660 ml,  $Z$  值分别  $-5.858$ 、 $-4.151$ 、 $-4.196$ 、 $-4.500$ 、 $-5.189$ 、 $-3.240$ 、 $-6.698$ 、 $-4.008$ ,  $P$  均  $< 0.01$ ),重病区肺活量低于轻病区( $Z = -2.395$ ,  $P < 0.05$ )。儿童尿氟、尿砷与智力均呈负相关关系( $r = -0.560$ 、 $-0.353$ ,  $P$  均  $< 0.05$ )。**结论** 氟、砷暴露不利于儿童的智力发育和生长发育。建议加强改炉改灶工作,促进儿童健康成长。

**【关键词】** 氟中毒,牙; 砷; 煤; 智力; 生长发育

**Intelligence and growth development of children in coal-burning-borne arsenism and fluorosis areas: an investigation study** Bai Aimei, Li Yue, Fan Zhongxue, Li Xiaoqian, Li Ping'an. Department of Laboratory, Shaanxi Institute for Endemic Disease Control and Research, Xi'an 710003, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the influence of fluoride and arsenic exposure on children's intelligence and growth development. **Methods** The illness seriously and lightly affected areas in the coal-burning-borne arsenism and fluorosis areas in the south part of Shaanxi were selected as survey sites from 2011 to 2012, while the illness non-affected areas as controls. Children's IQ was tested, dental fluorosis and growth level of 8-12-year-old students in the school were investigated by random sampling, and the differences of children's IQ and the level of their growth among different groups were analyzed. Urine samples of the children were collected to determine the fluoride and the arsenic content. **Results** In the illness seriously affected, lightly affected and non-affected areas, the medians of urinary fluoride of children were 1.96, 0.81 and 0.54 mg/L, respectively; and the medians of their urinary arsenic were 0.023, 0.019 and 0.018 mg/L, respectively. The average IQ levels were  $101.22 \pm 15.97$ ,  $104.83 \pm 12.78$  and  $107.92 \pm 13.62$ , respectively. In illness seriously affected, lightly affected and non-affected areas, the differences of their height, weight, chest circumference and lung capacity between groups ( $\chi^2 = 36.549$ ,  $25.859$ ,  $28.021$  and  $45.627$ , all  $P < 0.01$ ) were significantly different. The height, weight, chest circumference and lung capacity of the children in illness seriously affected (136 cm, 31 kg, 64 cm, 1 432 ml) and lightly affected areas (137 cm, 30 kg, 65 cm, 1 433 ml) were all less than those of the illness non-affected areas (141 cm, 34 kg, 67 cm, 1 660 ml,  $Z = -5.858$ ,  $-4.151$ ,  $-4.196$ ,  $-4.500$ ,  $-5.189$ ,  $-3.240$ ,  $-6.698$  and  $-4.008$ , all  $P < 0.01$ ); lung capacity of children in illness seriously affected areas was less than that of the illness lightly affected areas ( $Z = -2.395$ ,  $P < 0.05$ ). Their urinary fluoride and arsenic levels were negatively correlated with their IQ ( $r = -0.560$ ,  $-0.353$ , all  $P < 0.05$ ). **Conclusions** Fluorine and arsenic exposure is not conducive to children's intellectual development and growth. We propose to strengthen the measure of changing stove furnace

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4255.2014.02.011

基金项目:陕西省卫生厅疾控处资助项目(2011-23)

作者单位:710003 西安,陕西省地方病防治研究所实验室

in order to provide a healthy growth environment for children.

**[Key words]** Fluorosis, dental; Arsenic; Coal; Intelligence; Growth development

地方性氟中毒、砷中毒是严重危害人类健康并可导致多脏器损伤的地球生物化学性疾病。有研究表明,氟、砷可能对儿童的智力及生长发育也造成了损害<sup>[1-8]</sup>。但这些调查研究都是在饮水型病区进行的。为了解燃煤污染型氟、砷中毒对儿童智力及生长发育的影响,保护儿童身体健康,全面提高病区人口素质,作者于 2011 和 2012 年对陕南燃煤污染型氟中毒病区儿童智力水平和生长发育状况进行了调查,现将结果报道如下。

## 1 对象与方法

**1.1 调查对象:**根据地方性氟中毒、砷中毒的历史病情,按照地理环境相似,社会经济和文化水平相当的原则,并排除其他外环境因素的污染,选择安康市紫阳县蒿坪镇中心小学(重病区)、镇坪县曾家镇中心小学(轻病区)和白河县明德小学(非病区)作为调查点,对 8~12 岁在校学生进行调查。3 个调查县均属于非饮水型氟中毒、砷中毒病区,碘缺乏病基本控制县。

### 1.2 调查内容和方法

**1.2.1 尿氟、尿砷检测:**每所小学抽取 100 名 8~12 岁学生,保持年龄、性别均衡。用聚乙烯塑料瓶,采集一次性尿样 30~50 ml。尿氟测定采用离子选择电极法(WS/T 89-1996),尿砷测定采用氢化物发生原子荧光光度法。

**1.2.2 煤氟、煤砷检测:**在每所小学周围采集 5 份矿区煤样,按多方位点式采集。将采集的煤样敲碎充分混匀后,按四分法取 0.5 kg 左右,样品储存于塑料袋中。煤氟测定执行《煤中氟的测定方法》(GB/T 4633-1997)标准,煤砷测定采用氢化物发生原子荧光光度法。

**1.2.3 氟斑牙调查:**采用 Dean 法,对在校 8~12 岁学生全部进行氟斑牙调查。

**1.2.4 智力测试:**每所学校抽取 160 名 8~12 岁学生,保持年龄、性别均衡。按照《中国联合型瑞文测试(CRT-C2)图册》方法进行智力测试、评分和判定。智力等级判定:≤69 为智力低下,70~79 为边缘,

80~89 为中下,90~109 为中等,110~119 为中上,120~129 为优秀,≥130 为非常优秀。

**1.2.5 生长发育调查:**对全部在校的 8~12 岁学生进行生长发育调查,儿童生长发育指标按《儿童少年卫生学》<sup>[9]</sup>要求进行,由经过严格培训的专业人员对参与氟斑牙调查的学生全部进行身高、体质量、胸围及肺活量测量。采用 Z 评分分析方法<sup>[10]</sup>,以“2005 年中国学生体质与健康调查”,陕西省 8~12 岁儿童形态机能的调查结果作为参照标准<sup>[11]</sup>,以汉族乡村男生或女生各年龄段生长发育指标为参考标准,按照 Z 值 ±1、±2 的点值分为 5 个范围,视观察值所属范围判断指标值的等级来进行评价。

**1.3 数据处理:**采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。不同病区儿童智力测验结果采用方差分析,两两比较采用 SNK-q 检验不同病区儿童生长发育采用多独立样本非参数秩和检验,尿氟与儿童智力、尿砷与儿童智力采用 spearman 相关分析。

## 2 结果

**2.1 煤氟、煤砷和儿童尿氟、尿砷测定结果:**重病区和轻病区煤氟含量均值分别超过国家煤炭行业高氟煤标准[200 mg/kg,《煤中氟含量分级》(MT/T 966-2005)]的 13.85 倍和 8.20 倍,煤砷含量均值也分别超过燃煤型砷中毒病区划分标准[40 mg/kg,《地方性砷中毒病区判定和划分标准》(WS 277-2007)],非病区煤样均为输入性源头不清煤炭,且为街头餐饮商贩使用,当地百姓取暖做饭均以电和柴为主,因此本次调查煤氟含量较高,并不能真实反映当地煤氟水平。重病区儿童尿氟、尿砷高于非病区,也高于轻病区。见表 1。

**2.2 儿童氟斑牙检查:**重病区紫阳县蒿坪小学检查 207 名学生,氟斑牙检出率为 53.14%,氟斑牙指数为 1.13,属于中度流行;轻病区镇坪县曾家小学检查 170 名学生,氟斑牙检出率为 43.51%,氟斑牙指数为 0.75,属于轻度流行;非病区白河县明德小学检查学生 201 人,氟斑牙检出率为 7.46%,氟斑牙指数为 0.11,属于非流行病区。

表 1 陕南燃煤污染型氟中毒病区煤氟、煤砷和 8~12 儿童尿氟、尿砷测定结果

组别	煤氟		煤砷		尿氟		尿砷	
	份数	$\bar{x} \pm s(\text{mg/kg})$	份数	$\bar{x} \pm s(\text{mg/kg})$	份数	中位数(mg/L)	份数	中位数(mg/L)
重病区	6	2 769.34 ± 1 642.96	6	112.73 ± 34.72	120	1.96	124	0.023
轻病区	5	1 639.15 ± 396.27	5	98.07 ± 20.18	85	0.81	86	0.019
非病区	4	1 008.16 ± 606.47	4	37.39 ± 25.96	98	0.54	98	0.018

**2.3 儿童智力水平和分布:**各组间智力均值从低到高依次为重病区、轻病区、非病区,智力水平总体比较差异有统计学意义( $F = 9.099, P < 0.01$ )。从智力水平分布来看,智力水平中等及以下者人数所占比例是重病区(70.37%) > 轻病区(62.73%) > 非病区(57.93%)。重病区、轻病区儿童智力水平均低于非病区( $P$ 均 < 0.01),重病区低于轻病区( $P < 0.01$ )。见表 2。

**2.4 尿氟、尿砷与智力的关系:**儿童智力与尿氟的相关系数为 - 0.560( $P < 0.05$ ),儿童智力与尿砷的相关系数为 - 0.353( $P < 0.05$ )。

**2.5 儿童生长发育调查结果:**从表 3 可以看出,在身高、体质量、胸围、肺活量各项生长发育指标中,病区中等以下的学生人数明显高于非病区。重病区、轻病区、非病区之间儿童身高、体质量、胸围、肺活量组间比较,差异均有统计学意义( $\chi^2 = 36.549, 25.859, 28.021, 45.627, P$ 均 < 0.01)。重病区、轻病区儿童身高、体质量、胸围、肺活量均低于非病区( $Z = - 5.858, - 4.151; - 4.196, - 4.500; - 5.189, - 3.240; - 6.698, - 4.008, P$ 均 < 0.01),重病区肺活量低于轻病区( $Z = - 2.395, P < 0.05$ )。

### 3 讨论

地方性氟、砷中毒是长期从饮用水、燃烧煤污染的室内空气,食物等环境介质中摄入过量的氟和

砷而引起的一种地方病。陕南属于燃煤污染型氟砷联合中毒病区<sup>[12]</sup>,紫阳县蒿坪镇属于重病区。本次调查显示,蒿坪镇煤氟含量高出国家煤炭行业高氟煤标准的 13.85 倍,儿童尿氟含量超过国家标准,但氟斑牙流行处于中等趋势;煤砷含量超过砷中毒病区划分标准,但儿童尿砷不超标。镇坪县曾家镇煤氟含量高出国家煤炭行业高氟煤标准的 8.20 倍,但儿童尿氟、尿砷均不超标,氟斑牙处于轻度流行趋势,可能与近年来防氟砷改炉改灶有关。

有研究<sup>[13-15]</sup>发现,高砷或高氟均可对儿童不同时期的智力和神经系统的正常发育产生不良影响。本次陕南燃煤污染型病区儿童智力的调查中显示,儿童智力水平为:重病区 < 轻病区 < 非病区,儿童智力与尿氟、尿砷水平呈负相关关系,提示过量的氟或砷对儿童智力发育存在潜在危害。

在儿童生长发育的几项观察指标中,重、轻病区儿童身高、体质量、胸围、肺活量均低于非病区,重病区的肺活量低于轻病区。有研究表明,氟对儿童的形态发育会产生影响,砷可以导致新生儿体质量减轻,甚至畸形和死亡,具有潜在的发育毒性<sup>[16]</sup>。儿童的智力发育会受到遗传、营养、地理环境、社会环境等诸多因素的影响。本调查研究的儿童均处于秦巴山区,地理环境、文化背景、经济状况、生活水平极其相似,在随机抽样的情况下,测试儿童智力

表 2 陕南燃煤污染型氟中毒病区儿童智力水平分布情况

分组	例数	智力值 ( $\bar{x} \pm s$ )	智力频数分布						
			智力落后 ( $\leq 69$ )	边缘 (70 ~ 79)	中下 (80 ~ 89)	中等 (90 ~ 109)	中上 (110 ~ 119)	优秀 (120 ~ 129)	非常优秀 ( $\geq 130$ )
重病区	162	101.22 ± 15.97	2(1.2)	6(3.7)	24(14.8)	82(50.6)	35(21.6)	11(6.8)	2(1.2)
轻病区	161	104.83 ± 12.78	1(0.6)	4(2.5)	11(6.8)	85(52.8)	40(24.7)	18(11.2)	2(1.2)
非病区	164	107.92 ± 13.62	0(0.0)	1(0.6)	11(6.7)	83(50.6)	39(24.1)	20(12.2)	10(6.1)

注:( )内数字为百分数

表 3 陕南燃煤污染型氟中毒病区 8 ~ 12 岁儿童生长发育水平等级分布[例(%)]

分组	指标	例数	中位数	四分位数间距	极差	差	中等	良	优
重病区	身高	192	136	11.00	3(1.56)	24(12.50)	124(64.58)	28(14.58)	13(6.78)
	体质量	192	31	8.00	0(0.00)	8(4.17)	148(77.08)	15(7.81)	21(10.94)
	胸围	192	64	6.75	2(1.04)	19(9.90)	138(71.88)	19(9.90)	14(7.29)
	肺活量	192	1432	541.00	0(0.00)	25(13.02)	123(64.06)	32(16.67)	12(6.25)
轻病区	身高	170	137	12.25	0(0.00)	12(7.06)	120(70.59)	31(18.24)	7(4.12)
	体质量	170	30	8.25	0(0.00)	7(4.12)	127(74.71)	23(13.53)	13(7.65)
	胸围	170	65	7.00	1(0.59)	6(3.53)	132(77.65)	22(12.94)	9(5.29)
	肺活量	170	1433	665.00	0(0.00)	11(6.47)	110(64.71)	34(20.00)	15(8.82)
非病区	身高	201	141	13.00	0(0.00)	5(2.49)	99(49.25)	60(29.85)	37(18.41)
	体质量	201	34	11.00	0(0.00)	2(1.00)	114(56.72)	43(21.39)	42(20.90)
	胸围	201	67	8.00	0(0.00)	4(1.99)	130(64.68)	38(18.91)	29(14.43)
	肺活量	201	1660	655.00	0(0.00)	10(4.98)	84(41.79)	59(29.35)	48(23.88)

注:( )内数字为百分数

和生长发育指标, 调查结果表明, 氟、砷暴露对儿童智力和生长发育会带来不良影响, 在重病区尤为明显。有调查显示, 儿童智力中有 14% 的变异是由于砷暴露所致<sup>[17]</sup>。陕南燃煤污染型氟中毒和砷中毒在地理分布上是完全重叠的, 区域内两种疾病在人群分布上的叠加现象也很多见<sup>[12]</sup>。因此, 在本次调查中, 影响儿童智力和生长发育的因素是氟占主导作用还是砷占主导作用, 或者是二者协同作用, 氟、砷各自暴露对儿童智力和生长发育影响的严重程度如何, 还有待于进一步研究。

总之, 本次调查结果显示, 在燃煤污染型氟、砷中毒病区, 氟、砷暴露会损伤儿童的智力发育, 对儿童体格和生长发育也会带来不良影响, 提示相关部门应尽快制定相应的干预措施, 保护和促进氟、砷中毒病区儿童的健康成长。

### 参 考 文 献

- [1] 杨春光, 叶枫. 高氟对智商及中枢神经系统的影响[J]. 中国地方病学杂志, 2006, 25(3): 352-353.
- [2] 孙贵范. 中国砷中毒防治和砷生物学作用的研究[J]. 中国地方病学杂志, 2011, 30(1): 2-3.
- [3] 吴春香, 王俊东. 砷中毒对免疫系统功能的影响[J]. 广东微量元素科学, 2005, 12(12): 7-10.
- [4] 朱博, 孙明伟, 王新, 等. 饮水型砷暴露对儿童智力发育影响的 Meta 分析[J]. 环境与健康杂志, 2010, 27(12): 1070-1071.
- [5] 王三祥, 王正辉, 程晓天, 等. 氟砷中毒地区儿童智力水平及生长发育调查与评价[J]. 中国地方病学杂志, 2005, 24(2): 179-182.
- [6] 高勤, 刘艳洁, 吴昌学, 等. 氟对大鼠胆碱酯酶的活性和学习记忆力的影响[J]. 中国地方病学杂志, 2008, 27(2): 128-130.
- [7] 范中学, 戴红星, 白爱梅, 等. 高氟对儿童智商的影响[J]. 环境与健康杂志, 2007, 24(10): 802-803.
- [8] 林亮, 王肇军, 张娜, 等. 饮水型地方性砷中毒对儿童智力发育的影响[A]. 全国第六次地方性氟、砷中毒学术会议论文集[C]. 哈尔滨: 中国地方病学杂志编辑部, 2005: 250-251.
- [9] 叶广俊. 儿童少年卫生学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 1993: 40-50.
- [10] 何发勤. 儿童体格发育 Z 评分方法分析方法[J]. 预防医学情报杂志, 1994, 10(2): 91-92.
- [11] 中国学生体质与健康研究组. 2005 年中国学生体质与健康调研报告[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 259-371.
- [12] 白广禄, 刘晓莉, 范中学, 等. 陕西省燃煤污染型砷中毒流行病学调查[J]. 中国地方病学杂志, 2006, 25(1): 57-60.
- [13] 张建文, 姚华, 陈艳. 高氟高砷对子代智力发育影响的调查[J]. 中国地方病防治杂志, 2000, 15(4): 231-232.
- [14] Wasserman GA, Liu X, Parvez F, et al. Arsenic and intellectual function: bangladeshi children at risk[J]. Environ Health Perspect, 2004, 112(13): 1329-1333.
- [15] 李晶, 姚笠, 邵庆亮, 等. 高氟对新生儿行为神经发育的影响[J]. 中国地方病学杂志, 2004, 23(5): 464-465.
- [16] 张爱君, 张桂彬. 砷的遗传毒性[J]. 中国地方病防治杂志, 2004, 19(1): 25-26.
- [17] Siripitayakunkit U. 慢性砷中毒与泰国儿童智力之间的关系[A]. 泛亚洲-太平洋地区氟砷研究国际学术会议论文摘要[C]. 沈阳: 中国地方病协会氟砷专家委员会, 1999: 22.

(收稿日期: 2013-08-28)

(本文编辑: 王涵)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 关于《中华地方病学杂志》刊出论文中英文缩写的公告

ADP(Adenosine diphosphate): 二磷酸腺苷  
 ATP(adenosine-riphosphate): 三磷酸腺苷  
 BSA(bovine serum albumin): 牛血清蛋白  
 CT(computed tomography): 计算机断层摄影术  
 DMSO(dimethyl sulfoxide): 二甲基亚砷  
 DNA(deoxyribonucleic acid): 脱氧核糖核酸  
 EDTA(ethylene diamine tetraacetic): 乙二胺四乙酸  
 ELISA(enzyme linked immunosorbent assay): 酶联免疫吸附试验  
 GAPDH (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase): 3-磷酸甘油醛脱氢酶  
 Hb(hemoglobin): 血红蛋白  
 HRP(peroxidase, horseradish): 辣根过氧化物酶  
 IFN(interferon): 干扰素

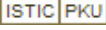
IL(interleukin): 白细胞介素  
 LPS(Lipopolysaccharide): 脂多糖  
 MRI(magnetic resonance imaging): 磁共振成像  
 NMR(Nuclear Magnetic Resonance): 核磁共振  
 NF- $\kappa$ (nuclear factor-kappa B): 核因子  $\kappa$ B  
 RNA(Ribonucleic Acid): 核糖核酸  
 PBS(phosphate buffered saline): 磷酸盐缓冲液  
 PCR(Polymerase Chain Reaction): 聚合酶链式反应  
 RT-PCR(reverse transcription-polymerase chain reaction): 反转录-聚合酶链反应  
 SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis): 十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳  
 TNF(Tumor Necrosis Factor): 肿瘤坏死因子

本刊编辑部

# 燃煤污染型氟砷中毒病区儿童智力水平和生长发育状况调查分析

作者: [白爱梅](#), [李跃](#), [范中学](#), [李晓茜](#), [李平安](#), [Bai Aimei](#), [Li Yue](#), [Fan Zhongxue](#), [Li Xiaoqian](#),  
[Li Ping'an](#)

作者单位: [陕西省地方病防治研究所实验室](#), 西安, 710003

刊名: [中华地方病学杂志](#) 

英文刊名: [Chinese Journal of Endemiology](#)

年, 卷(期): 2014, 33(2)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zgdfbxzz201402011.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgdfbxzz201402011.aspx)