

电焊作业对工人神经行为功能的影响

石玉琴¹, 王承敏¹, 陈醒觉², 李济超², 陈小霞¹, 朱长才¹, 叶方立¹, 宋世震¹, 张本延^{1*}

(1. 武汉科技大学医学院劳动卫生教研室, 湖北 武汉 430080; 2 武钢劳动卫生职业病防治所, 湖北 武汉 430080)

摘要: 目的 探讨锰对电焊作业工人神经行为的影响。方法 采用计算机神经行为评价系统 (NES-C3) 中 8 个行为测试项目对 91 名电焊作业工人和 49 名对照组工人进行测试。同时对接触组、对照组作业环境空气中的锰浓度及所有受试者血锰浓度进行采样测定。结果 接触组工人的符号译码、视简单反应时、视复杂反应时、目标追踪和情感状态中紧张、疲惫、有力的测试结果明显差于对照组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$); 接触组血锰为 $(0.78 \pm 0.39) \mu\text{mol/L}$, 明显高于对照组血锰 $[(0.53 \pm 0.32) \mu\text{mol/L}]$, $P < 0.01$; 但接触组血锰浓度与工龄、神经行为测试结果无明显相关关系 ($P > 0.05$)。结论 锰可引起工人情感状态、手眼协调能力、心理运动能力的改变, 计算机神经行为测试可作为一种检测电焊工人神经系统早期损害的较合适的方法。

关键词: 电焊工人; 锰; 计算机神经行为测试

中图分类号: O612.7; R135.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2005)03-0153-03

Effect of electric welding on exposed worker's neurobehavioral function

SHI Yu-qin¹, WANG Cheng-min¹, CHEN Xing-jue², LI Ji-chao², CHEN Xiao-xia¹, ZHU Chang-cai¹, YE Fang-li¹, SONG Shi-zhen¹, ZHANG Ben-yan^{1*}

(1. Department of Occupational Health, Medical College of Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430080, China; 2. Wugang Institute for Labor Hygiene and Occupational Disease Prevention and Treatment, Wuhan 430080, China)

Abstract Objective To explore the effect of manganese on electric welding worker's neurobehavioral function. **Method** Neurobehavioral function in 91 electric welding workers and 49 control workers were examined by computerized neurobehavioral evaluations system—Chinese version 3 (NES-C3), including eight items. Air concentration of manganese in electric welding workplaces and control places and blood level of manganese in electric welders and controls were determined by graphite stove atomic absorption method. **Result** Tests of digit symbol, simple visual reaction time, choice visual reaction time, pursuit aiming and tension, fatigue, vigor in POMS were significantly poorer in the electric welding workers than those in control workers ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). Blood level of manganese was significantly higher in the electric welding workers $[(0.78 \pm 0.39) \mu\text{mol/L}]$ than that in the controls $[(0.53 \pm 0.32) \mu\text{mol/L}]$ ($P < 0.01$). But, multivariate analysis showed that neither the employment duration, nor the test results was associated with blood level of manganese in electric welders ($P > 0.05$). **Conclusion** Emotion state, manual dexterity and psychomotor performance could be changed in electric welding workers exposed to manganese for a long time. Computerized neurobehavioral test may be a more adequate way to detect damage to their nervous system in electric welding workers exposed to manganese at earlier stage.

Key words: Welding workers; Manganese; Computerized neurobehavioral test

目前, 大多数学者应用 WHO 推荐的神经行为核心测试组合 (NCTB) 对电焊作业工人进行神经行为功能测试。原上海医科大学劳动卫生学教研室研制的中文版计算机神经行为评价系统, 也已广泛应用于评价铅、汞、二氧化硫、甲苯、二甲苯等毒物对神经系统的影响, 证实具有较好的信度和效度^[1]。本文应用计算机神经行为评价系统中文第 3 版 (NES-C3), 对

电焊作业工人进行神经行为功能测试, 探讨锰对工人神经行为的影响。

1 对象与方法

1.1 对象

以某金属结构厂从事电焊作业 3 年以上的专职电焊工人 91 名为接触组, 其中男 72 名、女 19 名, 年龄 25~45 岁, 平均 33.3 岁。工龄 3~27 年, 平均 14.0 年。作业工种包括 CO₂ 保护焊、机器焊和手工焊。另选该厂无毒物接触史的其他工种工人 49 名为对照组, 其中男 43 名, 女 6 名。所有受试者均无神经精神系统疾患 (包括癫痫病、忧郁症、脑炎、脑外伤等)、无视听觉及手部运动障碍。各组工人的基本情况见表 1。

收稿日期: 2004-10-25; 修回日期: 2004-12-20

基金项目: 武汉市科委晨光计划 (项目编号: 20005004045), 湖北省卫生厅医药卫生科研计划 (编号: K09002)

作者简介: 石玉琴 (1977-), 男, 硕士研究生, 主要从事锰的神经毒性研究。

*通讯作者

1.2 空气锰浓度测定

选择 2 个电焊作业车间有代表性的作业点, 按照 GB/T16018—1995 的方法进行采样, 用火焰原子吸收

光谱法 (美国 SpectrAA220FS) 对作业环境空气锰浓度进行测定。对照组工人作业场所设 4 个采样点, 按生活居住区大气样品采集方法采样。

表 1 研究对象的基本情况 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄 (岁)	性别		工龄 (年)	学龄 (年)	计算机熟悉程度			吸烟		饮酒	
			男	女			不会	一般	熟练	否	是	否	是
对照组	49	33.4±6.8	43	6	12.8±7.5	12.5±2.5	14	29	6	22	27	28	21
接触组	91	33.3±5.6	72	19	14.0±6.0	11.8±2.6	53	34	4*	48	43	54	37

注: 年龄、工龄、学龄使用 *t* 检验, 其余均采用卡方检验。与对照组比较, **P* < 0.05。

1.3 血锰浓度测定

抽取受试者早晨空腹静脉血, 加入肝素抗凝, 以混合酸进行消化, 用石墨炉原子吸收光谱法 (美国 SpectrAA 220Z) 检测血锰的浓度。

接触组血锰浓度为 (0.78±0.39) μmol/L, 对照组血锰浓度为 (0.53±0.32) μmol/L, 经 *t* 检验, 两者差异有显著性 (*P* < 0.01)。接触组工人血锰浓度与其工龄进行直线相关分析, 相关系数 *r* = 0.0745, *P* > 0.05, 两者无明显的相关关系。

1.4 神经行为功能测定

测试前对受试者进行一般性问卷调查, 包括性别、年龄、工龄、学龄、职业史、吸烟饮酒史等, 结合锰的神经毒性特点, 查阅有关文献报道, 并且在正常人群中进行预测试, 确定比较敏感的系统参数, 从而设计了一套可用于检测锰对神经系统早期效应的测试组合, 包括 NES-C3 中的情感问卷、心算、系列加减、视觉保留、符号译码、视简单反应时、视复杂反应时和目标追踪等 8 项测试。

2.3 计算机神经行为测试结果

从表 1 可见, 接触组和对照组在计算机熟悉程度方面存在差异, 因此以计算机熟悉程度为协变量, 应用协方差分析以消除不平衡因素带来的影响。但考虑到计算机熟悉程度不会影响情感状态的测试, 所以在分析情感状态时, 直接用 *t* 检验。表 3 表明在情感问卷的 6 项指标中, 接触组紧张、疲惫得分均明显高于对照组 (*P* < 0.05 或 *P* < 0.01), 而在有力方面得分明显低于对照组 (*P* < 0.01), 愤怒、忧郁、困惑等 3 项指标接触组与对照组差异无显著性。由表 4 可知, 在智力与记忆功能方面, 接触组与对照组之间差异不显著。在感知功能方面, 符号译码正确得分接触组明显低于对照组 (*P* < 0.01)。在心理运动方面, 视简单反应时习惯用手平均耗时、视复杂反应时, 对照组比接触组短 (*P* < 0.05), 目标追踪得分接触组明显低于对照组 (*P* < 0.01)。

1.5 统计分析方法

运用 SAS8.1 软件进行 *t* 检验、卡方检验、协方差分析、相关分析、多元回归分析。

2.4 血锰与神经行为测试结果的关系

以接触组工人的血锰、学龄、年龄及计算机熟悉程度为自变量, 分别以计算机神经行为测试中有差异的项目 (包括紧张、疲惫、有力、符号译码正确得分、视简单反应时习惯用手平均耗时、视复杂反应时、目标追踪得分) 为因变量进行多元逐步回归分析, 结果发现在以上所有项目的回归分析中, 血锰均被筛选掉。再作血锰与以上项目的直线相关分析, 所有相关系数均无统计学意义。

2 结果

2.1 车间空气中锰浓度

对接触组的两个车间连续 3 个月采集样本 60 份, 测定空气中锰浓度; 对照组 4 个采样点采集 4 份空气样品, 结果见表 2。从表中可知, 对照组工作场所空气中锰浓度未超过居住区大气中锰及其化合物 0.01 mg/m³ 的最高容许浓度, 远远低于 0.45 mg/m³ 的作业场所空气中锰及其化合物短时间接触容许浓度。而电焊作业场所相当多的样品锰及其化合物浓度超过标准。

表 2 某金属结构厂工作场所空气中锰浓度 (以 Mn 计) mg/m³

组别	<i>n</i>	范围	几何均数	超标率 (%)
对照组	4	0.05×10 ⁻³ ~0.2×10 ⁻³	0.12×10 ⁻³	0
接触组	60	0.01~5.20	0.18	23.3

2.2 血锰结果及接触组血锰与工龄的相关关系

表 3 对照组与接触组情感状态测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	紧张-焦虑	愤怒-敌意	疲惫-惰性	忧郁-沮丧	有力-好动	困惑-迷茫
对照组	11.3±5.6	13.0±8.4	8.7±4.9	15.1±10.9	19.1±4.8	9.1±3.9
接触组	14.2±7.4*	15.8±9.7	12.0±5.6**	19.1±11.7	15.6±5.5*	10.6±5.1

与对照组比较, **P* < 0.05 ***P* < 0.01。

表 4 对照组与接触组智力与记忆感知功能及心理运动测试结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	心算		系列加减		视觉保留 (得分)	符号译码正确 (得分)	视简单反应时 (s)		视复杂反应时 (s)	目标追踪 (得分)
	总数 (得分)	正确数 (得分)	正确数 (得分)	平均耗时 (s)			习惯用手 平均耗时	非习惯用手 平均耗时		
对照组	20.7±0.7	19.1±0.7	14.4±0.2	1.5±0.1	6.9±0.3	49.8±2.2	0.39±0.01	0.38±0.01	0.69±0.02	59.63±2.00
接触组	19.2±0.5	17.6±0.5	13.9±0.2	1.6±0.1	6.7±0.2	42.2±1.6**	0.40±0.01*	0.40±0.01	0.74±0.01*	47.34±1.50**

注: 以计算机熟悉程度为协变量进行校正。与对照组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。

3 讨论

行为毒理学是研究环境不良因素对人为作用的行为学科, 主要应用心理学、行为科学及生理学的方法, 研究环境因素在较低浓(强)度时对精神活动和神经生理功能的影响。20 世纪 80 年代出现的计算机神经行为评价系统(NES)是在 NCTB 的基础上发展起来的, 它提高了测试的信度和效度, 具有较好的敏感性, 近年来越来越受到人们的关注^[2]。电焊作业中最常见的职业性毒物是锰, 过量的锰进入人体可引起广泛的病理损伤, 锰可透过血脑屏障沉积于脑部, 产生相应的神经系统受损症状^[3,4]。早期主要表现为神经行为功能的改变, 进而损伤锥体外系神经。本研究主要通过计算机神经行为评价系统来发现电焊作业工人神经行为功能方面的早期变化, 为及时预防慢性锰中毒、保护亚临床中毒者提供参考。

本研究采用 NES-C3 中的 8 个项目进行测试, 结果发现在情感状态方面的 6 项指标中, 有 3 项接触组与对照组的差异有显著性, 表现为易于紧张焦虑、疲劳、惰性增强, 而有力好动方面得分明显低于对照组, 这与 Myers JE 报道的结果一致^[5]。接触组在符号译码、目标追踪方面, 得分明显低于对照组; 视简单反应时利手平均时间、视复杂反应时均多于对照组。这说明电焊作业工人早期的手眼协调能力、视觉反应速度等方面已经发生了改变^[6]。而在反映智力记忆功能的心算、系列加减等基本数学运算方面, 接触组和对照组之间差异无显著性, 这与邹云锋的报道一致^[7]。以上结果提示, 电焊作业工人在没有出现明显的临床症状之前, 已经有了一些神经行为功能方面的改变。

郑玉新认为, 在评价锰的暴露水平时, 因其具有慢性蓄积作用, 必须考虑接触水平和接触时间两个参数, 即累积暴露指数(CEI)^[8]。而本次研究由于缺乏历史监测资料, 无法计算 CEI。我们检测了作业工人的血锰浓度, 发现接触组血锰明显高于对照组, 差异具有显著性, 但电焊工人的血锰值与工龄、神经行为测试结果不存在相关关系, 说明血锰值并不能很好地

反映体内锰负荷, 这与国外的研究结果相符^[9~11]。

随着生产工艺的改进和预防措施的加强, 电焊作业中严重的职业性慢性锰中毒已很少发生, 但长期较低剂量的锰暴露依然存在, 其对接触者的潜在影响仍不可低估。锰对接触者的危害正由临床型向亚临床型转变, 因而更具有隐匿性, 易被人们所忽视。本研究表明, 计算机神经行为测试可以作为一种检测长期较低剂量锰暴露工人神经系统亚临床损害的方法, 具有较高的灵敏度。但此测试目前只适合于评价职业人群的神经行为功能, 且缺乏特异性, 其结果易受多种因素影响, 所以如何实现神经行为功能的个体评价值得进一步探讨。

参考文献:

- [1] 张春山, 金克峙, 梁友信. 计算机神经行为测试组合的表达和参数设定[J]. 工业卫生与职业病, 2002, 28(6): 378-381.
- [2] Richard Letz, Colleen K, Dilorio, et al. Further standardization of some NES₃ tests[J]. Neurotoxicology, 2003, 24: 491-501.
- [3] Calne DB, Chu NS, Huang CC, et al. Manganese and idiopathic parkinsonism similarities and differences[J]. Neurology, 1994, 44: 1586-1593.
- [4] Ascluem, Aschner JL. Manganese neurotoxicity cellular effects and blood-brain barrier transport[J]. Neurosci Biobehav Rev, 1997, 15: 333-340.
- [5] Myers JE, Thompson ML, Ramushu S, et al. The nervous system effects of occupational exposure on workers in a South African manganese smelter[J]. Neurotoxicology, 2003, 24(6): 885-894.
- [6] Kilbom KH. Neurobehavioral and respiratory findings in jet engine repair workers: A comparison of exposed and unexposed volunteers[J]. Environ Res, 1999, 80(3): 224-252.
- [7] 邹云锋, 付承红, 石玉琴, 等. 接锰工人计算机神经行为测试探讨[J]. 中国职业医学, 2004, 31(2): 10-12.
- [8] 郑玉新, 周晓蓉, 潘举升, 等. 职业性接触锰对作业工人神经行为功能的影响[J]. 卫生研究, 1999, 28(4): 198-200.
- [9] Roels HA, Ghyselen P, Buchet JP, et al. Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust[J]. Br J Ind Med, 1992, 49(1): 25-34.
- [10] Mergler D, Baldwin M. Early manifestations of manganese neurotoxicity in humans: an update[J]. Environ Res, 1997, 73(1-2): 92-100.
- [11] Myers JE, teWaterNande J, Fourie M, et al. Nervous system effects of occupational manganese exposure on South African manganese mine workers[J]. Neurotoxicology, 2003, 24(4-5): 649-656.