

# 手传振动对凿岩工指端温度觉阈值的影响

严茂胜<sup>1</sup>, 晏华<sup>1</sup>, 张丹英<sup>1</sup>, 吴鹏<sup>2</sup>, 陈婷<sup>1</sup>, 林瀚生<sup>1</sup>, 肖斌<sup>1</sup>, 俞兵<sup>2</sup>, 陈青松<sup>1,3</sup>

1. 广东省职业病防治院, 广东省职业病防治重点实验室, 广东 广州 510300
2. 恩施州疾病预防控制中心, 湖北 恩施 445000
3. 广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510006

## 摘要：

**[背景]** 手传振动危害日益严重, 但目前尚缺乏手臂振动病患者小感觉神经纤维损害的判定依据。

**[目的]** 通过检测分析矿山凿岩工指端温度觉阈值水平, 探讨其在手臂振动病职业健康检查中的应用价值。

**[方法]** 应用横断面调查的方法, 以湖北省恩施州26家矿山相关作业工人为研究对象, 依据其接触振动情况分为接振组和对照组, 每组42人。使用HVLab指端温度觉阈值测试仪对矿山作业工人进行温度觉阈值(冷觉阈值和热觉阈值)检查, 比较接振组与对照组之间的差异。

**[结果]** 本次调查对象全部为男性。凿岩工人主操作用手手传振动接触水平为 $a_{hw(4)}=16.3\sim 19.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , 辅助用手手传振动接触水平 $a_{hw(4)}=8.3\sim 14.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。对照组惯用手食指的冷觉阈值水平 $[(26.92\pm 3.10)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 明显高于小指 $[(23.52\pm 4.24)\text{ }^{\circ}\text{C}]$  ( $P<0.05$ ), 非惯用手食指的冷觉阈值水平 $[(26.06\pm 3.35)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 也明显高于小指 $[(23.12\pm 3.96)\text{ }^{\circ}\text{C}]$  ( $P<0.05$ )。接振组主操作用手食指的冷觉阈值水平 $[(25.02\pm 4.41)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 明显高于小指 $[(21.39\pm 5.23)\text{ }^{\circ}\text{C}]$  ( $P<0.05$ ), 辅助用手食指的冷觉阈值水平 $[(25.01\pm 3.98)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 也明显高于小指 $[(21.50\pm 4.97)\text{ }^{\circ}\text{C}]$  ( $P<0.05$ )。与对照组食指的热觉阈值水平 $[(40.80\pm 4.37)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 、小指的热觉阈值水平 $[(41.72\pm 3.78)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 相比, 接振组食指的热觉阈值水平 $[(42.20\pm 4.39)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 、小指的热觉阈值水平 $[(43.22\pm 3.96)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 较高 ( $P<0.05$ ) ; 与对照组食指的冷觉阈值水平 $[(26.48\pm 3.24)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 、小指的冷觉阈值水平 $[(23.32\pm 4.08)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 分别比较, 接振组食指的冷觉阈值水平 $[(25.02\pm 4.17)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 、小指的冷觉阈值水平 $[(21.45\pm 5.07)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 较低 ( $P<0.05$ )。

**[结论]** 温度觉阈值定量分析有助于判断手传振动人员小感觉神经纤维的损害情况。

**关键词：** 手传振动；指端温度觉；手臂振动病；职业健康检查

**Effect of hand-transmitted vibration on fingertip thermotactile perception threshold among mine drilling workers** YAN Mao-sheng<sup>1</sup>, YAN Hua<sup>1</sup>, ZHANG Dan-ying<sup>1</sup>, WU Peng<sup>2</sup>, CHEN Ting<sup>1</sup>, LIN Han-sheng<sup>1</sup>, XIAO Bin<sup>1</sup>, YU Bing<sup>2</sup>, CHEN Qing-song<sup>1,3</sup> (1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangzhou, Guangdong 510300, China; 2. Enshi Prefecture Center for Disease Control and Prevention, Enshi, Hubei 445000, China; 3. School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510006, China)

## Abstract:

**[Background]** The threat to workers' health by hand-transmitted vibration is more and more serious, but the basis for diagnosing small sensory fiber neuropathy in patients with hand-arm vibration disease is insufficient.

**[Objective]** Through measuring fingertip thermotactile perception thresholds (TPTs) among mine drilling workers, this study aims to explore the application value of TPTs in occupational health examination of hand-arm vibration disease.

**[Methods]** A cross-sectional study was performed among workers from 26 mines in Enshi, Hubei, and they were divided into a vibration-exposed group with hand-transmitted vibration exposure and a control group without such an exposure. TPTs (cold and warm) were measured with an HVLab vibrotactile perception meter and the results were compared between the two groups.

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19557

## 组稿专家

陈青松 (广东药科大学公共卫生学院),  
E-mail: qingsongchen@aliyun.com

## 基金项目

广东省自然科学基金 (2018A030313955);  
广州市科技计划项目 (201804010099);  
广东省医学科研基金项目 (A2018360,  
A2019388); 广东省职业病防治重点实验室  
(2017B030314152); 海珠区科技计划项目  
(海科工商信计 2018-90)

## 作者简介

严茂胜 (1979—), 男, 博士, 副主任医师;  
E-mail: 254251509@qq.com

## 通信作者

陈青松, E-mail: qingsongchen@aliyun.com  
俞兵, E-mail: 1043019790@qq.com

## 伦理审批

已获取  
利益冲突 无申报  
收稿日期 2019-08-14  
录用日期 2020-01-14

文章编号 2095-9982(2020)04-0363-05

中图分类号 R135

文献标志码 A

## ►引用

严茂胜, 晏华, 张丹英, 等. 手传振动对凿岩工指端温度觉阈值的影响 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (4): 363-367.

## ►本文链接

[www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19557](http://www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19557)

## Funding

This study was funded.

## Correspondence to

CHEN Qing-song, E-mail: qingsongchen@aliyun.com  
YU Bing, E-mail: 1043019790@qq.com

**Ethics approval** Obtained

**Competing interests** None declared

**Received** 2019-08-14

**Accepted** 2020-01-14

## ► To cite

YAN Mao-sheng, YAN Hua, ZHANG Dan-ying, et al. Effect of hand-transmitted vibration on fingertip thermotactile perception threshold among mine drilling workers [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(4): 363-367.

## ► Link to this article

[www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19557](http://www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19557)

**[Results]** All the investigated subjects were male. The mine drilling workers' dominant ( $16.3\text{--}19.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) and non-dominant ( $8.3\text{--}14.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ) hand exposure levels of hand-transmitted vibration [ $a_{hw(4)}$ ] exceeded the national occupational exposure limit. In the control group, the cold TPT of index finger of the dominant hand [ $(26.92\pm 3.10)^\circ\text{C}$ ] was higher than that of little finger [ $(23.52\pm 4.24)^\circ\text{C}$ ] ( $P<0.05$ ); the cold TPT of index finger of the non-dominant hand [ $(26.06\pm 3.35)^\circ\text{C}$ ] was also higher than that of little finger [ $(23.12\pm 3.96)^\circ\text{C}$ ] ( $P<0.05$ ). In the vibration-exposed group, the cold TPT of index finger of the dominant hand [ $(25.02\pm 4.41)^\circ\text{C}$ ] was higher than that of little finger [ $(21.39\pm 5.23)^\circ\text{C}$ ] ( $P<0.05$ ); the cold TPT of index finger of the non-dominant hand [ $(25.01\pm 3.98)^\circ\text{C}$ ] was also higher than that of little finger [ $(21.50\pm 4.97)^\circ\text{C}$ ] ( $P<0.05$ ). Compared with the control group [ $(40.80\pm 4.37)^\circ\text{C}$  and  $(41.72\pm 3.78)^\circ\text{C}$  respectively], the warm TPTs of index fingers [ $(42.20\pm 4.39)^\circ\text{C}$ ] and little fingers [ $(43.22\pm 3.96)^\circ\text{C}$ ] of the vibration-exposed group were higher ( $P<0.05$ ). Compared with the control group [ $(26.48\pm 3.24)^\circ\text{C}$  and  $(23.32\pm 4.08)^\circ\text{C}$  respectively], the cold TPTs of index fingers [ $(25.02\pm 4.17)^\circ\text{C}$ ] and little fingers [ $(21.45\pm 5.07)^\circ\text{C}$ ] of the vibration-exposed group were lower ( $P<0.05$ ).

**[Conclusion]** The quantitative analysis of thermotactile perception threshold is helpful to evaluate the damage of small sensory fibers in workers with hand-transmitted vibration exposure.

**Keywords:** hand-transmitted vibration; thermotactile perception threshold; hand-arm vibration disease; occupational health examination

手传振动 (hand-transmitted vibration) 是矿山凿岩工主要接触的职业危害之一, 长期接触可导致职业性手臂振动病 (occupational hand-arm vibration disease, OHAVD), 主要临床表现为手部末梢循环障碍、手臂神经功能障碍和 (或) 骨关节肌肉损伤<sup>[1]</sup>。研究发现, 职业接触手传振动可引起感觉神经的损伤<sup>[2-3]</sup>。温度觉阈值 (thermotactile thresholds) 定量分析是利用检测设备温度变化, 测试分析受试者感觉神经功能, 包括冷觉阈值和热觉阈值检测, 分别用来评价髓鞘 A<sub>δ</sub> 类神经纤维和无髓鞘的 C 类神经纤维<sup>[4]</sup>, 已经广泛应用于糖尿病周围神经病的早期诊断<sup>[5]</sup>、脊髓损伤导致感觉障碍研究<sup>[6]</sup> 和 OHAVD 的辅助诊断等<sup>[1, 7]</sup>, 是手传振动作业岗位职业健康检查的选检项目<sup>[8]</sup>。但是, 温度觉阈值定量分析检测在国际上和我国都没有标准的检查方法和限值要求, 对手传振动作业人群指端温度觉阈值定量分析仍十分少见。本研究拟通过检测矿山凿岩工人的食指和小指的指端温度觉阈值水平, 探索其在手传振动作业职业健康检查及 OHAVD 诊断中的应用价值。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

应用横断面调查的方法, 选取湖北恩施 26 家矿山作业工人作为研究对象, 所有工人均为男性, 依据其振动接触情况分为接振组 (接触手传振动 1 年以上的凿岩工人) 和对照组 (不接触手传振动的辅助工人)。共调查接振组工人 42 人, 对照组工人 42 人。本研究经广东省职业病防治院医学伦理委员会批准 (审批编号: GDHOD MEC 2017 004), 所有调查对象均知情同意。

### 1.2 方法

**1.2.1 职业流行病学问卷调查** 针对矿山作业工人特点, 自行设计制定矿山作业工人职业流行病学调查问卷。调查内容包括一般信息 (性别、出生年月、身高、体重等)、职业史 (工龄、现岗位、接触职业危害因素情况等)、生活习惯 (吸烟、饮酒等)、疾病史 (有无家族史及个人史等) 以及手部自主感觉症状 (手麻、手痛、白指、手胀、手僵等)。

**1.2.2 凿岩工手传振动接触水平检测** 依据 GBZ/T 189.9—2007《工作场所物理因素测量 第 9 部分: 手传振动》<sup>[9]</sup>, 采用 SV106 人体振动分析仪 (波兰 SVANTEK), 检测凿岩工人作业时手传振动的频率计权振动加速度 (frequency-weighted acceleration to vibration,  $a_{hw}$ ), 共检测 2 个矿场 3 组作业工人。当日接振时间不足或超过 4 h 时, 按 GBZ 2.2—2007《工作场所有害因素职业接触限值 第 2 部分: 物理因素》<sup>[10]</sup> 中公式 1 将其换算为 4 h 等能量频率计权振动加速度 [4 hours energy equivalent  $a_{hw}$ ,  $a_{hw(4)}$ ],  $a_{hw(4)}$  的职业接触限值为  $5.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。

$$a_{hw(4)} = \sqrt{\frac{T}{4}} a_{hw(T)} \quad (\text{公式 1})$$

式中:  $a_{hw(T)}$ —频率计权振动加速度,  $T$ —日接振时间,  $\text{h}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

**1.2.3 指端温度觉阈值检查** 根据调查, 凿岩工人手持工具作业时, 右手一般为主操作手, 左手为辅助用手; 个别工人左手为主操作手。按照文献 [7] 中的方法, 采用 HVLab 指端温度觉阈值测试仪 (英国南安普敦大学) 检测凿岩工人的温度觉阈值。检查时室内环境温度为  $(20.0\pm 2.0)^\circ\text{C}$ ; 受试者将其手指末端指节按压在仪器探头的中心位置, 探头温度从参考温度  $32.5^\circ\text{C}$  开始上升 (热觉阈值) 或下降 (冷觉阈值), 变

化速度为  $1^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$ ；受试者感觉到温度变化（上升或者下降）后，立刻按下响应按钮，仪器探头温度会重新下降或者上升到参考温度，并保持在参考温度，直到下次测量开始。热觉阈值和冷觉阈值分别测量6次，利用后4次测量结果的平均值作为其热觉阈值和冷觉阈值。每个工人测量4根手指（两手的食指和小指）。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS 23.0软件进行统计分析。计量资料经正态性检验服从正态分布，以  $\bar{x}\pm s$  描述，两组间均数比较采用独立样本  $t$  检验，组内不同手指的温度觉阈值采用配对样本  $t$  检验；经正态性检验不服从正态分布的，采用中位数 ( $M$ ) 和第25、75百分位数 ( $P_{25}$ ,  $P_{75}$ ) 描述，两组间  $M$  值采用 Mann-Whitney  $U$  检验比较。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 研究对象基本情况

本次调查对象全部为男性，共调查检测84人。对照组42人，年龄为  $(45.5\pm 8.2)$  岁，工龄  $M(P_{25}, P_{75})$  为  $86.5(49.0, 144.8)$  月；吸烟率为42.9% (18/42)，饮酒率为61.0% (26/42)，有手部自主感觉症状占14.3% (6/42)。接振组42人，年龄为  $(47.1\pm 6.6)$  岁；接振作业工龄  $M(P_{25}, P_{75})$  为  $86.0(53.5, 137.5)$  月；吸烟率为50.0% (21/42)，饮酒率为47.6% (20/42)，有手部自主感觉症状者占21.4% (9/42)。2组人群年龄、吸烟率、饮酒率、手部自主感觉症状等指标分别比较，差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。如表1所示。

表1 研究对象基本特征

Table 1 Demographic characteristics of study subjects

指标 Index	对照组 (n=42) Control group	接振组 (n=42) Vibration-exposed group	$t/\chi^2$	$P$
年龄/岁 ( $\bar{x}\pm s$ ) Age/years	45.5±8.2	47.1±6.6	0.964	0.338
吸烟 [n (%)] Smoking	18 (42.9)	21 (50.0)	0.431	0.512
饮酒 [n (%)] Drinking	26 (61.0)	20 (47.6)	1.730	0.188
手部自主感觉症状 [n (%)] Sensorineural symptoms in hands	6 (14.3)	9 (21.4)	0.730	0.393

### 2.2 研究对象手传振动作业状况

2.2.1 研究对象作业情况 根据现场调查结果，对照组工人主要工作内容为掘进、采煤、焊工等，不接触手传振动，每天工作时间为7~12h；接振组工人主要工作内容为利用凿岩机、潜孔钻、手工钻等工具在矿道内钻炮孔，接触手传振动，每天工作时间为7~10h，接振工作时间为  $2\text{h}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

2.2.2 手传振动接触水平 检测结果显示，接振组工人主操作用手、辅助用手的  $a_{hw}$  分别为  $23.0\sim 27.0\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 、 $11.8\sim 20.5\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ； $a_{hw(4)}$  分别为  $16.3\sim 19.1\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 、 $8.3\sim 14.4\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ，均超过职业接触限值要求 ( $5.0\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )。

### 2.3 研究对象指端温度觉阈值检测结果

2.3.1 对照组工人指端温度觉阈值 对照组惯用手食指、非惯用手食指的冷觉阈值水平明显高于小指 ( $P<0.05$ )，但热觉阈值差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )；惯用手与非惯用手间食指、小指的热觉阈值和冷觉阈值水平差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表2。

表2 对照组工人指端温度觉阈值检测结果 ( $\bar{x}\pm s, ^{\circ}\text{C}$ )

Table 2 Fingertip thermotactile perception threshold in control group of mine drilling workers

类型 Type	n	热觉阈值 Thermotactile perception threshold for warm				冷觉阈值 Thermotactile perception threshold for cold			
		食指 Index finger	小指 Little finger	t	P	食指 Index finger	小指 Little finger	t	P
惯用手 Dominant hand	42	41.27±4.55	42.04±3.98	1.129	0.265	26.92±3.10	23.52±4.24	3.418	0.001
非惯用手 Non-dominant hand	42	40.34±4.18	41.29±3.58	1.799	0.079	26.06±3.35	23.12±3.96	4.967	0.000
t		1.401	1.030			1.667	0.541		
P		0.169	0.309			0.103	0.592		

2.3.2 接振组工人指端温度觉阈值 检测结果显示：接振组主操作用手和辅助用手食指的冷觉阈值水平均明显高于小指 ( $P<0.05$ )，但热觉阈值水平差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )；主操作用手与辅助用手间食指、小指的热觉阈值和冷觉阈值水平差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表3。

2.3.3 接振组与对照组指端温度觉阈值水平比较 通过比较发现，接振组工人的食指和小指的热觉阈值水平明显高于对照组 ( $P<0.05$ )，但冷觉阈值水平低于对照组 ( $P<0.05$ )。接振组工人食指、小指的热觉阈值水平分别为  $(42.20\pm 4.39)$ 、 $(43.22\pm 3.96)^{\circ}\text{C}$ ；冷觉阈值水平分别为  $(25.02\pm 4.17)$ 、 $(21.45\pm 5.07)^{\circ}\text{C}$ 。见表4。

表3 接振组工人指端温度觉阈值检测结果 ( $\bar{x}\pm s$ , °C)

Table 3 Fingertip thermotactile perception threshold in vibration-exposed group of mine drilling workers

类型 Type	n	热觉阈值 Thermotactile perception threshold for warm				冷觉阈值 Thermotactile perception threshold for cold			
		食指 Index finger	小指 Little finger	t	P	食指 Index finger	小指 Little finger	t	P
		主操作手 Dominant hand	42	42.70±4.29	43.48±3.70	1.398	0.170	25.02±4.41	21.39±5.23
辅助用手 Non-dominant hand	42	41.70±4.49	42.94±4.23	1.554	0.128	25.01±3.98	21.50±4.97	4.916	<b>0.000</b>
t		1.264	0.868			0.004	0.130		
P		0.213	0.390			0.997	0.897		

表4 接振组和对照组工人手指指端温度觉阈值比较 ( $\bar{x}\pm s$ , °C)

Table 4 Comparison of fingertip thermotactile perception threshold between control group and vibration-exposed group of mine drilling workers

分组 Group	n	热觉阈值 Thermotactile perception threshold for warm		冷觉阈值 Thermotactile perception threshold for cold	
		食指 Index finger	小指 Little finger	食指 Index finger	小指 Little finger
		对照组 Control group	84	40.80±4.37	41.72±3.78
接振组 Vibration-exposed group	84	42.20±4.39	43.22±3.96	25.02±4.17	21.45±5.07
t		2.072	2.503	2.552	2.633
P		<b>0.040</b>	<b>0.013</b>	<b>0.012</b>	<b>0.009</b>

### 3 讨论

近年来,我国职业性 OHAVD 病例报道增多,特别在广东省 OHAVD 已经位于广东省职业病谱前三,占到了物理因素所致职业病的 90%<sup>[11]</sup>。既往研究发现,矿山凿岩工长期从事钻孔作业,双手持续接触手传振动,会引发手臂振动病相关症状<sup>[12-13]</sup>。而 OHAVD 目前的主要诊断依据是手部末梢循环和(或)手臂神经功能障碍两方面的相应指标,其中手臂神经功能障碍诊断及分级主要的检查方法是神经-肌电图检查,可评估粗大有髓神经纤维的功能,但无法评估细小有髓和无髓神经纤维的功能<sup>[1, 8]</sup>。研究发现,温度觉阈值检查可以用来评价小感觉神经纤维的功能,并有助于 OHAVD 的诊断<sup>[7, 14]</sup>,但目前相关研究报道较少,并没有制定标准的检查方法和限值要求。

手传振动作业是矿山作业的主要危害因素之一<sup>[15-16]</sup>,长期从事凿岩作业的工人可出现手臂振动病<sup>[17-18]</sup>。本研究中接振组工人均未见患有手臂振动病,且有手部自主感觉症状者与对照组相比无明显差异,结合现场手传振动接触水平存在超标的情况分析,原因可能与工人实际接触振动的累积时间较短有关,导致其累积暴露量较少,且随着工艺改进,企业采用机械作业,使得工人接触手传振动减少,具体原因仍需进一步研究。

本研究发现,对照组和接振组的检测均发现冷觉阈值在食指和小指的测量结果存在明显差异,食指对冷觉阈值变化比小指更加敏感。而热觉阈值则没有发现类似的现象。导致这一现象的原因可能是由于食指和小指的感觉神经纤维不同,拇指、食指和中指的皮肤感觉由正中神经和桡神经支配,环指和小指的感觉主要由尺神经支配<sup>[19]</sup>,不同的神经纤维对冷觉阈值感应的敏感性存在差异。

本研究结果显示,接振组工人的食指和小指的热觉阈值水平明显高于对照组,接振组工人的食指和小指的冷觉阈值水平明显低于对照组。这提示接振组工人在长期接触手传振动后,其手指的温度觉感觉神经可能会出现相应的损害,导致手指末端温度觉的感知能力下降,热觉阈值上升,但冷觉阈值下降。本研究结果与 Ye 等<sup>[7]</sup>的其他类似的研究结果具有一致性,如在伐木工人、手持打磨振动工具作业工人都发现了与此类似的结果<sup>[3, 20-21]</sup>。基于以上的原因,一些科研院所和学术机构制定并推荐检测和评价温度觉阈值的操作指南<sup>[22-23]</sup>,以便更好地检测温度觉,从而对手传振动作业人员的神经损害水平进行评估。

本研究的局限性在于样本量较小,且缺乏每个手传振动作业人员的振动接触剂量数据,因此无法对每

个工人的接触剂量进行进一步的估算,并深入研究手传振动暴露与温度觉阈值之间的剂量反应关系,可作为下一步研究的重点。

综上,矿山手传振动作业人员的指端感觉阈值明显不同于非手传振动作业人员,提示温度觉阈值定量分析有助于判断手传振动作业人员的小感觉神经纤维功能。而相关的人群参考值范围和小感觉神经纤维功能损伤出现的时间及其与振动暴露水平之间的关系仍然需要进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 职业性手臂振动病的诊断:GBZ 7—2014 [S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [2] HIROSAWA I, NISHIYAMA K, WATANABE S. Temporary threshold shift of temperature sensation caused by vibration exposure [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 1992, 63 (8): 531-535.
- [3] LUNDSTRÖM R, BALOCH A N, HAGBERG M, et al. Long-term effect of hand-arm vibration on thermotactile perception thresholds [J]. *J Occup Med Toxicol*, 2018, 13: 19.
- [4] SEAH S A, GRIFFIN M J. Thermotactile thresholds at the fingertip: effect of contact area and contact location [J]. *Somatosens Mot Res*, 2010, 27 (3): 82-92.
- [5] 尹厚民,冯蔚,丁美萍.定量温度觉阈值对2型糖尿病患者的小纤维性感觉神经病变诊断的研究[J].*中国应用生理学杂志*,2015,31(2):150-153.
- [6] 谢丁一,谢秀俊,陈日新,等.神经根型颈椎病患者热敏态腓穴温度觉特征研究[J].*安徽中医药大学学报*,2017,36(1):35-39.
- [7] YE Y, GRIFFIN M J. Assessment of thermotactile and vibrotactile thresholds for detecting sensorineural components of the hand-arm vibration syndrome (HAVS) [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2018, 91 (1): 35-45.
- [8] 职业健康监护技术规范:GBZ 188—2014 [S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [9] 工作场所物理因素测量 第9部分:手传振动:GBZ/T 189.9—2007 [S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [10] 工作场所所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素:GBZ 2.2—2007 [S]. 北京:人民卫生出版社,2007.
- [11] 黄永顺,金佳纯,温贤忠,等.2006—2012年广东省物理因素所致职业病发病特点分析和对策探讨[J].*中国职业医学*,2013,40(6):544-546.
- [12] 张丹英,陈贵平,罗巧,等.某金矿凿岩工指端感觉检查分析[J].*中国职业医学*,2016,43(3):296-300.
- [13] NYANTUMBU B, BARBER C M, ROSS M, et al. Hand-arm vibration syndrome in South African gold miners [J]. *Occup Med (Lond)*, 2007, 57 (1): 25-29.
- [14] LINDSELL C J, GRIFFIN M J. Normative data for vascular and neurological tests of the hand-arm vibration syndrome [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2002, 75 (1/2): 43-54.
- [15] 邢焯,华宁.金属矿山作业场所职业病危害因素分析及对策措施[J].*石化技术*,2017,24(11):224-225.
- [16] 周广鹏,邢焯.浅谈金属矿山作业场所手传振动的危害及对策措施[J].*中小企业管理与科技*,2014(5):190-191.
- [17] 李新风,路宝利.2004年乌鲁木齐某煤矿手臂振动病调查[J].*地方病通报*,2007,22(4):47-48.
- [18] 周硕.1例煤矿工人同患3种职业病的思考[J].*中国城乡企业卫生*,2018,3(3):94-95.
- [19] BOVENZI M, RONCHESE F, MAURO M. A longitudinal study of peripheral sensory function in vibration-exposed workers [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2011, 84 (3): 325-334.
- [20] SAKAKIBARA H, MAEDA S, YONEKAWA Y. Thermotactile threshold testing for the evaluation of sensory nerve function in vibration-exposed patients and workers [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2002, 75 (1/2): 90-96.
- [21] SHY M E, FROHMAN E M, SO Y T, et al. Quantitative sensory testing: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American academy of neurology [J]. *Neurology*, 2003, 60 (6): 898-904.
- [22] CHONG P S, CROS D P. Technology literature review: quantitative sensory testing [J]. *Muscle Nerve*, 2004, 29 (5): 734-747.
- [23] ROLKE R, MAGERL W, CAMPBELL K A, et al. Quantitative sensory testing: a comprehensive protocol for clinical trials [J]. *Eur J Pain*, 2006, 10 (1): 77.

(英文编辑:汪源;编辑:王晓宇;校对:丁瑾瑜)