铝电解作业工人神经行为功能研究

胡传来 杨永坚 钟灵云 余秋月 陈新华

摘要 目的 探讨铝作业工人神经行为功能的改变及其接触水平-效应/反应关系。方法 采用 WHO 推荐的神经行为功能测试组合(NCTB)对某铝厂 318 名工人进行测试分析。结果 除情感状态部分项目外的所有测试项目标准分均低于对照组,提示接触铝作业在听记忆、视感知-记忆、运动敏捷度及其准确性方面已有显著改变,这种改变随铝作业工龄的延长而更加显著,尤其是工龄 15 年以上者;逐步回归分析结果提示,NCTB 标准分随累计接尘量的增加而逐渐减少,两者存在接触水平-效应/反应关系。结论 切实降低作业场所空气中铝粉尘浓度以及减少接铝作业时间是降低铝对神经行为功能损害的重要途径,NCTB 测试可以成为接触铝作业工人健康监护的早期敏感指标。

关键词 铝 神经行为功能 职业接触。

Study on Neurobehavioral Function Changes in Workers Occupationally Exposed to Aluminum Hu Chuanlai, Yang Yongjian, Zhong Lingyun, et al. Department of Occupational Health, Anhui Medical University. 230032

Abstract Objective To study the neurobehavioral function of aluminum exposed workers and the exposure-effect/response relationship. **Methods** Neurobehavioral Core Test Battery(NCTB)recommended by WHO was used for 318 workers occupationally exposed to aluminum and 123 controls. **Results** The results showed that there was strongly significant difference of NCTB between exposed and control groups except some items of Profile of Mood States. It was suggested that central nervous system function was affected due to exposure to Aluminum. Analysis of covariance between the duration of employment and NCTB showed that standard scores of NCTB were significantly decreased with the prolongation of employment duration especially in the workers whose employment duration were more than 15 years. Stepwise regression model analysis suggested that there was negative correlation between standard scores of NCTB and cumulated aluminum dust concentration in the working place. **Conclusion** The results showed that the exposure-effect relationship between aluminum dust exposure and NCTB scores was existed, it was important to decrease air aluminum dust concentration in workshop and cut to reduce occupational aluminum expose duration for lowering the damage of aluminum to worker's neurobehavioral function, and NCTB could be one of the effective and sensitive index for aluminum worker's health surveillance.

Key words Aluminum, Neurobehavioral Core Test Battery, Occupationally exposure

为探讨长期接触铝作业对工人神经系统高级功能的损害,我们对某铝厂工人进行了神经行为功能测试。

1 材料与方法

1.1 调查对象

接触组为某铝厂电解和铝加工车间工人 318 名,平均年龄(32.4±9.6)岁,平均工龄(10.7±8.8)年,平均学历(10.2±2.2)年,男性 306 名,女性 12 名;另选该厂机修车间工人、行管人员及附近某水泥预制厂工人共 123 名为对照组,平均年龄(30.0±9.3)年,平均工龄(10.0±8.7)年,平均学历(8.9±2.4)年,男性 91 名,女性 32 名。

1.2 空气粉尘浓度测定

定点采样,每车间采 4~6 个点,流量 20L/min,上、下午各 1 次,连采 2 天,几何平均法计算各车间、工种平均粉尘浓度。

1.3 神经行为功能测定

采用 WHO 推荐的神经行为测试组合(NCTB)^[1]。项目包括情感状态:紧张-焦虑(y₁)、抑郁(y₂)、愤怒(y₃)、精力充沛(y₄)、疲劳(y₅)、困惑(y₆);简单反应时:平均(y₇)、最慢(y₈)、最快(y₉);数字广度(y₁₀);Santa-Ana 提转敏捷度:利手(y₁₁)、非利手(y₁₂);数字译码(y₁₃);目标追踪:正确点数(y₁₄)、错误点数(y₁₅)、合计点数(y₁₆);视觉保留(y₁₇)。

1.4 资料处理

所收集的资料输入 Epiinfo 数据库,并对 NCTB 各项目进行粗分的标准化,再运用 SAS 统计软件进行统计计算。组间比较实行多元协方差分析,以消除诸如年

作者单位:230032 合肥 安徽医科大学劳动卫生学教研室(胡传来、杨永坚、钟灵云、余秋月),合肥铝厂职工医院(陈新华)

龄、性别及文化水平等因素对测试结果的影响²⁾。

2 结果

2.1 车间空气中氧化铝粉尘平均浓度(mg/m³)

电解车间: 电解工 13.4, 阳极工 14.37, 打壳工 37.01; 铝加工车间 1.25; 机修车间 1.21; 办公室 0.85。

2.2 接触组铝作业工人常见症状出现率

咳嗽咳痰 20.9%, 胸闷 18.4%, 气短 10.3%, 头

痛 14.7%, 头昏 21.5%, 记忆力减退(22.5%), 仅记忆力减退较对照组(11.8%)显著增高($P=0.045$)。

2.3 接触组与对照组 NCTB 各项目比较

见表1。情感状态的精力充沛项、简单反应时、Santa Ana 提转敏捷度、数字译码、视觉保留及目标追踪的正确打点数在 $\alpha=0.05$ 水平的两组间差异均无显著性。

表1 接触组与对照组 NCTB 测试比较($\bar{x} \pm s$)

	对照组(n=123)	接触组(n=318)	t 值	P 值
y ₁	50.53±9.98	49.79±10.02	0.6878	0.4926
y ₂	50.55±10.59	49.78±7.77	0.7135	0.4759
y ₃	49.67±10.41	50.13±9.85	0.4237	0.6720
y ₄	51.55±10.93	49.39±9.56	2.0291	0.0431
y ₅	51.16±9.72	49.54±10.09	1.5232	0.1291
y ₆	60.87±10.36	49.66±9.85	1.1381	0.2557
y ₇	58.27±11.01	49.81±7.45	10.6461	0.0001
y ₈	57.84±12.08	46.98±7.05	9.3821	0.0001
y ₉	57.04±11.04	47.29±8.08	10.6462	0.0001
y ₁₀	55.39±10.30	47.90±9.06	7.4771	0.0001
y ₁₁	54.14±9.68	48.40±9.67	5.5893	0.0001
y ₁₂	52.26±9.85	49.12±9.93	2.9858	0.0030
y ₁₃	55.50±10.38	47.86±8.99	7.1777	0.0001
y ₁₄	56.60±9.84	47.43±8.83	9.4651	0.0001
y ₁₅	51.37±8.66	49.47±10.44	1.9483	0.0524
y ₁₆	55.47±9.71	49.87±9.29	7.6040	0.0001
y ₁₇	54.79±7.13	48.15±10.34	7.6765	0.0001

2.4 不同工龄组与对照组 NCTB 测试结果比较

按工龄分组<5年为B组, 5~14年为C组, ≥15年为D组, 对照组为A组。经协方差分析, 结果显示

随工龄增加, NCTB 测试标准分减少, 特别是工龄超过15年者。

2.5 铝作业工人 NCTB 测试与个体因素、职业接触水

表2 不同工龄组 NCTB 测试协方差分析(组均数)

	A (n=123)	B (n=118)	C (n=115)	D (n=85)	协变量	F 值	P 值	Q 检验 (组间 $P < 0.05$ 或 0.01)
y ₁	50.53	50.49	50.48	47.85		0.92	0.4743	
y ₂	50.55	49.70	50.70	48.65		0.54	0.7436	
y ₃	49.68	50.60	51.39	47.88		1.30	0.2625	
y ₄	51.55	49.98	50.10	47.63	x ₁	5.25	0.0004	A-D, B-D, C-D
y ₅	51.17	50.14	49.88	48.41		0.67	0.6711	
y ₆	50.87	51.46	49.83	46.84		3.88	0.0094	A-D, B-D, C-D
y ₇	58.27	47.41	47.75	44.57	x ₁ , x ₂ , x ₃	36.25	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₈	57.84	47.94	47.50	44.87	x ₁ , x ₂ , x ₃	33.50	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₉	57.04	48.01	49.64	42.87	x ₂ , x ₃	28.41	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₁₀	55.39	49.68	49.64	42.87	x ₁ , x ₃	44.20	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₁₁	54.14	49.68	48.82	46.14	x ₁ , x ₃	12.84	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₁₂	52.27	49.18	50.31	47.28	x ₁ , x ₃	5.66	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D
y ₁₃	55.50	51.40	48.67	41.60	x ₁ , x ₃	91.17	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-C, B-D, C-D
y ₁₄	56.60	50.36	48.99	48.84	x ₁ , x ₃	55.50	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-C, B-D, C-D
y ₁₅	51.37	50.40	48.99	48.84		1.61	0.1872	
y ₁₆	55.47	50.11	48.18	44.19	x ₁ , x ₃	40.32	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D
y ₁₇	54.79	49.55	48.76	45.45	x ₁ , x ₃	18.08	0.0001	A-B, A-C, A-D, B-D, C-D

注: x₁ 年龄(岁), x₂ 性别(男=1, 女=0), x₃ 文化水平(小学=1, 初中=2, 高中=3, 大专或以上=4)。

平之间的关系。

各自变量按 $\alpha=0.10$ 水平采用逐步回归法分别与 NCTB 各测试项目 (因变量) 进行回归分析, 结果表明, NCTB 与文化水平 (x_3) 呈正相关, 与年龄 (x_1)、性别 (x_2)、累计接尘量 (x_4 , 即毫克年值) 均呈负相关关系 (表 3)。对吸烟、饮酒因素的分析, 未见显著相关。

表 3 NCTB 测试与个体因素及职业因素的逐步回归分析

$y_3=50.5803-0.0064x_4$
$y_4=55.2507-0.1884x_1$
$y_6=53.7024-0.0990x_1-0.0106x_4$
$y_7=48.9693-0.0182x_4$
$y_8=45.8937+1.1107x_3-0.0152x_4$
$y_9=45.8308+1.1273x_3-0.0125x_4$
$y_{10}=47.0555-0.1918x_1+3.4921x_3-0.0122x_4$
$y_{11}=46.9733+1.3322x_3-10.0135x_4$
$y_{12}=50.5713-0.0136x_4$
$y_{13}=55.6960-0.0493x_1+3.8063x_3-0.0093x_4$
$y_{14}=55.2813-0.3723x_1-4.0634x_2+3.5420x_3$
$y_{16}=54.8938-0.2767x_1-3.9443x_2+2.9334x_3-0.0104x_4$
$y_{17}=45.5937-0.1248x_1+3.5149x_3-0.0134x_4$

3 讨论

铝对神经系统的毒性早已被人们关注, 自从 Alzheimer 于 1907 年首次描述了老年性痴呆病人脑部神经病理改变以来, 不少学者研究发现其病变以皮层及海马区最显著, 病变神经元中铝含量显著增加, 并在分子水平证实铝影响脑的生化过程。病人早期临床表现为学习及记忆进行性衰退, 最终导致判断力、语言及运动功能严重衰退^[3]。

长期过量接触铝可致中枢神经系统损害, 在神经心理和神经行为方面已有报道^[4,5]。但多存在着样本

量偏小、难以证实接触水平-效应/反应的关系。本文采用整群抽样、大样本调查方法, 弥补了分层分析样本量较少的不足, 对由此造成的性别等在两组间的不平衡, 采用多元协方差分析的方法, 最大程度地降低了个体因素对 NCTB 测试结果的影响。在整个 NCTB 测试项目结果中, 情感状态 (除精力充沛项外) 敏感性较差。其他测试项目在接触组与对照组间差异均有显著性, 提示铝作业对中枢神经系统高级功能损害明显, 尤其表现在听觉记忆、视感知-记忆、运动及其敏感性方面。

对接铝工龄进行分析表明, 随工龄延长, NCTB 测试改变愈显著, 存在明显的接触水平-效应/反应关系, 提示铝对中枢神经系统的损害存在累积性, 特别是工龄超过 15 年者, 行为功能损害更为严重。

NCTB 测试与个体因素和职业因素的逐步回归分析表明, NCTB 测试除与年龄、性别、个体生理因素直接有关外, 与累计接尘量存在显著负相关, 即接触水平-效应关系。因此, 切实降低车间空气中铝粉尘浓度和减少接铝作业时间, 是减轻铝作业对神经行为功能损害的重要途径。神经行为功能测试可以成为铝作业工人健康监护早期敏感指标之一。

4 参考文献

- 1 梁友信. 介绍 WHO 推荐的神经行为核心测试组合. 工业卫生与职业病, 1987, 13 (6): 331
- 2 陈自强, 于纪慧, 曹素华. 世界卫生组织神经行为核心指标参比值研究. 工业卫生与职业病, 1989, 15 (1): 4
- 3 吴廷. 铝对神经系统的毒性及防治. 药物流行病学杂志, 1994, 3 (3): 141
- 4 Bast-Pettensen R, Drablos PA, Goffeng LO, et al. Neuropsychological deficit among elderly workers in Aluminum production. Am J Ind Med. 1994, 25: 649
- 5 郑玉新, 梁友信, 杨红光, 等. 铝熔铸作业工人神经行为功能的研究. 中华劳动卫生职业病杂志, 1997, 15 (1): 18

(收稿: 1999-01-11 修回: 1999-04-01)

(上接 205 页)

- 3 Heck H d'A and Kluwe CT. Microanalysis of urinary electrolytes and metabolites in rats ingesting dimethyl terephthalate. J Anal Toxicol, 1980, 4: 222~226
- 4 崔福生, 主编. 医学生化检验手册. 第 1 版. 天津: 天津科学技术出版社, 1982. 451~452
- 5 郑永章, 秦荣大, 孟广政, 等. 编译. 卫生检验方法手册. 第 1 版. 北京: 北京大学出版社, 1990. 58~59
- 6 Fresenius W, Quentin KE, Schneider W. 张曼平, 译. 水质分析. 第 1 版. 北京: 北京大学出版社, 1991. 141~142
- 7 龚楠, 王心如. 对苯二甲酸的毒性与生物学效应. 国外医学卫生

- 学分册, 1997, 24: 223~226
- 8 邱清, 徐锡坤, 王心如, 等. 对苯二甲酸经口染毒大鼠早期生物学效应的探讨. 南京医科大学学报, 1994, 14: 133~136
- 9 丁荣施. 肾钙结石的病因学和预防. 国外医学泌尿系统分册, 1987, 3: 1~3
- 10 Tyl RW and Chin TY. Effects of selected therapeutic agents on urolithiasis induced by terephthalic acid in the male weanling fischer 344 rats. Fund Appl Toxicol, 1983, 3: 552~558
- 11 Heck H d'A. Chemical Urolithiasis 2. Thermodynamic aspects of bladder stone induction by terephthalic acid and dimethyl terephthalate in weanling fischer - 344 rats. Fund Appl Toxicol, 1981, 1: 299~308