

职业铝暴露对工人认知功能影响的因子分析

徐诗梦, 张云玮, 巨晓芬, 崔双杰, 路小婷, 牛侨

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

摘要:

[背景] 职业铝暴露可以引起工人出现明显的认知功能障碍, 而认知功能障碍可涉及记忆、学习、语言、执行、视空间等多个方面。由于各研究采用的认知评价量表不同, 且量表指标间存在相关性, 导致研究得到的结果不能直接进行比较, 未能明确职业铝暴露对机体认知功能损害的主要领域。

[目的] 利用因子分析的方法探究职业铝暴露影响工人认知功能的主要领域。

[方法] 采用整群抽样的方法于 2014 年在山西省某大型铝厂选取 1304 名铝电解作业工人及检修车间工人作为研究对象。采集研究对象的空腹肘静脉血 10 mL, 其中 2 mL 全血提取血浆, 利用电感耦合等离子体质谱法 (ICP-MS) 测定血浆铝含量, 根据三分位法将研究对象分为低、中、高暴露组 (分别以 Q1、Q2、Q3 组表示); 采用研究组自行设计的职业流行病学调查问卷收集研究对象的一般情况资料, 包括年龄、性别、婚姻状况、教育水平、职业史、疾病史和生活习惯等; 采用组合问卷进行认知功能测试, 包括简易精神状态量表、画钟测验、数字广度测试、物体记忆测验、言语流畅性测验、简单反应时测试。运用因子分析从 16 个原始指标中提取 6 个公共因子代替原始指标, 采用方差分析比较公共因子得分差异, 采用多重线性回归分析血浆铝浓度与认知功能之间的关系。

[结果] 研究对象均为男性, 年龄为 20~56 岁, 血浆铝中位数 (P_{25} , P_{75}) 为 26.3 (11.8, 50.7) $\mu\text{g/L}$ 。Q1、Q2、Q3 组的血浆铝浓度范围分别为 <16.21 、 $16.21\sim 40.83$ 和 ≥ 40.83 $\mu\text{g/L}$ 。三组在年龄、文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒等方面均不存在统计学差异 ($P>0.05$)。从原始认知功能观察指标中提取 6 个公共因子, 公共因子 1~6 分别为注意力、长时记忆力、反应能力、执行功能、短延时记忆力、即刻记忆力。方差分析结果显示仅公共因子 4 得分在三组间的差异有统计学意义 ($P<0.05$)。多重线性回归结果显示: 当血铝浓度作为分类变量时, 在 Q3 组中, 公共因子 1 和 4 的得分与血铝浓度呈负相关 (b 分别为 -0.136 和 -0.180 , $P<0.05$), 与 Q1 组相比, 公共因子 1 和 4 得分分别下降 12.7%、16.5%; 当血铝浓度作为连续变量时, 趋势检验显示血铝浓度与公共因子 1 和 4 的得分存在剂量-效应关系 ($t=-2.15$ 、 -2.67 , $P<0.05$)。

[结论] 职业铝暴露会损害工人的认知能力, 主要影响注意力和执行功能。

关键词: 职业铝暴露; 认知功能; 因子分析; 注意力; 执行功能

Effects of occupational aluminum exposure on workers' cognitive function: Based on factor analysis XU Shi-meng, ZHANG Yun-wei, JU Xiao-fen, CUI Shuang-jie, LU Xiao-ting, NIU Qiao (Department of Occupational Health, School of Public Health, Shanxi Medical University, Taiyuan, Shanxi 030001, China)

Abstract:

[Background] Occupational aluminum exposure can cause significant cognitive impairment in workers, which involves memory, learning, language, execution, and visual space. The results from different studies cannot be directly compared due to different cognitive evaluation scales used and correlated scale indicators. Therefore, the main cognitive areas damaged by occupational aluminum exposure have not been identified.

[Objective] This study deploys a factor analysis to explore the main cognitive areas of workers affected by occupational aluminum exposure.

[Methods] In 2014, a total of 1304 aluminum electrolysis workers and maintenance workers were selected from a large aluminum plant in Shanxi Province by cluster sampling method. Fasting elbow venous blood (10 mL) of the study subjects was collected, of which 2 mL was extracted for the determination of plasma aluminum by inductively coupled plasma mass

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19602

基金项目

国家自然科学基金 (81472959, 81430078)

作者简介

徐诗梦 (1994—), 女, 硕士生;
E-mail: xsm_321@163.com

通信作者

路小婷, E-mail: luxiaoting@sxmu.edu.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-09-02

录用日期 2019-11-15

文章编号 2095-9982(2020)01-0030-06

中图分类号 R131

文献标志码 A

引用

徐诗梦, 张云玮, 巨晓芬, 等. 职业铝暴露对工人认知功能影响的因子分析 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (1): 30-35.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19602

Funding

This study was funded.

Correspondence to

LU Xiao-ting, E-mail: luxiaoting@sxmu.edu.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2019-09-02

Accepted 2019-11-15

To cite

XU Shi-meng, ZHANG Yun-wei, JU Xiao-fen, et al. Effects of occupational aluminum exposure on workers' cognitive function: Based on factor analysis[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(1): 30-35.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19602

spectrometry (ICP-MS). According to tertiles of blood aluminum concentration, the subjects were divided into low, medium, and high exposure groups (Q1, Q2, and Q3 groups, respectively). A self-designed epidemiological questionnaire was used to collect general information of the subjects, including age, gender, marital status, education level, occupational history, disease history, and living habits. A combined questionnaire set was used for cognitive function tests, including Mini-mental State Examination, Clock-drawing Test, Digit-span Test, Fuld Object Memory Evaluation, Verbal Fluency Test, and Simple Reaction Time. Factor analysis was conducted to extract common factors from 16 original indicators to represent the original indicators, variance analysis was used to compare differences in common factor scores, and multiple linear regression was used to analyze the relationship between blood aluminum concentration and cognitive function.

[Results] All the study subjects were male, aged 20-56 years, and their median (P_{25} , P_{75}) blood aluminum concentration was 26.3 (11.8, 50.7) $\mu\text{g/L}$. The blood aluminum concentration ranges in the Q1, Q2, and Q3 groups were <16.21 , 16.21-40.83, and ≥ 40.83 $\mu\text{g/L}$, respectively. There was no statistical difference in age, education, marital status, smoking, and drinking among the three groups ($P > 0.05$). Common factors 1-6 were extracted from the original cognitive function indicators, and represented attention, long delay memory, reaction ability, execution function, short delay memory, and immediate memory, respectively. The variance analysis results showed that only the score of common factor 4 was significantly different among the three groups ($P < 0.05$). The multiple linear regression results showed that when blood aluminum concentration was used as a categorical variable, there were negative correlations between blood aluminum concentration and the scores of common factors 1 and 4 in the Q3 group ($b = -0.136$ and -0.180 , respectively, $P < 0.05$), and compared with the Q1 group, the scores of common factors 1 and 4 decreased by 12.7% and 16.5%, respectively; when blood aluminum concentration was used as a continuous variable, the trend test results showed that there were dose-effect relationships between blood aluminum concentration and the scores of common factors 1 and 4 ($t = -2.15$ and -2.67 , $P < 0.05$).

[Conclusion] Occupational exposure to aluminum can impair the cognitive function of workers, mainly affecting attention and executive function.

Keywords: occupational aluminum exposure; cognitive function; factor analysis; attention; executive function

我国是世界上最大的原铝生产和出口国家之一，职业铝暴露人群众多，其健康问题引人关注。1976年，Alfrey等^[1]首先在一组死于透析性脑病综合征的患者中提到了铝的神经毒性；1985年，Longstreth等^[2]观察到3名铝冶炼厂工人的认知缺陷，之后大量职业流行病学研究表明铝可以损害人体的定向力^[3]、反应时间^[4]、记忆力^[5-6]、注意力^[7]等认知功能，也有meta分析表明职业性铝暴露与认知障碍之间存在剂量-反应关系^[8]。认知功能由多个认知领域组成，包括学习、记忆、语言、执行功能、方向、注意力、视觉空间能力等方面^[9]，可采用多种量表进行认知功能的评价。由于各研究采用的认知评价量表不同，且量表指标间存在相关性，导致研究结果不能直接进行比较，学者们对职业铝暴露损害的认知域看法相左。因子分析利用降维的思想，从分析多个原始指标的相关关系入手，找到支配这种相关关系的有限个不可观测的公共因子，并用这些公共因子来解释原始指标之间的相关性。因此，可以利用因子分析的方法综合不同量表中认知功能评价指标的全面信息，从而更直观地确定职业铝暴露对机体认知功能损害的具体方面。

本研究对山西某大型铝厂职业铝暴露工人展开横断面调查，采用认知功能测试问卷(6种问卷，共16个分析指标)评价工人的认知功能，利用因子分析，从原始认知指标提取若干个能够反映认知功能的公共因

子，分析职业铝暴露损害工人认知功能的主要领域。

1 对象与方法

1.1 对象

采用整群抽样的方法于2014年调查了山西省某大型铝厂，本次研究共纳入1304名铝电解作业工人及检修车间工人。研究对象在车间工作过程中均配备相同的防护措施，包括口罩、防护面罩、防护服和防护眼镜。纳入标准：年龄为20~60岁，工作环境中存在铝暴露。剔除标准：长期服用含铝胃药；曾经受过脑外伤；已知本人或父母患有精神和神经系统疾病；极度不配合。所有受试者均已签署知情同意书，研究方案经山西医科大学医学伦理委员会批准(编号：2014059)。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 采用研究组自行设计的职业流行病学调查问卷在相同条件下收集工人的一般情况资料(年龄、性别、婚姻状况、教育水平、职业史、疾病史和生活习惯)和认知功能情况。认知功能测试问卷包括：①简易精神状态量表(Mini-mental State Examination, MMSE)。MMSE是目前运用最广泛的认知功能筛查量表，包括定向力、短记忆力、注意力和计算力、回忆能力和语言能力共5个指标^[10]，总分30分。②画钟测验(Clock-drawing Test, CDT)。CDT可以在不同的语

言和环境中使用,常用于筛查执行和视空间知觉功能损害者,评价指标为画钟测验得分^[11-12]。本研究采用常用的4分法:绘制完整闭合的圆计1分,标上完整的12个数字计1分,数字位置及顺序正确计1分,指针位置正确计1分。③数字广度测试(Digit-span Test, DST)。DST包括顺序测试(Digit Span Forward Test, DSFT)和倒序测试(Digit Span Backward Test, DSBT),主要测试内容为听觉注意和听觉记忆能力,DST总分侧重反映注意力的集中程度,共有DST、DSFT和DSBT 3个指标^[13]。正确回忆1组数字序列得1分,DSFT和DSBT分别累计得分。④物体记忆测验(Fuld Object Memory Evaluation, FOME)。FOME包括首次回忆个数、再次回忆个数、末次回忆个数3个指标,主要用于评价被试者的延时记忆能力,常与DST联用,可检出以记忆受损为主的认知功能障碍,还可反映触觉、视觉、听觉等多方面的功能^[14]。评分为0~30分。⑤言语流畅性测验(Verbal Fluency Test, VFT)。VFT主要用于评价被试者的语言理解、应用和表达能力,以VFT得分为评价指标^[15-16],要求被试者在规定时间内正确地说出尽可能多的动物、蔬菜、水果,每1项得1分,累计得分。⑥简单反应时(Simple Reaction Time, SRT)测试。该测试可以衡量被试者的注意力和反应速度^[17-18],包含3个指标。本研究中使用行为测试仪进行测试^[19]。测试中,会有3种不同颜色的灯随机亮起,被试者应立即区分并按下按钮,总共测试30次。仪器会自动记录操作正确的次数,并给出SRT、SRT最快值(Fastest of Simple Reaction Time, SRTF)和SRT最慢值(Slowest of Simple Reaction Time, SRTS)。主要根据问卷以及量表包含的问题进行询问、测试得分。

1.2.2 公共因子提取和命名 从原始认知功能观察指标中提取公共因子,因子载荷是原始指标与公共因子之间的相关系数,它反映了两两者之间相互联系的密切程度,体现了原始指标的信息在公共因子上的反映程度。当变量在某因子上的因子载荷大于0.5时,表示该因子可较好地代表变量,提取为公共因子,并结合各原始指标的内容进行命名。

1.2.3 血浆铝浓度测定 采集调查对象的空腹肘静脉血10 mL,取2 mL全血置于含肝素钠的抗凝管内,以1000 r/min离心10 min(离心半径13.5 cm),将分离出的血浆移入1.5 mL离心管中。测定时采用电感耦合等离子体质谱法测定血浆铝含量。此方法测定范围为1~160 $\mu\text{g/L}$,检出限为0.39 $\mu\text{g/L}$,平均回收率为

100.29%,相对标准偏差为0.03%~0.08%。

1.2.4 质量控制 调查人员经统一培训,使用统一标准,严格按照调查要求操作,调查中所用问卷各自采用统一的导语及评分标准;测试时,仅被试者本人与调查员单独处在某一安静环境中,进行一对一的认知功能测评;采用同一仪器检测血浆铝浓度,统一检测标准;调查中的相关仪器设备均按照计量认证要求按时校准,并保证在检定周期内使用;数据录入采用双录入,专人核查。

1.3 统计学分析

所有数据采用EpiData 3.0软件双人录入。采用因子分析提取能够代表认知功能指标的公共因子,然后以认知功能指标因子得分作为研究对象的认知功能评价得分;采用方差分析进行组间认知功能公共因子得分的比较;以认知功能公共因子为应变量,调整年龄、文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒等因素,将血浆铝浓度(经过对数转换)分别作为连续变量、分类变量进行多重线性回归分析,并对相应的回归系数进行反变换 $\{100 \times [(\exp(\beta) - 1)]\}$ 以获得公共因子得分的百分比变化值 $Z [Z = 100\% \times (e^{\beta} - 1)]$ 。使用软件SAS 9.4进行统计分析,检验水准 $\alpha = 0.05$,双侧检验。

2 结果

2.1 研究对象一般情况

本研究共纳入1304名铝电解作业工人及检修车间工人,均为男性,年龄为20~56岁,血浆铝浓度中位数(P_{25} , P_{75})为26.3(11.8, 50.7) $\mu\text{g/L}$;根据三分位法将研究对象分为低、中、高暴露组(分别以Q1、Q2、Q3组表示),Q1、Q2、Q3组的血浆铝浓度范围分别为 <16.21 、 $\geq 16.21 \sim <40.83$ 和 ≥ 40.83 $\mu\text{g/L}$ 。三组在年龄、文化程度、婚姻状况、吸烟、饮酒等方面的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表1。

2.2 研究对象认知功能的因子分析

表2为经过最大方差法旋转的公共因子矩阵,DST、DSFT、DSBT在第1个公共因子上的载荷较高,所以公共因子1命名为注意力;首次回忆个数、再次回忆个数、末次回忆个数在第2个因子上的载荷较高,将公共因子2命名为长延时记忆力;SRT、SRTF、SRTS在第3个公共因子上的载荷较高,将公共因子3命名为反应能力;定向力、CDT在第4个公共因子上的载荷较高,将公共因子4命名为执行功能;同样根据载荷,将公共因子5命名为短延时记忆力,公共因子6

命名为即刻记忆力。

表 1 研究对象的一般情况 (n=1304)

Table 1 General information of study participants

变量 Variable	总体 Total	Q1 (n=435)	Q2 (n=433)	Q3 (n=436)	P
血铝浓度 [μg/L, M (P ₂₅ , P ₇₅)] Blood aluminum concentration	26.3 (11.8, 50.7)	8.1 (4.2, 11.8)	26.3 (20.6, 32.6)	63.7 (50.4, 90.1)	<0.01
年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$) Age (Years)	39.9±7.5	40.4±7.8	40.0±7.6	39.3±7.1	0.099
文化程度* (n, %) Education					0.121
初中及以下 Middle school and below	527 (40.6)	154 (35.6)	186 (43.3)	187 (43.0)	
高中 High school	636 (49.0)	231 (53.3)	198 (46.0)	207 (47.6)	
大专及以上学历 College and above	135 (10.4)	48 (11.1)	46 (10.7)	41 (9.4)	
婚姻状况* (n, %) Marital status					0.177
是 (Yes)	1245 (96.1)	412 (95.6)	411 (95.1)	422 (97.5)	
否 (No)	51 (3.9)	19 (4.4)	21 (4.9)	11 (2.5)	
吸烟 (n, %) Smoking					0.475
是 (Yes)	895 (68.6)	289 (66.4)	303 (70.0)	303 (69.5)	
否 (No)	409 (31.4)	146 (33.6)	130 (30.0)	133 (30.5)	
饮酒 (n, %) Drinking					0.089
是 (Yes)	424 (32.5)	159 (36.5)	132 (30.5)	133 (30.5)	
否 (No)	880 (67.5)	276 (63.5)	301 (69.5)	303 (69.5)	

[注]*: 有少量资料缺失。Q1、Q2、Q3 分别表示低、中、高暴露组 (根据三分位法分组)。

[Note]*: A small number of missing data. Q1, Q2, and Q3 represent low, medium, and high exposure groups, respectively (according to tertiles of blood aluminum concentration).

表 2 1304 名铝暴露工人原始认知功能指标的公共因子矩阵
Table 2 Common factor matrix of original cognitive function indicators of 1304 aluminum exposed workers

指标 Index	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3	因子 4 Factor 4	因子 5 Factor 5	因子 6 Factor 6
数字广度测试 (DST) Digital-span Test	0.982	0.075	-0.059	0.058	0.094	0.019
顺序测试 (DSFT) Digital Span Forward Test	0.870	-0.002	-0.050	0.029	-0.009	0.007
倒序测试 (DSBT) Digital Span Backward Test	0.796	0.136	-0.050	0.072	0.176	0.026
再次回忆个数 Second-time recall number	0.054	0.852	-0.073	0.021	0.039	-0.018
末次回忆个数 Last-time recall number	0.040	0.850	-0.073	0.018	0.035	-0.002
首次回忆个数 First-time recall number	0.079	0.735	-0.011	-0.015	0.062	0.073
言语流畅性测验 (VFT) Verbal Fluency Test	0.316	0.332	-0.114	0.187	0.286	-0.107
简单反应时 (SRT) Simple Reaction Time	-0.081	-0.088	0.939	-0.055	-0.066	-0.011
简单反应时最快值 (SRTF) Fastest of Simple Reaction Time	-0.032	0.002	0.777	0.022	-0.065	-0.005

续表 2

指标 Index	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3	因子 4 Factor 4	因子 5 Factor 5	因子 6 Factor 6
简单反应时最慢值 (SRTS) Slowest of Simple Reaction Time	-0.036	-0.087	0.713	-0.097	0.038	0.005
画钟测验 (CDT) Clock-drawing Test	0.082	0.075	-0.084	0.716	0.077	-0.140
定向力 Orientation	-0.006	-0.017	-0.044	0.701	-0.107	0.331
回忆能力 Memory ability	-0.011	0.092	-0.105	-0.175	0.815	0.144
注意力和计算力 Attention and computational power	0.294	0.134	0.061	0.249	0.472	0.008
语言能力 Language skills	0.216	-0.097	-0.010	0.421	0.433	-0.151
短记忆力 Short memory	0.037	0.035	-0.007	0.021	0.080	0.919

[注] 因子 1~6 分别代表注意力、长延时记忆力、反应能力、执行功能、短延时记忆力和即刻记忆力。

[Note] The factors 1-6 represent attention, long delay memory, reaction ability, executive function, short delay memory, and immediate memory, respectively.

2.3 不同铝暴露组认知功能公共因子得分比较

不同暴露组的认知功能得分结果显示, 仅公共因子 4 得分在三组间的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 不同铝暴露组工人认知功能公共因子得分

Table 3 Common factor scores of cognitive function across different aluminum exposure groups

公共因子 Common factor	Q1	Q2	Q3	F	P
因子 1: 注意力 Factor 1: attention	0.085	-0.035	-0.050	2.37	0.094
因子 2: 长延时记忆力 Factor 2: long delay memory	-0.042	0.040	0.003	0.73	0.482
因子 3: 反应能力 Factor 3: reaction ability	-0.039	0.012	0.027	0.52	0.592
因子 4: 执行功能 Factor 4: executive function	0.114	-0.022	-0.093	4.82	0.008
因子 5: 短延时记忆力 Factor 5: short delay memory	-0.034	0.004	0.030	0.46	0.629
因子 6: 即刻记忆力 Factor 6: immediate memory	-0.062	0.036	0.025	1.26	0.285

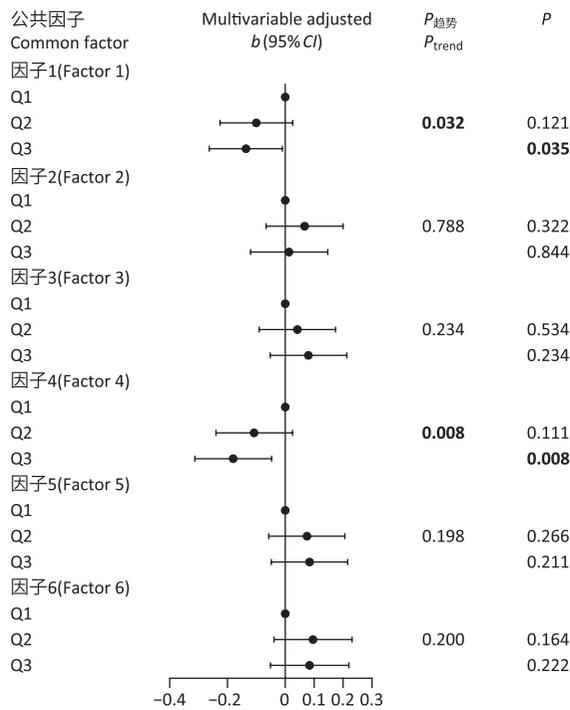
[注] Q1、Q2、Q3 分别表示低、中、高暴露组 (根据三分位法分组)。

[Note] Q1, Q2, and Q3 represent low, medium, and high exposure groups, respectively (according to tertiles of blood aluminum concentration).

2.4 血铝浓度对认知功能影响的多重线性回归分析

当血铝浓度作为分类变量时, 在 Q3 组中, 公共因子 1 与公共因子 4 与血铝浓度呈负相关 (b 分别为 -0.136 和 -0.180, $P < 0.05$), 与 Q1 组相比, 公共因子 1、公共因子 4 得分分别下降 12.7%、16.5%。公共因子 2、3、5、6 与血铝浓度间不存在相关关系 ($P >$

0.05)。当血铝浓度作为连续变量时,趋势检验显示血铝浓度与公共因子 1、4 的因子得分存在剂量-效应关系 ($t=-2.15$ 、 -2.67 , $P<0.05$),与公共因子 2、3、5、6 的因子得分不存在剂量-效应关系 ($t=0.27$ 、 1.19 、 1.29 和 1.28 , $P>0.05$)。图 1 显示了血铝浓度与认知功能各公共因子间的关系。



[注] Q1、Q2、Q3 分别表示低、中、高暴露组(根据三分位法分组)。因子 1~6 分别代表注意力、长延时记忆力、反应能力、执行功能、短延时记忆力和即刻记忆力。

[Note] Q1, Q2, and Q3 represent low, medium, and high exposure groups, respectively (according to tertiles of blood aluminum concentration). The factors 1-6 represent attention, long delay memory, reaction ability, executive function, short delay memory, and immediate memory, respectively.

图 1 认知功能指标公共因子与血铝浓度间的关系

Figure 1 Relationships between common factors of cognitive function indicators and blood aluminum concentrations

3 讨论

认知功能包括学习、记忆、语言、执行功能、方向、注意力、视觉空间推理等多个认知领域,流行病学研究表明职业铝暴露可引起认知功能的损害,导致轻度认知功能障碍^[20]。Akila 等^[21]对 79 位铝焊工进行了神经心理学测试,结果显示高铝暴露(尿液中铝浓度为 $9.98 \mu\text{mol/L}$)的焊工在空间任务中表现不佳; Bast-Pettersen 等^[4]研究 20 名铝焊工发现职业铝暴露可以影响焊工的反应时间;任佩等^[6]调查了 358 名铝作业工人发现铝暴露会对工人造成一定程度的记忆

障碍; Lu 等^[3]通过调查退休铝冶炼工人,发现铝暴露降低了工人的定向力、短期记忆和计算能力; Guo 等^[5]研究了 167 名职业铝暴露工人,发现年轻工人记忆力变差,老年工人运动活动和准确性受到损害。然而,这些研究样本量较小,主要关注单一认知功能改变,未能综合认知功能改变的有效信息以探究职业铝暴露对支配认知表现的潜在变量的影响。而因子分析则可以通过挖掘不同量表认知功能的全面信息,综合不同量表中相关性较高的原始认知指标,从原始认知指标提取能够反映各认知功能的公共因子,避免重复信息所造成的数据分析冗杂,较全面地评价职业铝暴露对工人认知功能损害的具体方面。因此,本次研究充分考虑组合问卷中认知功能评价指标间的相关性,采用因子分析的方法分析职业铝暴露对工人认知功能的损害。

本研究根据血铝浓度将研究对象分为低暴露组、中暴露组、高暴露组,采用因子分析从 16 个原始认知功能指标中提取了注意力、长延时记忆力、反应能力、执行功能、短延时记忆力和即刻记忆力 6 个因子,既可以很好地保留原始变量的信息,又可以减少分析指标,避免了多个指标间的共线性。采用多重线性回归分析血铝浓度与各公共因子间的关系,发现血铝浓度与注意力因子、执行功能呈负相关,且两者的损害均出现在高暴露组,相较于低暴露组分别下降 12.7%、16.5%;趋势检验结果显示随着血铝浓度的升高,工人的注意力、执行功能下降,与 Akila 等、王姗姗等的研究结果均一致^[21-22]。

Hänninen 等^[23]曾对 17 名铝焊工进行神经心理学评估,发现职业铝暴露可损害焊工的短期记忆力, Buchta 等^[24]发现职业接触铝焊接烟雾的工人反应能力下降。本研究未直接观察到职业铝暴露对反应能力、即刻记忆力和延时记忆力的损害,提示铝暴露对于记忆力的损害可能存在类别选择差异。

本次研究采用因子分析从多个认知功能指标中提取公共因子,较深层次地分析了职业铝暴露对工人认知功能的影响,发现职业铝暴露主要损害工人的注意力和执行功能。本研究整合了 6 种问卷所包含的 16 个分析指标,大大降低了回归建模的不稳定性,为职业性铝暴露对认知功能的损害研究提供了新的分析方法和数据支持;但是研究未能结合临床数据,应在后续研究中结合临床数据进一步探索职业铝暴露对认知功能的损害特点。

参考文献

- [1] ALFREY A C, LEGENDRE G R, KAEHNY W D. The dialysis encephalopathy syndrome—possible aluminum intoxication [J]. *N Engl J Med*, 1976, 294 (4) : 184-188.
- [2] LONGSTRETH W T JR, ROSENSTOCK L, HEYER N J. Potroom palsy? Neurologic disorder in three aluminum smelter workers [J]. *Arch Intern Med*, 1985, 145 (11) : 1972-1975.
- [3] LU X, LIANG R, JIA Z, et al. Cognitive disorders and tau-protein expression among retired aluminum smelting workers [J]. *J Occup Environ Med*, 2014, 56 (2) : 155-160.
- [4] BAST-PETTERSEN R, SKAUG V, ELLINGSEN D, et al. Neurobehavioral performance in aluminum welders [J]. *Am J Ind Med*, 2000, 37 (2) : 184-192.
- [5] GUO G, Ma H, WANG X, et al. Age-dependent differences of neurobehavioural function among workers exposed to aluminium [J]. *J Environ Med*, 1999, 1 (2) : 81-85.
- [6] 任佩, 李瑞, 樊瑾, 等. 中青年铝作业工人认知记忆功能评价研究 [J]. *中国职业医学*, 2016, 43 (1) : 15-19, 25.
- [7] GIORGIANNI C M, D'ARRIGO G, BRECCIAROLI R, et al. Neurocognitive effects in welders exposed to aluminium [J]. *Toxicol Ind Health*, 2014, 30 (4) : 347-356.
- [8] MEYER-BARON M, SCHÄPER M, KNAPP G, et al. Occupational aluminum exposure : evidence in support of its neurobehavioral impact [J]. *Neurotoxicology*, 2007, 28 (6) : 1068-1078.
- [9] LI X, LYU P, REN Y, et al. Arterial stiffness and cognitive impairment [J]. *J Neurol Sci*, 2017, 380 : 1-10.
- [10] FOLSTEIN M F, FOLSTEIN S E, MCHUGH P R. "Mini-mental state" : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician [J]. *J Psychiatr Res*, 1975, 12 (3) : 189-198.
- [11] KIM Y S, LEE K M, CHOI B H, et al. Relation between the clock drawing test (CDT) and structural changes of brain in dementia [J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2009, 48 (2) : 218-221.
- [12] PINTO E, PETERS R. Literature review of the Clock Drawing Test as a tool for cognitive screening [J]. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 2009, 27 (3) : 201-213.
- [13] LEUNG J L, LEE G T, LAM Y H, et al. The use of the Digit Span Test in screening for cognitive impairment in acute medical inpatients [J]. *Int Psychogeriatr*, 2011, 23 (10) : 1569-1574.
- [14] ANDERSON-HANLEY C, MIELE A S, DUNNAM M. The fuld object-memory evaluation : development and validation of an alternate form [J]. *Appl Neuropsychol Adult*, 2013, 20 (1) : 1-6.
- [15] GHEMULET M, BASKINI M, MESSINIS L, et al. Taste perception analysis using a semantic verbal fluency task [J]. *Psychol Res Behav Manag*, 2014, 7 : 261-272.
- [16] 师云波, 郭起浩, 于欢, 等. 交替流畅性测验识别轻度认知损害与阿尔茨海默病的效度评价 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2015, 15 (7) : 560-564.
- [17] FERNAEUS S E, ÖSTBERG P, WAHLUND L O. Late reaction times identify MCI [J]. *Scand J Psychol*, 2013, 54 (4) : 283-285.
- [18] BALLESTEROS S, MAYAS J, REALES J M. Cognitive function in normal aging and in older adults with mild cognitive impairment [J]. *Psicothema*, 2013, 25 (1) : 18-24.
- [19] WOODS D L, WYMA J M, YUND E W, et al. The effects of repeated testing, simulated malingering, and traumatic brain injury on high-precision measures of simple visual reaction time [J]. *Front Hum Neurosci*, 2015, 9 : 540.
- [20] YANG X, YUAN Y, LU X, et al. The relationship between cognitive impairment and global DNA methylation decrease among aluminum potroom workers [J]. *J Occup Environ Med*, 2015, 57 (7) : 713-717.
- [21] AKILA R, STOLLERY B T, RIIHIMÄKI V. Decrements in cognitive performance in metal inert gas welders exposed to aluminium [J]. *Occup Environ Med*, 1999, 56 (9) : 632-639.
- [22] 王姗姗, 孟华星, 李立荣, 等. 铝暴露对作业工人执行和视空间认知功能的影响 [J]. *环境与职业医学*, 2018, 35 (11) : 967-972.
- [23] HÄNNINEN H, MATIKAINEN E, KOVALA T, et al. Internal load of aluminum and the central nervous system function of aluminum welders [J]. *Scand J Work Environ Health*, 1994, 20 (4) : 279-285.
- [24] BUCHTA M, KIESSWETTER E, OTTO A, et al. Longitudinal study examining the neurotoxicity of occupational exposure to aluminium-containing welding fumes [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2003, 76 (7) : 539-548.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 陈姣; 校对: 王晓宇)