

· 现场调查 ·

应用手工化测试研究机动车尾气污染对儿童神经行为功能的影响

王舜钦 张金良 曾晓东 曾奕民 陈淑云

【摘要】 目的 采用手工化神经行为功能测试初步探讨低水平机动车尾气暴露对儿童神经行为功能的影响。**方法** 根据环境监测数据和道路机动车流量,在福建省泉州市某区选择机动车尾气污染程度不同的 2 所小学作为研究现场。以调查学校二、三年级所有学生为研究对象,进行问卷调查和神经行为功能测试,最后选择在当地居住时间 ≥ 3 年、测试时健康状况良好的 861 名儿童进行分析。**结果** 2 所学校瑞文测试得分基本相同;学校 B 划消测试得分低于学校 A,但是差异无统计学意义($P=0.071$);ANOVA 显示学校 B 儿童的数字符号、目标瞄准追踪、符号记入、连接数字测试的得分显著低于学校 A($P<0.001$)。在控制其他因素后,位于机动车尾气污染严重地区的学校 B 儿童的数字符号、目标瞄准追踪、符号记入、连接数字测试的得分比低暴露的学校 A 的儿童分别低 2.9、11.5、5.6 和 1.6 分,差异有统计学意义($P<0.001$)。**结论** 长期低水平机动车尾气暴露对儿童的神经行为功能有不良影响。

【关键词】 神经行为功能; 机动车尾气; 健康效应; 儿童

Effects of traffic exhausts on children's neurobehavioral functions scored by neurobehavioral evaluation methods in Quanzhou, Fujian province WANG Shun-qin, ZHANG Jin-liang, ZENG Xiao-dong, ZENG Yi-min, CHEN Shu-yun. Department of Occupational and Environmental Health Science, School of Public Health, Peking University Health Science Center, Beijing 100083, China
Corresponding author: ZHANG Jin-liang, Email: jinliangzhg@263.net

【Abstract】 Objective To explore the effects of traffic exhausts on children's neurobehavioral functions. **Methods** A field study was conducted in Quanzhou, Fujian province where two primary schools were chosen based on the numbers of automobiles passing by, and the data of ambient air pollutants from the monitoring system. School B and School A located at the high traffic exhausts pollution area and the clear area, respectively. Neurobehavioral functions of pupils in grade 2 and 3 were scored. **Results** School B had very similar score of Ruiwen Test with School A, while the score of Digit Eras Test was lower than that in School A with marginal significance. The scores of Digit Symbol, Aim Tracing, Sign Register and Connect Number test were 38.5 ± 9.96 , 84.3 ± 27.83 , 37.4 ± 11.62 and 17.1 ± 5.88 in School B, respectively, which were significantly lower than those in School A (41.6 ± 12.97 , 95.5 ± 35.80 , 42.3 ± 15.58 and 18.7 ± 5.78) respectively. Scores in Digit Symbol, Aim Tracing, Sign Register and Connect Number of pupils in School B were 2.9, 11.5, 5.6 and 1.6 lower than those in School A after adjusting on other confounding factors. **Conclusion** It was suggested that traffic exhausts might cause damage to children's neurobehavioral functions.

【Key words】 Neurobehavioral functions; Traffic exhausts; Health effects; Children

机动车尾气对大气环境的污染以及对儿童健康的影响业已受到社会以及公众普遍关注。研究表明:机动车排放的有害气体和颗粒物可以危害人的呼吸系统、免疫功能、生殖功能、心血管系统和神经系统功能。儿童由于处在生长发育阶段,器官系

统发育尚未完善,对大气污染比成年人更为易感。为了了解低水平机动车尾气污染对儿童健康的危害,我们采用手工化测试方式研究福建省泉州市机动车尾气污染对儿童神经行为功能的影响。

材料与方法

1. 研究现场:根据 2002 年环境空气质量监测数据及机动车流量在泉州市某区选择机动车尾气污染程度不同的 2 个区作为研究地区。污染区位于市区

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30571533);北京市自然科学基金资助项目(7032025)

作者单位:100083 北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系(王舜钦、张金良);福建省泉州市卫生监督所(曾晓东);泉州市卫生局(曾奕民);泉州市鲤城区疾病预防控制中心(陈淑云)

通讯作者:张金良,Email:jinliangzhg@263.net

中心,车辆多,属市区交通最繁忙地带,2002 年 NO_2 、 SO_2 、 PM_{10} 年平均浓度分别为 0.022 mg/m^3 、 0.027 mg/m^3 、 0.080 mg/m^3 。清洁区位于市区北部,主要交通道路少,机动车流量小,2002 年 NO_2 、 SO_2 、 PM_{10} 年平均浓度分别为 0.007 mg/m^3 、 0.013 mg/m^3 、 0.068 mg/m^3 。两区均位于市中心区,无工业或其他污染来源。分别从两区各选择一所小学校作为研究现场。如图 1 示,学校 A 位于清洁区,离市区一级道路 3.5 km 左右,该道路车流量小,非高峰期车流量为 1528 辆/h (记录时间:2004 年 8 月 15 日);学校 B 位于污染区,校门正对市区一级道路三叉路口,该路口车辆滞留时间长,交通拥挤,非高峰期车流量为 6740 辆/h (记录时间同上)。学校校园环境空气质量监测结果显示,学校 B 24 h 内 NO_2 和 CO 的平均浓度显著高于学校 A ($u = 2.627, P = 0.008$)^[1]。

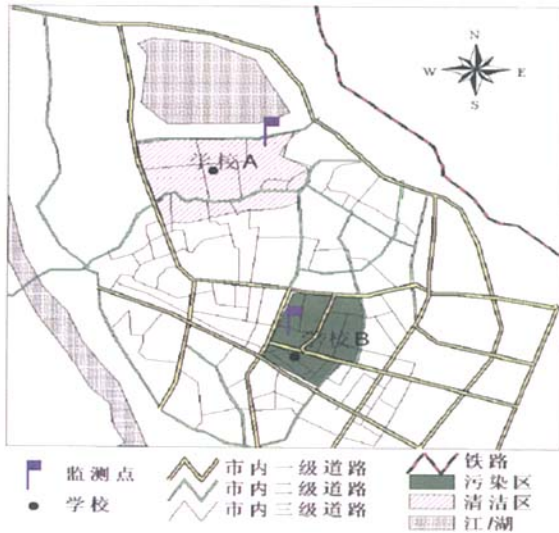


图1 研究现场示意图

2. 研究对象:采用整群抽样方法抽取 2 所学校二、三年级所有学生进行问卷调查和神经行为功能测试。分析时选择符合以下条件者:①在当地居住 3 年以上,居住地距离学校 3 km 以内;②本人及家族无精神及神经系统遗传性疾病,且在测试期间健康状况良好;③问卷填写符合要求。最终 963 名学生中有 861 名符合上述条件,其中学校 A 有 431 人,学校 B 有 430 人。本研究涉及的所有检测和调查均在学生父母或其监护人知情同意的基础上进行。

3. 研究方法:

(1)问卷调查:采用自填式问卷形式对学生基本情况、父母亲相关情况、家庭及居住环境等进行调

查。调查时由各班主任老师发放问卷,再由学生带给其父母或其他监护人填答。

(2)神经行为功能测试:采用手工操作和团体施测。测试按参照文献[2,3]的要求,在班主任协助下,以班级为单位进行。每个班级由一名主试者通过讲解和演示指导学生做练习,2 名辅试者检查学生是否按要求完成练习,待确认练习合格后进入正式测试。测试内容包括:联合型瑞文测验^[3]:图册有 5 组(A~E)测题,每组包括 12 个题,共 60 题。全部测题都是一系列无意义的抽象图形构成一个矩阵,要求受试者从 6~8 个备选图案中,选择一个能够完成图形或符合一定结构排列规律的图案。测试时发给受试者瑞文图册和答题纸,测试时间为 40 min 。主要反映受试者智力水平。以答题正确数计分,正确者为 1 分,总分 60 分。

津医精神运动成套测验:包括划消数字、数字符号、目标瞄准追踪测验、符号记入和连接数字 5 项测试。①划消数字:要求在短时间内准确地按一定要求划去某个知觉对象。测验时让受试者在印有许多数字的答题纸上,按顺序划掉指定的数字,速度越快越好。测试时间为 2.5 min 。评分时只需计算正确划消的数字数。主要反映受试者知觉速度、辨认的准确性、注意力等。②数字符号:答题纸分两部分,第一部分上方列有 1~9 数字及其相应符号,第二部分为一连串随机排列的 1~9 数字,每个数字下留有一空格。测验时,要求受试者尽快在第二部分每个数字下面的空格里,逐个填上相应符号。测验时间为 1.5 min 。每填对一格得 1 分,总分为规定时间内填对的格子数。主要反映视觉感知准确性和反应速度。③目标瞄准追踪测验:测验时,让受试者在印有许多圆圈的答题纸上,按标明的走向,用铅笔逐个地在圆圈中心打个点,越快越好。评分时计算正确打点(点在圈内)数。主要反映心理运动稳定度。④符号记入:测验时让受试者按照答题纸标明的方向在方块中间快速、正确的画入草盖头记号,画得越快越好。计算在方块中画入草盖头正确数,如有更改,只要对(不给予橡皮擦),也判为正确。主要反映运动协调能力。⑤连接数字:测试时要求受试者从 1 开始,按数字前后顺序将无顺序排列的数字联接起来。计算正确联号数。主要反映搜寻功能中的视觉空间协调能力和运动准确性。

4. 统计学分析:Epi Data 3.0 软件进行问卷数据录入、检错,用 SPSS 11.5 软件对神经行为功能测试

结果进行单因素方差分析和多元线性回归分析。

结 果

1. 社会人口学特征: 2 所学校被调查学生的年龄和性别构成基本相同, 学校 A 的学生身高和体重低于学校 B, 且差异具有统计学意义, 但是体重指数 (BMI) 差异无统计学意义, 计算机使用情况和父亲吸烟在两所学校学生中也无明显差别。但是 2 所学校学生的视力、父母文化程度、玩电子游戏的情况不同, 且差异具有统计学意义 (表 1、2)。

表1 研究对象的人口学特征

项目	学校 A		学校 B		t 值	P 值
	样本量	$\bar{x} \pm s$	样本量	$\bar{x} \pm s$		
年龄(岁)	431	9.09 ± 0.75	430	9.09 ± 0.72	0.051	0.960
身高(cm)	426	132.73 ± 7.71	430	135.17 ± 7.46	-4.703	<0.001
体重(kg)	426	30.01 ± 7.72	429	31.92 ± 8.26	-3.490	0.001
BMI	426	17.04 ± 4.31	429	17.43 ± 4.03	-1.359	0.174

表2 研究对象的社会学特征

分类	学校 A		学校 B		χ^2 值	P 值
	人数	构成比 (%)	人数	构成比 (%)		
性别					0.195	0.659
男	239	55.45	232	53.95		
女	192	44.55	198	46.05		
视力					10.011	0.002
正常	363	84.22	325	75.58		
异常	68	15.78	105	24.42		
父亲文化程度					29.891	<0.001
小学及以下	33	7.91	21	4.98		
初中	158	37.89	104	24.64		
高中/中专	167	40.05	188	44.55		
大专以上	59	14.15	109	25.83		
母亲文化程度					42.072	<0.001
小学及以下	106	25.24	51	12.11		
初中	183	43.57	155	36.82		
高中/中专	93	22.14	156	37.05		
大专以上	38	9.05	59	14.01		
使用计算机情况					2.700	0.100
经常	229	55.72	260	61.32		
很少	182	44.28	164	38.68		
玩电子游戏					14.338	<0.001
从不	272	66.83	222	53.88		
有	135	33.17	190	46.12		
被动吸烟					0.905	0.342
有	247	58.53	235	55.29		
否	175	41.47	190	44.71		

2. 神经行为功能测试的单因素分析: 测试结果显示, 除瑞文测验外, 学校 B 学生的神经行为功能测试得分均低于学校 A; 单因素方差分析结果显示, 2 所学校学生的数字符号、目标瞄准追踪、符号记入及连接数字等测试得分的差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。划消测试的具有临界统计学意义 ($F = 1.805, P = 0.071$), 见表 3。

表3 2 所小学儿童神经行为能力得分的单因素方差分析

测试项目	学校 A 得分		学校 B 得分		F 值	P 值
	样本量	$\bar{x} \pm s$	样本量	$\bar{x} \pm s$		
瑞文测验	428	52.1 ± 8.36	426	52.7 ± 8.72	-0.964	0.335
划消测试	423	61.0 ± 17.32	429	58.7 ± 19.85	1.805	0.071
数字符号	415	41.6 ± 12.79	423	38.5 ± 9.96	3.902	<0.001
目标瞄准追踪	426	95.5 ± 35.80	430	84.3 ± 27.83	5.138	<0.001
符号记入	425	42.3 ± 15.58	430	37.4 ± 11.62	5.261	<0.001
连接数字	362	18.7 ± 5.78	417	17.1 ± 5.88	3.860	<0.001

3. 神经行为功能测试的多因素分析: 儿童神经行为功能受到个体内在因素、家庭教育、周围环境等诸多因素影响, 因此采用多元线性回归法分析, 以期在控制其他混杂因素的基础上, 判断机动车尾气暴露对儿童神经行为功能的影响。由于各项测试得分呈正态或近似正态分布, 因此直接以各测试项目得分作为因变量, 根据单因素分析结果和相关文献报道筛选自变量, 共选择 13 个自变量, 包括 11 个分类变量和 2 个连续变量 (表 4)。多元回归方法为后退法, 变量保留在模型里的显著水平设置为 0.15。由于本研究主要目的是探索机动车尾气暴露对儿童神经行为功能的影响, 所以如果暴露因素未保留在方程中, 则以原方程保留的变量作为控制变量, 求出暴露因素的多元线性回归的偏回归系数估计数值。结果如表 5。

表4 自变量名表及取值

代码	变量名	取值	代表意义
X1	年龄	连续变量	
X2	BMI	连续变量	
X3	父亲文化程度	分类变量	1: 小学/文盲; 2: 初中; 3: 高中/中专; 4: 大专及以上
X4	暴露	0, 1	0: 学校 A; 1: 学校 B
X5	性别	0, 1	0: 男; 1: 女
X6	出生体重	0, 1	0: 正常; 1: 低下
X7	是否顺产	0, 1	0: 顺产; 1: 非顺产
X8	被动吸烟	0, 1	0: 否; 1: 是
X9	厨房与客厅是否直接相通	0, 1	0: 否; 1: 是
X10	家用燃料	0, 1	0: 非燃煤; 1: 燃煤
X11	计算机使用频次	0, 1	0: 很少; 1: 经常
X12	视力情况	0, 1	0: 正常; 1: 异常
X13	母乳喂养时间	0, 1	0: ≥6 个月; 1: <6 个月

多元线性回归分析结果发现, 不同的测试项目的影响因素不同 (表 5)。除暴露因素以外, 瑞文测验得分的影响因素还包括: 儿童年龄、出生低体重、BMI、经常使用计算机、父亲文化程度、母乳喂养时间少于 6 个月; 划消试验的得分与儿童的性别、年龄、BMI、经常使用计算机、被动吸烟、非顺产、家庭厨房与客厅相同等影响; 数字符号得分受儿童年龄、被动吸烟和经常使用计算机的影响; 目标瞄准追踪与儿童出生低体重; 符号记入测试得分与儿童 BMI、

表5 2所小学儿童神经行为能力指数(NAI)的多因素分析

因变量	模型中保留的变量	学校 B 与学校 A 比较 (学校 A 为参照)	
		β	P 值
瑞文测验得分	年龄、计算机使用频次、出生体重、父亲文化程度、厨房与客厅是否直接相通、BMI、母乳喂养时间、暴露	0.155	0.788
划消试验得分	年龄、BMI、性别、计算机使用频次、被动吸烟、是否顺产、厨房与客厅是否直接相通、暴露	-1.790	0.166
数字符号得分	暴露、年龄、被动吸烟、计算机使用频次	-2.863	0.001
目标瞄准追踪得分	暴露、出生体重	-11.526	<0.001
符号记入得分	暴露、父亲文化程度、计算机使用频次、BMI、视力情况	-5.579	<0.001
数字连接得分	暴露、年龄、计算机使用频次、性别	-1.636	<0.001

视力不良、经常使用计算机和父亲的文化程度有关；数字连接测试得分与儿童的年龄、性别和经常使用计算机有关。机动车尾气暴露是比较稳定的影响因素，在控制了其他因素影响后，学校 B 儿童的数字符号、目标瞄准追踪、符号记入、数字连接等测试的得分比学校 A 的儿童分别低 2.9、11.5、5.6 和 1.6 分，分别降低了 6.88%、12.07%、13.18% 和 8.74% ($P < 0.001$)。表明研究地区的机动车尾气污染已经对当地儿童的神经行为功能产生了一定的负面影响。

讨 论

目前认为利用行为毒理学的神经行为功能测试方法研究外来化合物对机体的损害作用，检测中枢神经系统的亚临床改变，并以此为指征确定外来化合物的阈剂量，可以为制定卫生限量标准提供较为灵敏的、早期的、严格的检测手段和试验依据^[4,5]。神经行为功能测试方法主要包括计算机化操作和手工化操作两种类型。计算机化操作具有智能化、程序化、标准化、结果储存与处理微机化等优点，是目前国内常用的较为有效的神经行为功能测试方法，但受被试者使用计算机熟练程度的影响大，一些测试项目不适于低文化程度和低龄儿童，同时由于实施操作较为复杂，研究的样本量受到一定的限制^[6]。手工化测试虽然标准化、程序化及结果精确性不如计算机化测试，但其操作简便，受文化背景影响小，如果严格操作规程也可以大大提高测试结果的精确度，适用于大规模流行病学调查^[7]。因此，为了达到优势互补，全面评价被试者的神经行为功能，我们将两类测试方法结合应用。其中计算机化测试结果已另文发表^[1]，本文的手工神经行为功能测试结果表明，机动车尾气污染区儿童多项神经行为功能测试得分低于清洁区儿童，而且差异具有统计学意义。提示了机动车尾气可对儿童神经行为功能造成不利影响，研究结果与计算机化测试结果一致。

机动车尾气作为一种混合性气体，其多种主要污染物具有神经毒性作用，并且某些污染物之间可能存在着联合或协同作用，这在一定程度增加了机动车尾气的神经毒性^[8]。目前对于机动车尾气暴露对人体神经行为功能影响的流行病学研究主要集中在交通警察和司售人员的职业暴露危害的研究，并且所得结果提示机动车尾气污染可对人体神经行为功能产生不利影响。儿童不受职业暴露的影响，又处在生长发育阶段，对大气污染比成年人更为易感，长期生活在机动车尾气污染严重的大气中，其神经行为功能可能已受到危害。本次研究结果表明，机动车尾气暴露是儿童神经行为功能的主要影响因素之一，在控制了其他因素影响后，学校 B 儿童数字符号、目标瞄准追踪测试、符号记入、数字连接得分显著低于学校 A 儿童 ($P < 0.001$)。表明机动车尾气污染可对儿童神经行为功能产生负面影响。

(感谢两所小学的校长、校医和班主任对本研究给予的支持和帮助，感谢福建医科大学 2002 级泉州市疾病预防控制中心实习队全体成员，泉州市疾病预防控制中心洪思让、谢维平、傅晖蓉、蔡晓芳等在课题实施过程中的大力协作和支援)

参 考 文 献

- [1] 王舜钦, 张金良, 王圣淳, 等. 泉州市机动车尾气污染对儿童神经行为功能影响初探. 环境与健康杂志, 2007, 24(1): 12-16.
- [2] 王栋, 钱明, 高岩. 津医精神运动成套测验 (JPB) 指导书. 天津: 天津医科大学医学心理教研室, 2000.
- [3] 王栋, 钱明. 中国第二次修订联合型瑞文测验指导书 (CRT-C2). 天津: 天津医科大学医学心理教研室, 1997.
- [4] 梁友信, 陈自强. 行为神经毒理学方法的回顾和展望. 中华劳动卫生职业病杂志, 1999, 17(2): 67-68.
- [5] Pekkanen J. Environmental epidemiology: challenges and opportunities. Environmental Health Perspectives, 2001, 109: 1-5.
- [6] 徐黎明, 胡冰霜, 顾炎权, 等. 介绍一套计算机多媒体神经行为测试评价系统. 中华劳动卫生职业病杂志, 1999, 17(2): 77-80.
- [7] 吴海磊, 张金良, 胡永华. 计算机化神经行为评价系统及其在儿童神经行为功能评价中的应用. 环境与健康杂志, 2004, 21(3): 186-188.
- [8] 张金良, 吴海磊, 张瀚迪, 等. 低浓度一氧化碳和氮氧化物对神经行为的影响. 环境与职业医学, 2005, 22(1): 70-73.

(收稿日期: 2007-04-19)

(本文编辑: 张林东)