

铅作业工人神经行为功能的因子分析

路小婷¹, 李秋莹¹, 田琳^{2*}, 郭慧芬¹

(1 山西医科大学公共卫生学院劳动卫生学教研室, 山西 太原 030001; 2 首都医科大学公共卫生与家庭医学学院劳动卫生与环境卫生学系, 北京 100069)

摘要: 目的 应用世界卫生组织神经行为核心测试组合 (WHO/NCTB) 研究铅改变工人神经行为功能的特异因子, 并探讨其影响因素。方法 对某蓄电池厂 135名铅作业工人及当地某机械厂 143名非铅接触者进行 WHO/NCTB 的测试。结果 利用因子分析发现接触组和对照组在消极情感因子、积极情感因子及记忆因子、注意力因子间差异有统计学意义。各因子得分分别与血铅进行直线相关分析, 结果显示消极情感因子、积极情感因子及记忆因子均与血铅有显著相关。应用多元逐步回归分析进一步发现消极情感因子的主要影响因素是血铅, 积极情感因子的主要影响因素是受教育程度和血铅, 影响记忆力的主要因素是年龄、血铅、接铅时间。结论 铅接触对神经行为的影响主要反应在情感状态、记忆力以及注意力方面, 且铅对神经行为功能的损伤程度与血铅、工龄有关。

关键词: 铅; WHO神经行为核心测试组合; 因子分析

中图分类号: R135.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-221X(2008)04-0222-04

Analysis on neurobehavioral function of lead-exposed workers by factor analysis

LU Xiaoting, LI QIUYING, TIAN Lin*, GUO HUIFEN

(1. Department of Occupational Health, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China; 2. Department of Occupational Health, Capital Medical University, Beijing 100069, China)

Abstract: Objective To explore the specific factors in neurobehavioral function that affected by lead toxicity and their impact complications. Methods Neurobehavioral core test battery (NCTB) recommended by WHO was used in 135 lead-exposed workers selected from a storage battery plant and 143 healthy control workers from a mechanical factory. Results It was shown that the negative emotion factor, memory factor and attention factor were decreased in lead-exposed group compared with those of control group while the positive factor was increased, and there was a significant relationship between blood lead level and the scores of negative emotion factor, positive factor, memory factor by linear regression analysis. Multiple regression analysis further indicated that age, lead-exposed duration, education degree and blood lead were the main agents affected neurobehavioral function. Conclusions The results suggested that the main effects of occupational lead exposure were the mood state, memory and attention, and there was a positive relationship between impaired degree of neurobehavioral function and blood lead level or lead-exposed duration.

Key words: Lead; WHO neurobehavioral core test battery; Factor analysis

神经系统是慢性铅接触对机体损害的主要靶器官。低剂量铅接触可引起机体神经及心理行为功能性改变, 世界卫生组织神经行为核心测试组合 (WHO/NCTB) 是目前检测中枢神经系统亚临床损害的较合适指标^[1]。研究发现, 不同的神经毒物引起神经行为功能各指标的变化有所不同, 即不同的神经毒物对 WHO/NCTB各指标的敏感程度不同^[2]。而 WHO/NCTB各项指标间存在一定的相关性, 本研究利用因子分析找出其间少数几个公共因子来分别反映各自的行为功能, 研究铅接触对神经行为功能的特异影响。

1 对象与方法

1.1 对象

于 2003年选取某蓄电池厂 135名铅作业工人为接触组。对照工人为与蓄电池厂同一地区的某机械厂工人 143名, 对照工人均无铅作业史。统计分析两组之间年龄、工龄、受教育年限、经济状况、性别、生活习惯 (吸烟、饮酒) 均无统计学差异 (见表 1)。

1.2 研究方法

1.2.1 作业场所空气铅的测定 该蓄电池厂厂房高大, 设有机械通风除尘设备, 通风良好。定点采样收集工作场所空气样品, 用溶出分析法测定铅浓度, 测定仪为山东产 MP-1 溶出分析仪。

1.2.2 血铅水平测定 取研究对象静脉血, 用原子吸收光谱法测定血中铅含量, 实验中设置标准样品以进行内部质量控制。

收稿日期: 2007-06-18 修回日期: 2008-02-16

作者简介: 路小婷 (1976-), 女, 讲师, 硕士, 主要从事劳动卫生与职业病教学和金属毒理学研究。

* 通讯作者, 教授, 硕士生导师, tianlin@sjia.com.cn

表 1 接触组与对照组一般情况

组别	例数	年龄 (岁)	受教育年 限(年)	工龄 (年)	人均月收 入(元)	性别(例)		饮酒(例)		吸烟(例)	
						男	女	有	无	有	无
接触组	135	28.74±6.60	11.73±1.91	5.83±4.40	620.07±197.27	104	31	79	56	69	66
对照组	143	26.96±8.47	12.08±1.81	6.65±8.28	594.04±152.27	95	48	74	69	59	84
值		1.020	1.605	0.884	0.367	3.335		1.027		2.331	
P值		0.378	0.309	0.110	0.714	0.074		0.331		0.182	

1.2.3 WHO/NCTB的测定 采用 WHO推荐的行为核心测试组合 (WHO/NCTB) 中的情感状态问卷和神经行为功能测试^[3]。情感状态问卷 (FOMS) 包括: 愤怒敌意 (POMSA)、困惑迷茫 (POMSC)、忧郁沮丧 (POMSD)、疲惫惰性 (POMSF)、紧张 - 焦虑 (POMST)、有力好动 (POMSV)。神经行为测试指标包括: 简单反应时 (SRT)、数字广度 (DSP)、提转捷度 (SAN)、数字译码 (DSY)、视觉保留 (BVR)、目标追踪 (PA)。

测试方法和顺序严格按照 WHO/NCTB测试指南的要求, 由经过严格训练的人员完成。

1.3 统计处理

数据处理采用 SPSS软件, 进行方差分析、多元协方差分析、因子分析和逐步多元回归分析。

2 结果

2.1 作业场所空气铅浓度

共采集铅尘样品 35个、铅烟样品 24个, 结果见表 2。该作业场所的铅尘、铅烟均高于我国卫生标准 (铅尘 0.05 mg/m³、铅烟 0.03 mg/m³, GBZ 2-2007 PC-TWC)。

表 2 车间空气铅浓度测定 mg/m³

类别	样品数	铅浓度均数	范围	超标率 (%)
铅尘	35	0.15	0.02~0.32	69.8
铅烟	24	0.05	0.02~0.10	76.8

2.2 铅作业工人及对照组血铅值

铅作业工人的血铅平均值为 (2.04 ± 0.09) μmol/L, 范围 0.17 ~ 4.94 μmol/L, 对照组血铅平均值为 (0.54 ± 0.09) μmol/L, 范围 0.05 ~ 3.00 μmol/L, 经 检验比较 (测定值采用对数转换), 接触组血铅值明显高于对照组 (P < 0.01)。

2.3 铅作业工人 FOMS因子分析

在铅接触组 FOMS因子分析中, 根据 f_1 和 f_2 上载荷的指标将 POMSA、POMSC、POMSD、POMSF、POMST、POMSV归为两个因子, f_1 称为“消极情感因子”, f_2 为“积极情感因子” (见表 3)。

表 3 铅作业工人 FOMS指标因子分析

指标	f_1	f_2	公因子方差
POMSA	0.864*	0.036	0.748
POMSC	0.712*	-0.183	0.541
POMSD	0.810*	-0.013	0.655
POMSF	0.830*	-0.177	0.720
POMST	0.737*	-0.284	0.624
POMSV	-0.109	0.977*	0.966

* 为每因子包括的指标, 表 4同。

注: 采用方差极大法正交旋转, 要求特征根 ≥ 1

2.4 铅作业工人神经行为指标因子分析

在铅接触组神经行为指标因子分析中, 将 13个神经行为指标归为 5个因子, 分别定义为记忆因子 F_1 、注意力因子 F_2 、反应速度因子 F_3 、运动协调因子 F_4 和心理运动因子 F_5 (见表 4)。

表 4 铅作业工人神经行为指标因子分析

指标	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	公因子方差
SRT	-0.141	-0.072	0.938*	-0.034	0.047	0.908
SRTF	0.045	0.000	0.640*	-0.350	0.074	0.539
SRTS	-0.223	0.814*	0.852*	0.157	-0.038	0.801
DSPF	0.839*	-0.086	-0.070	0.098	0.106	0.736
DSPB	0.657*	0.024	0.032	0.087	-0.120	0.635
DSP	0.957*	0.238	-0.020	0.119	-0.018	0.986
SANP	0.282	0.111	-0.081	0.829*	-0.082	0.792
SANN	0.209	0.140	-0.014	0.856*	0.073	0.801
DSY	0.667*	0.301	-0.117	0.384	0.149	0.719
BVR	0.622*	0.027	-0.233	0.073	-0.029	0.448
PAC	0.321	0.154	-0.061	0.266	0.737*	0.791
PAE	-0.142	-0.023	0.038	-0.071	0.964*	0.957
PA	0.443	0.112	0.071	0.199	0.667*	0.915

2.5 接触组与对照组情感状态及神经行为指标因子得分比较

将铅接触组与对照组情感状态及神经行为指标因子得分进行协方差分析, 排除性别、年龄、工龄、受教育年限、平均收入、吸烟、饮酒的影响, 结果发现消极情感因子、积极情感因子及记忆因子、注意力因子在两组间差异有统计学意义 (见表 5)。

表 5 接触组与对照组 POMS及神经行为因子得分

因子	接触组	对照组	F值	P值
f ₁	0.153 2	-0.394 8	3.614	0.000
f ₂	-0.135 6	0.349 4	2.910	0.004
F ₁	-0.130 0	0.334 9	2.220	0.028
F ₂	-0.068 9	0.177 5	2.010	0.041
F ₃	0.037 8	-0.097 4	1.609	0.109
F ₄	-0.012 7	0.032 7	1.967	0.082
F ₅	0.089 6	-0.131 0	0.629	0.706

2.6 铅作业工人情感状态及神经行为指标因子得分与血铅相关分析

为研究情感状态及神经行为指标与生物监测指标的相关关系,将各因子得分分别与血铅进行直线相关分析,结果显示消极情感因子、积极情感因子及记忆因子均与血铅有显著相关(见表6)。

表 6 POMS及神经行为因子得分与血铅的相关分析

因子	与血铅相关系数	P值
f ₁	0.487	0.000
f ₂	0.232	0.001
F ₁	0.314	0.000
F ₂	0.015	0.095
F ₃	0.109	0.138
F ₄	0.015	0.840
F ₅	0.034	0.640

2.7 铅作业工人情感状态及神经行为指标的影响因素(表7)

表 7 影响 POMS及神经行为因子因素的多元逐步回归分析结果(标准回归系数)

因素	f ₁	f ₂	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
性别	0.014	-0.066	-0.089	-0.101	0.098	-0.046	0.031
年龄	-0.032	-0.140	-0.555*	0.036	-0.365*	-0.096	-0.164*
学历	0.048	-0.154*	0.093	0.146*	0.106	-0.008	0.040
吸烟	-0.021	0.019	-0.051	0.028*	0.144*	0.231*	0.002
饮酒	0.024	0.099	0.036	0.105	-0.029	-0.359*	0.047
收入	0.081	-0.086	-0.011	0.059	0.007	-0.003	-0.039
工龄	0.010	-0.045	-0.201*	0.078	-0.101	-0.073	0.092
血铅	0.648*	0.145*	-0.419*	0.032	-0.079	-0.057	0.050
R	0.648	0.212	0.604	0.146	0.385	0.273	0.164
R ²	0.419	0.450	0.365	0.021	0.148	0.075	0.027
F值	95.32	3.068	4.490	2.858	3.188	4.377	3.640
P值	0.000	0.050	0.036	0.093	0.076	0.038	0.059

注: R—复相关系数, R²—决定系数, P—引入变量的显著性水平, *为引入的变量, 检验水准 α=0.10

以接触组的情感状态及神经行为指标测试结果的因子得分为因变量,以性别、年龄、受教育年限、吸烟、饮酒、平均收入、血铅、接铅时间为自变量做多元逐步回归分析。结果发现 f₁主要影响因素是血铅; f₂的主要影响因素是受教育年限和血铅;影响 F₁的主要因素是年龄、血铅、接铅时间;影响 F₂的主要因素是受教育年限、吸烟;影响 F₃的主要因素是年

龄、吸烟;影响 F₄的主要因素是吸烟、饮酒;影响 F₅的主要因素是年龄。

3 讨论

铅是一种亲神经性毒物,而神经行为功能被认为是反映神经系统亚临床损伤的灵敏指标^[4]。本文采用WHO推荐的NCIB方法,对铅作业工人的神经行为功能进行测试。同时应用因子分析解决NCIB各项指标间的相关性,找出其间几个公共因子,其分别反映一个行为功能。研究结果发现因子分析将WHO/NCIB的测试指标归为7个因子,分别定义为消极情感因子、积极情感因子、记忆因子、注意力因子、反应速度因子、运动协调因子和心理运动因子。结果显示血铅平均水平为0.20 μmol/L时,铅作业工人的消极情感因子和积极情感因子均有显著性改变。牛侨认为铅作业工人的困惑迷茫、疲惫惰性、紧张焦虑发生明显改变^[5]。Zhou等的研究结果显示^[6],铅接触工人最敏感的测试题目为POMS问卷。林秋红的研究也发现铅接触可影响工人的心理精神卫生^[7]。与本课题组应用基准剂量得出情感问卷可作为评价铅接触引起神经行为功能损害的敏感指标这一结果相吻合^[8]。说明情感状态问卷可显示慢性铅接触引起的“亚临床中毒”导致的心理行为改变。

因子分析进一步提示铅接触可影响作业工人神经行为功能中的记忆因子和注意力因子。提示铅对工人情感状态、记忆力的影响有特异性。所以因子分析可以很直观地研究出职业性有害因素对何种神经行为功能有影响,并解决行为毒理学研究中多指标的综合问题。另外通过铅作业工人情感状态及神经行为指标因子得分与血铅水平相关分析可以看出,随着血铅水平的提高,消极情感因子得分增加,而积极情感因子和记忆力因子的得分降低。提示血铅能合理地反映神经行为功能改变的情况。应用多元逐步回归分析进一步发现消极情感因子的主要影响因素是血铅,积极情感因子的主要影响因素是受教育年限和血铅,影响记忆力的主要因素是年龄、血铅、接铅时间。李德意等曾报道铅接触对工人神经行为功能的损伤与工龄有关^[9]。说明对于年龄较大、接铅工龄长的工人应加强监测,以便及早发现病损,及时调离工作岗位,以保护劳动者的身心健康。

参考文献:

[1] 蒋东方. 神经行为功能测试在职业危害评价中的应用现状 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2002, 20(4): 317-318
 [2] 陈自强, 汪根盛, 梁友信. 我国神经行为毒理学研究概况与进展 [J]. 卫生毒理学杂志, 1999, 13(4): 234-238

(下转第243页)

3.2.2.1 慢性阻塞性肺部疾病 (COPD) 有 35 例肺通气及小气道功能异常者经详细询问病史、肺内科检查、胸片及高分辨率 CT (HRCT) 检查后诊断为 COPD。其呼吸系统症状及体征在上岗前就已经发生,有的已有明确诊断史。COPD 中仅小气道功能明显阻塞表现 5 例,轻度通气功能障碍 15 例、中度 9 例、重度 6 例。其中慢支、支扩或慢支伴支扩、肺气肿 24 例,仅见肺气肿 (包括肺大泡) 7 例。COPD 早期表现 4 例,有明确的长期大量吸烟史 (未作职业禁忌证处理)。

3.2.2.2 支气管哮喘 有 6 例肺通气及小气道功能异常者经详细询问既往病史及参阅外院门诊及住院病史诊断为支气管哮喘,并排除职业性哮喘的可能。

3.2.2.3 儿童时期的哮喘、支气管炎与肺通气功能的减退 儿童时期反复发作哮喘及支气管炎患者目前未发作者有 4 例;既往史中有哮喘 1 例,儿童时期经常发作工作以后未发作;3 例儿童时期反复支气管炎 6~9 年,之后支气管炎哮喘症状消失。

3.2.3 胸膜、胸廓疾病 有 15 例肺通气功能以限制性障碍为主的病例,根据病史、胸片及 HRCT 的表现,考虑 8 例与胸廓脊柱畸形有关,6 例与肺结核愈后肺、胸膜纤维化有关,1 例与胸部大手术胸廓受损有关。

3.2.4 肥胖与腹部膨隆 有 7 例肺通气功能轻度限制性障碍病例,通过计算体重指数 [正常: 体重 (kg) / 身高 (m)² < 24] 发现明显超重且腹部明显膨隆,胸片显示横膈上移 (未作职业禁忌证处理)。

3.2.5 随访观察进一步诊查病例 有 18 例肺通气功能 3 项指标异常者经详细询问病史,以往无慢性呼吸系统疾病史,主诉无咳嗽咳痰,胸闷气急不明显,但反复多次测定均异常,其中大多数有长期吸烟史及粉尘接触史。

4 讨论

4.1 肺通气功能测定选用仪器及项目

由于粉尘作业健康检查具有规模较大、深入基层、体检项目不宜过多、仪器易损耗等特点,故以选择体积小、携带方便,操作简单,价格实惠,所测项目灵敏度高,能解决一般性问题的简易肺通气功能仪为妥。按测定要求用力呼一口气可完成通气功能的大多数指标及小气道功能测定,选用 FVC₀、FEV₁、FEF₅₀ 测定并参考图形可以满足以上一般要求特别是对慢阻肺 3 项指标的检测,结合图形,核实病史进行相关的临床检查 (包括 HRCT 检查) 比较容易明确诊断,对于限制性肺部疾病 FVC₀ 也能表达,结合胸片、HRCT 也容

易确诊。

4.2 以肺通气功能测定异常指标为线索进行目标疾病的诊断与处理

粉尘作业工人肺通气及小气道功能测定后,主要可根据 3 项指标及图形的异常进行功能障碍类型的分类,应复查核实功能异常的指标,复检病史及其他相关检查,对体检资料进行整理提出初步诊断意见,必要时扩大相关的检查,明确慢阻肺、支气管哮喘、胸膜胸廓等疾病,随后提出处理意见 (如戒烟、脱尘)。对疑有尘肺的申请职业病诊断或随访,对肥胖、腹部膨隆引起的限制性通气功能障碍者,应建议其控制饮食,增加运动。对疑有职业性哮喘的病人应进行特异性的支气管激发试验,无条件的单位应转入专业机构进行,阳性者应提出申请职业病诊断。

4.3 粉尘作业健康检查中肺通气功能测定的应用价值

应用 3 项指标对粉尘作业人员进行肺通气功能测定对于以肺通气功能异常为表现特征的慢性呼吸系统疾病有极高的诊断价值。本文显示慢阻肺、哮喘等以阻塞性通气功能障碍为主的呼吸系统疾病占总异常人数的 43.69% (45/103),以限制性通气功能障碍为主的肺、胸膜、胸廓疾病者占总异常人数的 21.36% (22/103)。对 0⁺~I 期尘肺的受检者,肺通气功能的测定为判断有无合并慢支、支扩、肺气肿等提供了很高的诊断价值,使诊断的依据趋于完整。本文肺通气功能 3 项指标异常者中,尚不能确诊待查的仅占 17.48% (18/103)。体检中由于种种原因使得待查者难以得到进一步检查,如扩大检查范围,受检单位不愿承受过高的体检费。如工作中发生的哮喘还需进一步行特异性支气管激发试验,而目前开展此项目尚有一定难度。

粉尘作用于人体的靶器官是肺脏,如患有尘肺、慢性呼吸系统疾病或明显影响肺功能的胸膜、胸廓疾病等均不宜从事粉尘作业,以上疾病常可出现肺通气功能相关指标的测定异常。通过肺通气功能测定结合病史、职业史、临床各项检查对判断有无此类目标疾病有一定的价值,尤其对发现慢性呼吸系统疾病等粉尘作业的职业禁忌证有更重要的价值。

参考文献:

- [1] 王莹,顾祖维,张胜年,等. 现代职业医学 [M]. 北京:人民卫生出版社,1996:693
- [2] 朱蕾,刘又宁,于润江,等. 肺功能的临床应用 [M]. 北京:人民卫生出版社,2004:71-135.
- [3] GBZ70-2002 尘肺病的诊断标准 [S].

(上接第 224 页)

- [3] 梁友信,陈自强. 环境行为效应 [M]. 上海:上海科技出版社,1993:70-87.
- [4] 李国玉. 铅对作业工人神经行为功能的影响 [J]. 工业卫生与职业病,2004,30 (4): 210-211.
- [5] Niu Q, He S C, Li H Y, et al. A comprehensive neurobehavioral and neuropsychological study for low level lead-exposed workers [J]. G Ital Med Lav Ergon, 2000, 22 (4): 299-304.
- [6] Zhou W, Jiang Y, Christiani D. Utility of the WHO neurobehavioral

core test battery in Chinese workers: a meta-analysis [J]. Environ Res, 2002, 88 (2): 94-102.

- [7] 林秋红,江朝强,刘薇薇,等. 铅接触对工人神经行为功能的影响 [J]. 中国工业医学杂志,2004,17 (2): 77-79.
- [8] 路小婷,田琳,李秋营. 基准剂量在铅作业工人神经行为功能研究中的应用 [J]. 中国职业医学,2005,32 (1): 31-34.
- [9] 李德意,凌坤,李立成,等. 铅作业工人神经行为功能分析 [J]. 实用预防医学,2006,13 (4): 962-963.