

# 煤矿工人神经行为特征及影响因素

张斌<sup>1</sup>, 杨柳叶<sup>1</sup>, 康辉<sup>1</sup>, 雷立健<sup>1</sup>, 杨智仲<sup>2</sup>, 刘改生<sup>2</sup>, 赵智慧<sup>2</sup>, 王芳<sup>1</sup>

1. 山西医科大学公共卫生学院, 山西 太原 030001

2. 西山煤电(集团)有限责任公司职业病防治所, 山西 太原 030053

## 摘要:

**[目的]** 煤矿工人井下作业环境及倒班等对其生理、心理均会产生影响, 但对其神经行为功能影响的报道较少见。本项目拟通过神经行为核心测试组合(NCTB)了解煤矿工人神经行为功能的分布特征, 并分析其影响因素, 为进行职业危害的早期干预提供依据。

**[方法]** 2017年4—6月选取山西省某国有煤矿652名男性工人为研究对象, 包括地面、井下一线、井下辅助三大类作业岗位。通过问卷调查收集研究对象基本信息, 采用WHO推荐的NCTB评价煤矿工人的情感状态和行为功能, 采用卡方检验、协方差分析和多元方差分析对工人神经行为改变的相关因素进行分析。

**[结果]** 煤矿工人情感得分除“有力-好动”得分处于中间偏上水平外, 其余5项得分均较低。行为功能测试结果显示, 工人平均反应时间为(0.50±0.16)s; 数字跨度顺序平均复述(11.72±2.20)个数字序列, 正确率较高, 倒序平均复述(5.50±2.42)个数字序列, 正确率较低; 数字译码为90s中正确(45.34±19.57)个; 视觉记忆正确率约为65.9%; 提转捷度习惯用手和非习惯用手得分接近; 正确打点数约占目标追踪总数的61.5%, 错误打点数占总打点数比例较高(38.5%)。多元方差分析结果显示, 不同作业场所可对疲惫-惰性、提转捷度(习惯用手和非习惯用手)、视觉记忆和目标追踪(正确打点数)产生影响, 井下作业工人疲惫-惰性和提转捷度评分高于地面工人, 而视觉记忆和目标追踪(正确打点数)评分低于地面工人(均 $P<0.05$ ); 倒班作业者5项情感状态(除有力-好动外)的得分均高于非倒班作业者, 在5项行为功能(数字跨度倒序和总分、视觉记忆、正确打点数和打点总数)的得分低于非倒班作业者(均 $P<0.05$ )。工人的年龄大、工龄长、文化水平低、睡眠质量差、月收入低和高血压患病都可能对其部分情感状态或行为功能产生消极影响(均 $P<0.05$ )。

**[结论]** 煤矿工人神经行为功能呈现较低水平, 不同作业场所的煤矿工人神经行为功能存在差异, 倒班对工人神经行为功能多方面均有影响; 工人的年龄、工龄、文化程度、睡眠质量及高血压状况也可能是煤矿工人神经行为功能改变的影响因素。

**关键词:** 煤矿工人; 神经行为; 神经行为核心测试组合; 分布

**Characteristics and influencing factors of neurobehavioral function of coal miners** ZHANG Bin<sup>1</sup>, YANG Liu-ye<sup>1</sup>, KANG Hui<sup>1</sup>, LEI Li-jian<sup>1</sup>, YANG Zhi-zhong<sup>2</sup>, LIU Gai-sheng<sup>2</sup>, ZHAO Zhi-hui<sup>2</sup>, WANG Fang<sup>1</sup> (1.School of Public Health, Shanxi Medical University, Taiyuan, Shanxi 030001, China; 2.Institute of Occupational Disease Prevention and Control, Xishan Coal and Electricity (Group) Limited Company, Taiyuan, Shanxi 030053, China)

## Abstract:

**[Objective]** Underground working environment and shift work may have adverse physical and mental health effects in coal miners, but few studies report the effects on neurobehavioral function. This study aims to understand the distribution characteristics and influencing factors of neurobehavioral function of coal miners in different workplaces through Neurobehavioral Core Test Battery (NCTB), and provide evidence for early intervention of occupational hazards.

**[Methods]** A total of 652 male coal miners from a state-owned coal mine in Shanxi Province were selected from April to June 2017 and divided into three groups (ground group, underground front-line group, and underground auxiliary group) according to assigned workplaces. The basic information of coal miners was collected through questionnaires, and profile of mood state (POMS) and neurobehavioral function of coal miners were evaluated by WHO NCTB. Chi-square test, covariance analysis, and multivariate analysis of variance were used to analyze the factors of neurobehavioral changes.

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18350

## 基金项目

国家自然科学基金(81502795); 山西省研究生联合培养基地人才培养项目(2017JD23)

## 作者简介

张斌(1992—), 男, 硕士生;  
E-mail: favoritecbgood@qq.com

## 通信作者

王芳, E-mail: wfang@sxmu.edu.cn

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2018-05-22

录用日期 2018-10-16

文章编号 2095-9982(2019)02-0121-08

中图分类号 R134+2

文献标志码 A

## 引用

张斌, 杨柳叶, 康辉, 等. 煤矿工人神经行为特征及影响因素[J]. 环境与职业医学, 2019, 36(2): 121-127, 133.

## 本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18350

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

WANG Fang, E-mail: wfang@sxmu.edu.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2018-05-22

Accepted 2018-10-16

## To cite

ZHANG Bin, YANG Liu-ye, KANG Hui, et al. Characteristics and influencing factors of neurobehavioral function of coal miners[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(2): 121-127, 133.

## Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18350

**[Results]** Except PMOSV score above average, the other five PMOS subscale scores were at low level. The results of behavior function test showed that the average simple reaction time was  $(0.50\pm 0.16)$  s; the subjects scored higher in recalling digit span in forward order ( $11.72\pm 2.20$ ) than in backward order ( $5.50\pm 2.42$ ); in 90 s,  $45.34\pm 19.57$  correct digit symbol occurred; the correct rate of Benton Visual Retention (BVR) was 65.9%; the scores of Santa Ana Preferred Hand (SANP) and Santa Ana Non-preferred Hand (SANN) were close; correct and wrong dot numbers accounted for 61.5% and 38.5% of total pursuit aiming score respectively. The results of multivariate analysis of variance showed that workplace affected the scores of POMSF, Santa Ana Manual Dexterity (SANP and SANN), BVR, and pursuit aiming (correct dot number); compared to the ground workers, the scores of POMSF, and Santa Ana Manual Dexterity in the underground workers were higher, while the scores of BVR and pursuit aiming (correct dot number) were lower ( $P<0.05$ ); the scores of POMS (except vigor-activity) in the shift workers were all higher than those of the non-shift workers, while the scores of five behavioral functions (backward and total score of digital span, BVR, correct dot number, and total dot number) were lower than those of the non-shift workers ( $P<0.05$ ). There were also negative effects on the scores of selected POMS or behavioral functions among workers who were older, or had longer length of service, lower education level, poor quality of sleep, lower monthly income, and hypertension ( $P<0.05$ ).

**[Conclusion]** There are differences in neurobehavioral function of coal miners in different workplaces, and shift work has influences on many aspects of neurobehavioral function; age, length of service, education level, quality of sleep, and hypertension are also possible influencing factors of neurobehavioral function changes of coal miners.

**Keywords:** coal miner; neurobehavior; Neurobehavioral Core Test Battery; distribution

我国是世界上最大的煤炭生产国, 超过 95% 的煤炭来自地下开采<sup>[1]</sup>。据估计, 我国有超过 600 万的井下作业工人<sup>[2]</sup>。井下作业工人与地面作业工人不同, 其心理压力, 工作重复单调, 导致焦虑、抑郁、职业倦怠等发生率较高<sup>[3-5]</sup>。同时, 井下作业环境中接触的各种理化因素, 对作业工人生理、心理均会产生影响, 并可能严重影响煤矿工人的生存质量<sup>[6]</sup>。目前, 关于煤矿工人神经行为的影响因素少有报道。本研究选取煤矿工人为研究对象, 了解其情感状态和行为功能的变化, 分析引起神经行为功能改变的因素, 为职业危害的早期干预提供依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取山西省某国有煤矿男性工人, 工龄大于 1 年且近两年无岗位变动者, 共计 652 人。包括井下一线 (采煤、打钻、掘进、采煤车司机, 共 239 人)、井下辅助 (通风、电工、运输、爆破、皮带工、检修、轨道工、管路队, 共 280 人) 和地面 (共 133 人) 三大类作业场所。所有研究对象未患神经系统疾病且近期无应激事件发生。

### 1.2 研究方法

采用 WHO 推荐的神经行为核心测试组合 (Neurobehavioral Core Test Battery, NCTB) 对煤矿工人的情感状态 (profile of mood state, POMS) 和行为功能进行测试<sup>[7]</sup>。情感状态包括紧张-焦虑、忧郁-沮丧、愤怒-敌意、有力-好动、疲惫-惰性和困惑-迷茫 6 项。按照 NCTB 介绍的方法采用 5 级评分制: 0=一点也不, 1=略有一点, 2=有一些, 3=相当多, 4=非常多, 以各

项总分作为评价指标。行为功能测试包括简单反应时间 (平均反应时间, s)、数字跨度 (顺序、倒序)、提转捷度 (习惯用手、非习惯用手)、数字译码、视觉记忆和目标追踪 (正确打点数、错误打点数、打点总数) 6 项共 10 个条目。其中简单反应时 (平均反应时间) 由测试仪测定, 数字跨度顺序和倒序各 14 个数字序列, 提转捷度习惯用手和非习惯用手各测试 60 s, 数字译码测试 90 s, 视觉记忆共测试 10 个图形, 目标追踪测试 120 s。除平均反应时间以 s 为单位计, 其余条目均计为得分。所有研究对象均在同一条件下由同一测试者按顺序进行测试。

### 1.3 调查方法

采用统一的调查问卷由统一培训的调查员进行面对面询问, 调查时间为 2017 年 4—6 月。项目包括一般情况、生活行为习惯、睡眠情况、职业史和疾病史等。由专业培训的调查员测量研究对象身高和体重, 标准水银血压计测晨起血压。本研究已通过山西医科大学伦理委员会批准, 所有研究对象均知情同意。

### 1.4 相关定义

**1.4.1 高血压** 根据 2010 年《中国高血压防治指南》, 高血压患者定义为: 在未使用抗高血压药物的情况下, 收缩压  $\geq 140$  mmHg 和 (或) 舒张压  $\geq 90$  mmHg 者; 以及既往有高血压史, 目前正在使用抗高血压药物, 现血压虽未达到上述水平者。

**1.4.2 体重指数 (body mass index, BMI) 分类** 根据《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》, BMI  $< 18.5$  kg/m<sup>2</sup> 为偏瘦, 18.5~23.9 kg/m<sup>2</sup> 为正常, 24.0~27.9 kg/m<sup>2</sup> 为超重,  $\geq 28.0$  kg/m<sup>2</sup> 为肥胖。

**1.4.3 吸烟、饮酒** 吸烟者为每天至少吸 1 支且连续

吸烟 ≥ 1 年；饮酒者为每周饮酒至少 1 次，连续饮酒半年以上。

**1.4.4 体育锻炼** 每周至少进行 150 min 中等强度运动或 60 min 剧烈运动。

**1.4.5 睡眠质量** 应用匹兹堡睡眠质量指数 (Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI) 进行评价<sup>[8]</sup>。PSQI ≤ 4 分为睡眠质量较好，4 分 < PSQI < 8 分为一般，PSQI ≥ 8 分为较差。

**1.5 质量控制**

(1) 所有调查员均进行统一的调查培训，调查过程中由质控人员随时抽取调查表进行审核。(2) 调查问卷经修订、校核，Cronbach's α 介于 0.654~0.994 间，KMO 统计量为 0.853，具有可接受的信度和效度。(3) NCTB 测试过程严格按照要求进行，同一调查者，统一导语，四周光线柔和，环境安静。(4) 所有数据进行双录入，并进行一致性检验。

**1.6 统计学分析**

采用 EpiData 3.1 建立数据库进行数据的录入，SPSS 20.0 进行数据分析。数值变量符合正态分布或近似正态分布者采用方差分析，多均数间两两比较采用 q 检验；计数资料采用 χ<sup>2</sup> 检验；采用多元方差分析，分析神经行为的影响因素。统计学检验均为双侧检验，检验水准 α=0.05。

**2 结果**

**2.1 一般情况**

652 例研究对象年龄 (40.57±10.82) 岁，工龄 (14.77±10.68) 年。不同作业场所工人在年龄、工龄、文化程度、家庭月收入、体育活动、睡眠质量和倒班情况差异具有统计学意义 (P<0.05)；吸烟、饮酒、BMI 和是否患高血压方面的差异无统计学意义 (P>0.05)。结果见表 1。

表 1 研究对象的基本情况  
Table 1 General characteristics of study subjects

指标 Index	井下一线 (n=239) Underground front-line group	井下辅助 (n=280) Underground auxiliary group	地面组 (n=133) Ground group	F/χ <sup>2</sup>	P
年龄 (岁) (Age, year) ( $\bar{x}\pm s$ )	37.88±9.03	38.40±10.88	49.97±8.25	78.16	<b>0.001</b>
工龄 (年) (Working age, year) ( $\bar{x}\pm s$ )	11.10±7.53	14.52±11.00	21.88±11.35	50.31	<b>0.001</b>
文化程度 (Education) [n (%)]				19.38	<b>0.001</b>
初中及以下 (Middle school and below)	71 (29.7)	74 (26.4)	53 (39.8)		
高中/中专 (High school/technical secondary school)	88 (36.8)	73 (26.1)	31 (23.3)		
大专及以上 (College and above)	80 (33.5)	133 (47.5)	49 (36.8)		
家庭月收入 (元) (Family monthly income, yuan) [n (%)]				64.07	<b>0.001</b>
2000~	56 (23.4)	129 (46.1)	75 (56.4)		
4000~	131 (54.8)	77 (27.5)	39 (29.3)		
6000~	13 (5.4)	22 (7.9)	8 (6.0)		
8000~	39 (16.3)	52 (18.6)	11 (8.3)		
吸烟 (Smoking) [n (%)]				0.48	0.787
是 (Yes)	145 (60.7)	172 (61.4)	77 (57.9)		
否 (No)	94 (39.3)	108 (38.6)	56 (42.1)		
饮酒 (Drinking) [n (%)]				1.35	0.510
是 (Yes)	117 (49.0)	135 (48.2)	72 (54.1)		
否 (No)	122 (51.0)	145 (51.8)	61 (45.9)		
体育活动 (Exercise) [n (%)]				15.71	<b>0.001</b>
是 (Yes)	91 (38.1)	131 (46.8)	79 (59.4)		
否 (No)	148 (61.9)	149 (53.2)	54 (40.6)		
睡眠质量 (Sleep quality) [n (%)]				20.80	<b>0.001</b>
好 (Good)	162 (67.8)	163 (58.2)	60 (45.1)		
一般 (Fair)	60 (25.1)	98 (35.0)	55 (41.4)		
差 (Poor)	17 (7.1)	19 (6.8)	18 (13.5)		
倒班 (Shift work) [n (%)]				74.03	<b>0.001</b>
是 (Yes)	150 (62.8)	123 (43.9)	22 (16.5)		
否 (No)	89 (37.2)	157 (56.1)	111 (83.5)		
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) [n (%)]				8.23	0.066
<18.5	6 (2.5)	12 (4.3)	4 (3.0)		
18.5~	98 (41.0)	100 (35.7)	36 (27.1)		
24.0~	100 (41.8)	120 (42.9)	73 (54.9)		
≥ 28.0	35 (14.6)	48 (17.1)	20 (15.0)		
高血压 (Hypertension) [n (%)]				4.92	0.086
是 (Yes)	59 (24.7)	71 (25.4)	46 (34.6)		
否 (No)	180 (75.3)	209 (74.6)	87 (65.4)		

## 2.2 NCTB 结果

情感状态测试结果显示, 煤矿工人情感得分除“有力-好动”得分处于中间偏上水平外, 其余5项得分均较低。行为功能测试结果显示, 工人平均反应时间为(0.50±0.16) s; 数字跨度顺序平均复述(11.72±2.20)个数字序列, 正确率较高, 倒序平均复述(5.50±2.42)个数字序列, 正确率较低; 数字译码为90 s中正确(45.34±19.57)个; 视觉记忆正确率约为65.9%(6.59/10); 提转捷度习惯用手和非习惯用手得分接近; 正确打点数约占目标追踪总数的61.5%, 错误打点数占总打点数比例较高(38.5%)。见表2。

表2 研究对象情感状态和行为功能测试结果( $\bar{x}\pm s$ )

Table 2 Results of POMS and behavioral function of study subjects

指标 (Index)	得分 (Score)	得分范围 (Range)
情感调查 (POMS)		
紧张-焦虑 (POMST)	13.94±6.58	4~36
忧郁-沮丧 (POMSD)	17.70±11.82	0~60
愤怒-敌意 (POMSA)	14.90±9.45	0~48
疲惫-惰性 (POMSF)	9.94±5.60	0~28
困惑-迷茫 (POMSC)	12.00±4.80	4~28
有力-好动 (POMSV)	19.15±6.48	0~32
平均反应时间 (SRT, s)	0.50±0.16	>0
数字跨度 (DSP)		
顺序 (DSPF)	11.72±2.20	0~14
倒序 (DSPS)	5.50±2.42	0~14
总分 (DSP)	17.23±3.84	0~28
提转捷度 (SAN)		
习惯用手 (SANP)	44.14±6.83	>0
非习惯用手 (SANN)	41.59±7.23	>0
数字译码 (DSY)	45.34±19.57	>0
视觉记忆 (BVR)	6.59±2.25	0~10
目标追踪 (PA)		
正确打点数 (PAC)	90.34±54.39	>0
错误打点数 (PAE)	56.47±30.30	>0
打点总数 (PA)	146.80±53.46	>0

## 2.3 情感状态和行为功能影响因素分析

进一步分析煤矿工人情感状态和行为功能的影响因素, 以情感状态和行为功能指标为应变量, 分别以作业场所、倒班、年龄、工龄、文化程度、家庭月收入、睡眠质量、BMI、吸烟、饮酒、体育锻炼、高血压为分组变量, 其他因素作为协变量进行多元方差分析。变量赋值见表3。

情感状态的多元方差分析结果显示: 不同作业场所主要对疲惫-惰性评分产生影响, 井下作业者得分均高于地面作业工人 ( $P<0.05$ ); 倒班与否对除有力-好动外的其他5项消极情感状况得分均有影响, 倒班者5项消极情感得分均高于不倒班者 ( $P<0.05$ ); 不同年龄段愤怒-敌意得分差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 其中30岁~、40岁~、50岁~年龄组得分高于20岁~年龄组 ( $P<0.05$ ); 睡眠质量的好坏可影响紧张-焦虑得分 ( $P<0.05$ ), 睡眠质量好者该项得分低于睡眠质量差者 ( $P<0.05$ ); 高血压患者较血压正常者有力-好动、疲惫-惰性得分均升高 ( $P<0.05$ )。结果见表4。

行为功能的多元方差分析结果显示: 井下一线和井下辅助工人提转捷度(习惯用手和非习惯用手)得分高于地面组工人, 而视觉记忆和目标追踪(正确打点数)得分低于地面组; 倒班者数字跨度(倒序、总分)、视觉记忆、目标追踪(正确打点数、打点总数)得分低于不倒班者; 工龄对平均反应时间、数字跨度(倒序、总分)、视觉记忆有影响, 10年及以上工龄组平均反应时间长于10年以下工龄组, 其余指标得分均低于10年以下工龄组; 年龄对平均反应时间、数字跨度(倒序)、提转捷度(习惯用手和非习惯用手)、数字译码、视觉记忆、目标追踪(正确打点数、错误打点数)产生影响, 除平均反应时间和正确打点数为50

表3 变量的赋值情况

Table 3 Assignment of variables

变量 (Variable)	赋值 (Assignment)
作业场所 (Workplace)	1=地面组 (Ground group); 2=井下辅助 (Undergroup auxiliary group); 3=井下一线 (Undergroup front line group)
倒班 (Shift work)	1=否 (No); 2=是 (Yes)
年龄 (Age, years)	1=20岁~; 2=30岁~; 3=40岁~; 4=50岁及以上
工龄 (Working age, years)	1=1年~; 2=10年~; 3=20年及以上
文化程度 (Education)	1=初中及以下学历 (Middle school and below); 2=高中/中专学历 (High school/technical secondary school); 3=大专及以上学历 (College and above)
家庭月收入 (Family monthly income, yuan)	1=2000元~; 2=4000元~; 3=6000元~; 4=8000元及以上
睡眠质量 (Sleep quality)	1=好 (Good); 2=一般 (Fair); 3=差 (Poor)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	1=<18.5; 2=18.5~; 3=24.0~; 4=≥28.0
吸烟 (Smoking)	1=否 (No); 2=是 (Yes)
饮酒 (Drinking)	1=否 (No); 2=是 (Yes)
体育锻炼 (Exercise)	1=否 (No); 2=是 (Yes)
高血压 (Hypertension)	1=否 (No); 2=是 (Yes)

岁及以上年龄段高于50岁以下年龄段外,其余得分50岁及以上年龄段均低于50岁以下年龄段;大专及以上学历文化程度者平均反应时间较短,数字跨度、提转捷度(习惯用手)、数字译码和视觉记忆得分均较高;月收入8000元~组提转捷度(非习惯用手)、目标追踪

(错误点数、总点数)得分高于月收入2000~3999元者;高血压患者数字跨度(顺序、总分)和提转捷度(习惯用手和非习惯用手)得分均低于血压正常者。上述差异均有统计学意义,  $P < 0.05$ ; 除此以外,其余因素对行为功能未见明显影响。见表5。

表4 研究对象情感状态的多元方差分析  
Table 4 Multivariate analysis of variance on POMS of study subjects

因素 Factor		紧张-焦虑 POMST	忧郁-沮丧 POMSD	愤怒-敌意 POMSA	有力-好动 POMSV	疲惫-惰性 POMSF	困惑-迷茫 POMSC
作业场所 (Workplace)	1	13.61±6.33	17.63±11.50	14.55±9.13	18.93±7.54	8.72±5.17	11.54±4.80
	2	14.18±6.65	17.93±12.23	15.31±9.95	19.54±6.14	10.35±6.00*	12.17±4.95
	3	13.84±6.65	17.48±11.54	14.60±9.04	18.80±6.24	10.14±5.25*	12.07±4.63
	F	1.06	0.50	2.01	1.24	5.86	2.22
	P	0.347	0.607	0.134	0.291	<b>0.003</b>	0.109
倒班 (Shift work)	1	13.32±6.14	16.87±11.43	14.30±9.18	19.23±6.75	9.40±5.36	11.59±4.58
	2	14.68±7.01	18.71±12.21	15.61±9.74	19.05±6.15	10.60±8.82	12.50±5.02
	F	8.65	4.57	3.98	0.001	4.87	5.07
	P	<b>0.003</b>	<b>0.033</b>	<b>0.046</b>	0.980	<b>0.028</b>	<b>0.025</b>
	年龄 (Age)	1	12.35±5.74	14.14±10.35	11.60±7.88	20.38±5.31	8.86±4.91
2		13.80±6.43	17.78±11.61	14.66±8.74*	19.61±5.87	10.07±5.54	11.95±4.71
3		14.91±6.80	19.48±12.15	16.41±9.62*	18.52±6.86	10.55±5.70	12.80±4.95
4		14.32±6.58	18.66±12.25	16.22±10.44*	18.38±7.30	10.21±5.95	12.20±5.00
F		1.64	2.61	3.87	0.88	2.30	2.63
P	0.280	0.051	0.009	0.453	0.077	0.050	
睡眠质量 (Sleep quality)	1	13.35±6.24	16.77±11.62	14.23±9.01	19.72±6.30	9.58±5.55	11.87±4.74
	2	14.56±6.66	18.80±11.60	15.49±9.58	18.33±6.42	10.23±5.35	12.14±4.67
	3	15.69±8.06*	20.03±13.52	17.30±11.45	18.32±7.58	11.37±6.63	12.39±5.73
	F	3.07	1.60	0.91	1.72	1.45	0.15
	P	<b>0.047</b>	0.203	0.402	0.180	0.235	0.858
高血压 (Hypertension)	1	13.91±6.45	17.82±11.90	14.91±9.44	18.07±6.28	8.18±5.64	12.00±4.90
	2	14.00±6.88	17.44±11.67	14.88±9.51	19.53±6.91	9.42±5.48	12.01±4.60
	F	0.16	1.98	2.03	5.05	4.17	0.14
	P	0.689	0.160	0.155	<b>0.025</b>	<b>0.042</b>	0.706

[注]\*: 与1组比较,  $P < 0.05$ 。

[Note]\*: Compared with group 1,  $P < 0.05$ .

表5 研究对象行为功能的多元方差分析  
Table 5 Multivariate analysis of variance on behavioral function of study subjects

因素 Factor		平均反应 时间 (s) SRT	数字跨度 顺序 DSPF	数字跨度 倒序 DSPS	数字跨度 总分 DSP	习惯用手 SANP	非习惯用手 SANN	数字译码 DSY	视觉记忆 BVR	正确打点数 PAC	错误打点数 PAE	打点总数 PA
作业场所 Workplace	1	0.52±0.28	11.57±5.35	5.43±2.64	16.97±4.49	40.29±8.25	37.46±9.12	42.36±24.08	7.19±2.38	112.49±59.16	48.40±27.47	160.89±54.95
	2	0.48±0.11	11.90±2.05	5.70±2.43	17.59±3.71	45.02±6.15*	46.58±8.36*	46.58±18.36	6.49±2.19*	84.08±53.15*	58.49±32.54	142.57±54.44
	3	0.50±0.12	11.88±1.19	5.32±2.29	17.20±3.49	45.16±6.03*	42.88±6.51*	45.40±18.25	6.35±2.19*	84.85±50.41*	57.99±28.36	142.79±49.87
	F	2.34	0.01	1.24	0.17	5.84	5.38	2.19	19.25	4.04	0.42	2.78
	P	0.097	0.988	0.291	0.846	<b>0.003</b>	<b>0.005</b>	0.113	<b>0.001</b>	<b>0.018</b>	0.656	0.063

续表 5

因素 Factor		平均反应 时间 (s) SRT	数字跨度 顺序 DSPF	数字跨度 倒序 DSPS	数字跨度 总分 DSP	习惯用手 SANP	非习惯用手 SANN	数字译码 DSY	视觉记忆 BVR	正确打点数 PAC	错误打点数 PAE	打点总数 PA
倒班 Shift work	1	0.49±0.19	11.92±3.57	5.93±2.58	17.86±4.10	43.81±7.61	41.19±7.77	47.07±20.43	6.86±2.24	96.22±57.53	55.96±31.89	152.18±54.43
	2	0.50±0.12	11.71±2.11	4.99±2.11	16.71±3.45	44.46±5.83	41.98±6.57	43.13±18.49	6.25±2.23	82.86±49.39	56.57±28.22	139.45±51.21
	F	0.22	0.03	20.74	7.09	0.74	0.79	1.99	4.77	5.01	0.19	4.10
	P	0.641	0.862	<b>0.001</b>	<b>0.008</b>	0.389	0.375	0.159	<b>0.029</b>	<b>0.026</b>	0.664	<b>0.043</b>
工龄 Work age	1	0.45±0.09	12.41±1.83	6.27±2.44	18.67±3.45	46.38±6.70	44.05±6.57	53.17±17.48	7.31±1.96	86.93±54.75	61.19±31.69	148.08±52.20
	2	0.53±0.20*	11.33±2.20	4.99±2.31*	16.34±3.39*	43.33±6.84	40.71±6.82	43.46±20.49	6.08±2.33*	82.85±53.69	56.72±28.72	139.57±54.80
	3	0.53±0.18*	11.22±4.37	4.96±2.23*	16.21±3.87*	41.82±6.19	39.14±7.51	36.90±17.62	6.10±2.29*	100.78±53.76	49.54±28.57	150.32±53.14
	F	4.29	2.69	3.02	4.43	0.58	1.12	0.09	4.69	1.80	0.80	0.87
年龄 Age	1	0.43±0.08	12.57±1.79	6.55±2.45	19.15±3.38	47.40±6.08	45.15±6.04	55.89±13.88	7.64±1.76	79.21±52.28	64.02±31.62	143.16±51.22
	2	0.44±0.08	12.16±1.72	6.06±2.45	18.23±2.41	46.59±5.54	44.01±5.89	56.31±15.60	7.13±2.05*	83.60±53.21	65.73±30.62	149.33±53.08
	3	0.51±0.12	11.51±1.95	4.98±2.18*	16.48±3.37	43.31±6.40**	40.54±6.65**	38.77±17.93**	5.61±2.16**	87.02±50.30	52.69±26.53#	139.71±54.60
	F	5.52	0.45	2.66	1.98	8.04	6.64	12.44	5.48	3.29	4.66	1.02
文化程度 Education	1	0.57±0.21	11.10±4.64	4.56±2.32	15.66±4.16	41.40±7.69	38.83±8.33	33.63±18.63	5.68±2.42	98.19±55.62	48.71±29.12	146.90±51.96
	2	0.51±0.15*	11.63±1.85	5.09±1.91	16.70±3.01*	43.55±6.05	41.00±6.51	40.16±16.43*	6.07±2.10	86.75±51.85	52.93±28.30	139.62±54.99
	3	0.43±0.07**	12.54±1.60**	6.56±2.47**	19.11±3.21**	46.63±5.81*	41.09±5.96	58.25±14.62**	7.68±1.71**	86.56±55.30	64.62±30.66	151.18±52.77
	F	18.99	5.18	10.32	18.74	4.37	2.55	38.77	16.70	0.75	2.38	1.61
家庭月收入 Family monthly income	1	0.52±0.20	11.66±4.14	5.24±2.53	16.90±4.25	42.90±7.73	40.14±8.00	41.18±20.19	6.21±2.36	91.78±55.31	50.78±28.58	142.56±55.89
	2	0.50±0.14	11.90±1.81	5.52±2.33	17.42±3.23	44.27±6.15	41.77±6.46	46.39±19.79	6.57±2.26	90.93±54.87	57.60±30.51	148.49±53.36
	3	0.47±0.10	12.12±1.77	6.05±2.64	18.14±3.60	45.48±5.88	42.76±7.17	51.57±18.39	7.36±1.83	69.96±42.81	62.73±35.20	132.69±45.88
	F	1.82	0.17	0.32	0.64	1.93	2.92	0.81	2.20	2.30	2.66	3.06
高血压 Hypertension	1	0.48±0.14	11.95±1.96	5.72±2.46	17.66±3.67	45.23±6.21	42.92±6.34	47.93±18.43	6.62±2.19	86.47±54.18	59.16±30.69	145.60±53.57
	2	0.54±0.19	11.26±4.44	5.06±2.29	16.34±3.98	41.74±7.54	38.67±8.18	39.71±21.00	6.50±2.38	98.00±54.68	50.09±28.44	148.09±52.93
	F	0.02	7.78	3.54	4.14	6.16	12.37	3.74	0.87	0.02	1.85	0.38
	P	0.889	<b>0.005</b>	0.060	<b>0.042</b>	<b>0.013</b>	<b>0.001</b>	0.054	0.350	0.890	0.174	0.541

[注]\*: 与 1 组比较,  $P < 0.05$ ; #: 与 2 组比较,  $P < 0.05$ ; &: 与 3 组比较,  $P < 0.05$ 。

[Note]\*: Compared with group 1,  $P < 0.05$ ; #: Compared with group 2,  $P < 0.05$ ; &: Compared with group 3,  $P < 0.05$ .

### 3 讨论

WHO 调查数据显示, 神经行为异常性疾病已经成为继恶性肿瘤与心脏病之后的第三大类疾病<sup>[9]</sup>。已有资料表明多种职业因素可引起接触者的神经行为功能改变, 如噪声、磁场、二硫化碳、汽油、铅、锰和铝等, 且部分职业因素间存在联合作用<sup>[10]</sup>。周琳<sup>[11]</sup>对同一煤矿企业的调查资料显示, 煤矿井下一线工作面煤尘和 CO<sub>2</sub> 最高质量浓度分别为 4.1 mg/m<sup>3</sup> 和 1239 mg/m<sup>3</sup>, 均高于井下辅助工作面 (最高质量浓度分别为 2.0 mg/m<sup>3</sup> 和 1121 mg/m<sup>3</sup>); 而地面组各种职业有害因素的接触机会均较少。已有较多的研究探讨了煤矿工人躯体和

心理健康的影响因素, 但是, 由于神经功能损害早期不易察觉而被忽视。职业人群接触有害因素后, 还未出现临床症状前神经行为功能已有明显改变。目前, NCTB 广泛应用于职业危害的评价, 但是较少应用于煤矿工人的研究。

本研究结果显示, 与铝电解工人等职业人群相比<sup>[12-13]</sup>, 煤矿工人消极情感状态和多项行为功能得分较低, 提示煤矿工人神经行为功能可能发生变化。多元方差分析结果显示, 井下一线和井下辅助组工人疲惫-惰性得分高于地面工人。这可能是由于长期井下作业工作强度高, 精神高度集中, 更易产生疲惫、惰

性等负面情绪<sup>[12]</sup>。由于煤矿工人是矽肺高危人群，而消极情绪是影响矽肺患者生存质量的主要因素<sup>[13]</sup>，因此应加强井下作业工人心理干预，减少消极情绪的发生。行为是心理和生理的综合反映，人的心理或生理状态不佳可影响其行为的准确度和敏捷度<sup>[14]</sup>。视觉记忆和目标追踪（正确打点数）地面作业工人表现均优于井下作业工人，说明井下作业工人行为能力可能有所下降。邓明明等<sup>[15]</sup>研究发现，视觉反应能力较弱的煤矿工人受伤次数较多，出现事故的风险较高。这种情感、记忆力和注意力的改变严重影响煤矿工人的生存质量。Han等<sup>[16]</sup>研究也表明，井下煤矿工人生存质量有所下降。本次研究中井下一线和井下辅助组提转捷度得分高于地面组，说明井下作业工人手部灵敏性、眼手协调性较好，这可能与其工作性质有关，其手部操作较多。

多元方差分析结果表明神经行为功能受年龄和文化水平影响较大，与之前报道一致<sup>[17-18]</sup>。工龄对平均反应时间、数字跨度、视觉记忆有影响，工龄10年以上者平均反应时间延长，其余指标得分均降低，提示10年以上工龄的煤矿工人可能是行为功能下降的易感人群，可考虑对工龄超过10年的人群进行重点防护。睡眠质量较差者紧张-焦虑评分更高，可能是因为煤矿工人长期处于高度精神紧张状态，而睡眠时间短、睡眠浅可导致记忆力下降、情绪改变等心理问题<sup>[19]</sup>。高血压作为一种常见的心血管疾病，与心理、行为、社会因素均相关<sup>[20]</sup>。本次研究发现高血压对煤矿工人疲惫-惰性、数字跨度即听觉记忆、手部敏感性和协调性（提转捷度）产生负性影响。月收入与研究对象的手部灵敏性、协调性和心理活动的稳定性有关。

在控制了混杂因素后的分析结果显示，倒班对煤矿工人的消极情绪、视觉记忆和手部敏感与协调性均有影响。倒班打乱正常的生物节律。生物节律的改变能使个体产生冲动、躁狂和抑郁等异常情绪<sup>[21]</sup>，对认知和行为也会产生重要影响<sup>[22]</sup>。长期的生物节律紊乱导致脑结构和认知功能受到明显损害，并且能直接引起情绪异常或心理障碍<sup>[23]</sup>。李宜培等<sup>[24]</sup>对大鼠的研究也表明，破坏睡眠节律能损伤记忆能力。因此，倒班对煤矿工人神经行为功能的影响值得关注。

综上所述，煤矿工人井下作业环境和倒班可引起神经行为功能的改变，如消极情感增加、视听觉记忆下降、心理活动的稳定性降低等。因此，应考虑实行

合理的倒班制度，注重健康教育，定期对工人进行健康体检，控制血压，预防神经系统产生不可逆损伤，提高生命质量。本次研究采取横断面调查，可能存在一定的信息偏倚，且由于井下煤矿工人特殊的工作性质，可能还存在健康工人效应，还需进一步改进调查方法。此外，因井下作业环境的复杂性，还需要进行深入研究以确定影响煤矿工人神经行为功能改变的可能职业危害因素。

## 参考文献

- [1] LIU L, WEN F, XU X, et al. Effective resources for improving mental health among Chinese underground coal miners: perceived organizational support and psychological capital [J]. *J Occup Health*, 2015, 57 (1): 58-68.
- [2] LIU F D, PAN Z Q, LIU S L, et al. The estimation of the number of underground coal miners and the annual dose to coal miners in China [J]. *Health Phys*, 2007, 93 (2): 127-132.
- [3] 杨俊, 王艳, 何鼎盛, 等. 新疆煤矿工人职业倦怠现状及影响因素分析 [J]. *新疆医科大学学报*, 2017, 40 (8): 1084-1087.
- [4] JOAQUIM A C, LOPES M, STANGHERLIN L, et al. Mental health in underground coal miners [J/OL]. *Arch Environ Occup Health*, 2017 [2018-10-02]. doi:10.1080/19338244.2017.1411329.
- [5] LIU L, WANG L, CHEN J. Prevalence and associated factors of depressive symptoms among Chinese underground coal miners [J]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014: 987305.
- [6] 王文军, 张璟, 路峰, 等. 某矿区井下煤矿工人生存质量及影响因素研究 [J]. *中华健康管理学杂志*, 2013, 7 (3): 195-196.
- [7] 梁友信. 介绍 WHO 推荐的神经行为核心测验组合 [J]. *工业卫生与职业病*, 1987, 13 (6): 331-339.
- [8] 刘贤臣, 唐茂芹, 胡蕾, 等. 匹兹堡睡眠质量指数的信度和效度研究 [J]. *中华精神科杂志*, 1996, 29 (2): 103-107.
- [9] MATHERS C D, LONCAR D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030 [J]. *PLoS Med*, 2006, 3 (11): e442.
- [10] 王静, 王丹, 史文宝. 神经行为功能核心测试方法在职业危害因素评价中的应用 [C] // 中华预防医学会石油系统

(下转第 133 页)

- 2016, 111 (12): 2115-2128.
- [9] JEDRYCHOWSKI W A, PERERA F P, CAMANN D, et al. Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and cognitive dysfunction in children [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2015, 22 (5): 3631-3639.
- [10] BROWN LA, KHOUSBOUEI H, GOODWIN JS, et al. Down-regulation of early ionotropic glutamate receptor subunit developmental expression as a mechanism for observed plasticity deficits following gestational exposure to benzo (a)pyrene [J]. *NeuroToxicology*, 2007, 28 (5): 965-978.
- [11] MCCALLISTER M M, LI Z, ZHANG T, et al. Revealing behavioral learning deficit phenotypes subsequent to in utero exposure to Benzo (a)pyrene [J]. *Toxicol Sci*, 2016, 149 (1): 42-54.
- [12] DU X, TIAN M, WANG X, et al. Cortex and hippocampus DNA epigenetic response to a long-term arsenic exposure via drinking water [J]. *Environ Pollut*, 2018, 234: 590-600.
- [13] OKADA Y, YAMAGUCHI K. Epigenetic modifications and reprogramming in paternal pronucleus: sperm, preimplantation embryo, and beyond [J]. *Cell Mol Life Sci*, 2017, 74 (11): 1957-1967.
- [14] CABOT B, CABOT RA. Chromatin remodeling in mammalian embryos [J]. *Reproduction*, 2018, 155 (3): R147-R158.
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 童玲)

## (上接第 127 页)

- 分会第七届预防医学学术交流论文集. 西安: 中华预防医学会石油系统分会, 2011: 84-87.
- [11] 周琳. 我国煤矿安全评价与职业病危害评价整合研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2014.
- [12] 宋志方, 鹿德智, 甄惠君, 等. 煤矿井下工人心理健康水平研究 [J]. *中国健康心理学杂志*, 2010, 18 (1): 48-50.
- [13] 陈文红. 220 例矽肺病患者的生存质量及其影响因素 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2015, 33 (2): 116-118.
- [14] 汤乃军, 曹树义, 赵力军, 等. 流水线作业对女工神经行为功能的影响 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2000, 18 (4): 238-239.
- [15] 邓明明, 孙林岩, 孙林辉, 等. 煤矿工人反应时、暗适应测试与事故倾向调查 [J]. *工业工程与管理*, 2013, 18 (3): 102-106.
- [16] HAN L, LI Y, YAN W, et al. Quality of life and influencing factors of coal miners in Xuzhou, China [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10 (2): 835-844.
- [17] MOHD RIDZWAN S F, ANUAL Z F, SAHANI M, et al. Neurobehavioral performance of estate residents with privately-treated water supply [J]. *Iran J Public Health*, 2013, 42 (12): 1374-1386.
- [18] 李卫星, 张红明, 胡志鹏, 等. 焦炉工人神经行为改变及其影响因素研究 [J]. *环境与职业医学*, 2011, 28 (4): 205-209.
- [19] 丁常美. 护士睡眠状况调查 [J]. *健康心理学杂志*, 2002, 10 (1): 67-68.
- [20] 纪文武, 周健, 李海霞, 等. 回、汉族高血压患者心理行为状况及影响因素 [J]. *环境与职业医学*, 2012, 29 (2): 104-106.
- [21] SALGADO-DELGADO R, OSORIO AT, SADERI N, et al. Disruption of circadian rhythms: a crucial factor in the etiology of depression [J]. *Depress Res Treat*, 2011, 2011: 839743.
- [22] YOU S, WOOD PA, XIONG Y, et al. Daily coordination of cancer growth and circadian clock gene expression [J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2005, 91 (1): 47-60.
- [23] 张熙. 睡眠生物节律紊乱与健康及作业安全 [J]. *中华保健医学杂志*, 2015, 17 (2): 83-84.
- [24] 李宜培, 杨国俊, 秦紫芳, 等. 睡眠节律紊乱复制 Alzheimer 样大鼠模型的研究探讨 [J]. *中风与神经疾病杂志*, 2015, 32 (6): 497-500.
- (英文编辑: 汪源; 编辑: 丁瑾瑜; 校对: 陈姣)