

不同类型防护手套减振效果和灵巧性分析

肖斌, 蒋雍建, 温薇, 郭建宇, 严茂胜, 徐国勇, 何智鹏, 林瀚生, 晏华

广东省职业病防治院, 物理因素监测所/广东省职业病防治重点实验室, 广东 广州 510300



DOI 10.11836/JEOM22349

摘要:

[背景] 佩戴减振手套是一种简单且行之有效的预防手臂振动病的手段。由于振动作业的类型不同, 对佩戴的减振手套要求存在差异。

[目的] 研究不同类型防护手套的减振效果和灵巧性, 为振动作业人群科学佩戴减振手套提供依据。

[方法] 采取典型抽样方法, 选择广东省 28 家企业的接振工人使用的 9 种防护手套(A、B 主要材质为浸胶, C、D、E 为橡胶, F、G 为纺织纤维, H 为棉纱, I 为皮革)作为研究对象, 调查与测量防护手套的基本参数, 依据 ISO 10819:2013 采用手套振动传递率测试系统测试受试者佩戴不同防护手套的振动传递率, 分析减振特征频谱, 采用明尼苏达灵巧度试验的放置试验测试灵巧度。采用 Pearson 相关分析对手套厚度、振动传递率、灵巧性指数和握力指数之间的相关性进行分析。

[结果] 橡胶型手套(C、D、E)中、低频段的校正振动传递率平均值 $\bar{T}_M$ 和高频段的校正振动传递率平均值 $\bar{T}_H$ 均小于其他类型手套(分别为 0.89~0.91 和 0.59~0.80), 50~200 Hz 频段的振动传递率为 0.81~0.97, 315~1 250 Hz 频段的振动传递率随着频率增加而下降(最小为 0.13); 其他类型手套(A、B、F、G、H、I) $\bar{T}_M$ 和 $\bar{T}_H$ 分别为 0.95~0.98 和 1.03~1.11, 50~200 Hz 频段的振动传递率为 0.96~1.02, 400~1 250 Hz 频段的振动传递率呈现增高趋势(最大为 1.29)。双层防护材料的橡胶型手套(C、D、E)的 $\bar{T}_M$ 、 $\bar{T}_H$ 以及 40~1 250 Hz 频段的振动传递率较单层防护材料均有明显下降, 但其他类型双层材料的手套(F、H、I)的 $\bar{T}_M$ 和 $\bar{T}_H$ 仍分别大于 0.9 和大于 1.0, 25~200 Hz 频段的振动传递率较单层防护材料无明显变化(0.91~1.06), 250~630 Hz 频段的振动传递率增高(最大为 1.22)。浸胶型手套(A、B)灵巧性指数和握力指数最小, 橡胶型手套 C 灵巧性和握力指数最大。防护手套厚度与振动传递率呈负相关, 与灵巧性指数、握力指数均呈正相关($P < 0.05$), 振动传递率与灵巧性指数、握力指数呈负相关($P < 0.05$)。

[结论] 9 种手套中, 棉纱手套和皮革手套无减振效果, 橡胶型手套具有一定减振效果, 高频段减振效果优于低频段。手套减振材料越厚, 减振效果更佳, 但灵巧性越差, 应根据实际接振作业选用合适的减振手套。

关键词: 手传振动; 手臂振动病; 手套; 振动传递率; 灵巧性

Vibration attenuation and dexterity of different types of protective gloves XIAO Bin, JIANG Yongjian, WEN Wei, GUO Jianyu, YAN Maosheng, XU Guoyong, HE Zhipeng, LIN Hansheng, YAN Hua (Guangdong Provincial Key Laboratory for Occupational Disease Prevention and Treatment/Institute of Physical Factors and Occupational Health, Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangzhou, Guangdong 510300, China)

Abstract:

[Background] Wearing anti-vibration gloves is a simple and effective way to prevent hand-arm vibration disease. The requirements for vibration damping gloves are varied by types of operations exposed to vibration.

[Objective] To study the vibration attenuation and dexterity of different types of protective gloves, and to provide reference for scientific wearing of vibration damping gloves for people working with vibration exposure.

[Methods] Nine kinds of common protective gloves (A and B were dipping gloves; C, D, and E were rubber gloves; F and G were textile and fabric gloves; H was cotton gloves; I was leather gloves) used by workers exposed to vibration in 28 factories in Guangdong Province were selected as research objects by typical case sampling method, and the basic parameters of included

组稿专家

张忠彬(国家卫生健康委职业安全卫生研究中心), E-mail: zzb_sd@163.com

基金项目

广东省医学科学技术研究基金项目 (A2019177, A2020341, A2022062)

作者简介

肖斌(1984—), 男, 博士, 主任医师; E-mail: binny811@163.com

通信作者

肖斌, E-mail: binny811@163.com

伦理审批

已获取

利益冲突

无申报

收稿日期

2022-08-21

录用日期

2022-09-15

文章编号 2095-9982(2022)11-1214-06

中图分类号 R135

文献标志码 A

►引用

肖斌, 蒋雍建, 温薇, 等. 不同类型防护手套减振效果和灵巧性分析 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(11): 1214-1219.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM22349

Funding

This study was funded.

Correspondence to

XIAO Bin, E-mail: binny811@163.com

Ethics approval

Obtained

Competing interests

None declared

Received

2022-08-21

Accepted

2022-09-15

► To cite

XIAO Bin, JIANG Yongjian, WEN Wei, et al. Vibration attenuation and dexterity of different types of protective gloves[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(11): 1214-1219.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM22349

protective gloves were investigated and measured. According to ISO 10819:2013, a glove vibration transmissibility (GVT) test system was used to detect the vibration transmissibility values and analyze vibration attenuation characteristics of the subjects wearing different protective gloves. The dexterity was tested by Minnesota Manual Dexterity Test. Pearson test was used to analyze the correlations among glove thickness, vibration transmissibility, dexterity score, and grip strength score.

[Results] For rubber gloves (C, D, and E), the associated average adjusted vibration transmissibility at middle and low frequencies $\bar{T}_M$ and average adjusted vibration transmissibility at high frequency $\bar{T}_H$ were lower than those of other gloves (0.89-0.91 and 0.59-0.80 respectively), the vibration transmissibility values of 50-200 Hz frequency band was 0.81-0.97, and the vibration transmissibility values of 315-1250 Hz frequency band decreased with the increase of frequency (the minimum value was 0.13). For other types of gloves (A, B, F, G, H, and I), the $\bar{T}_M$ and $\bar{T}_H$ were 0.95-0.98 and 1.03-1.11 respectively, the vibration transmissibility values of 50-200 Hz frequency band was 0.96-1.02, and the vibration transmissibility values of 400-1250 Hz frequency band increased (the maximum value was 1.29). The $\bar{T}_M$, $\bar{T}_H$, and vibration transmissibility values of 40-1250 Hz frequency band of rubber gloves with double-layer protective materials (C, D, and E) were significantly lower than those of gloves with single-layer protective materials. But the $\bar{T}_M$ and $\bar{T}_H$ of gloves of other types with double-layer materials (F, H, and I) were still greater than 0.9 and 1.0 respectively. Compared with single-layer protective materials, the gloves of other types with double-layer materials showed no significant changes in the vibration transmissibility values of 25-200 frequency band (0.91-1.06), and an increase in the vibration transmissibility values of 250-630 Hz frequency band (the maximum value was 1.22). The dexterity scores and grip strength scores of dipping gloves (A and B) were the lowest. Rubber gloves C had the highest dexterity score and grip strength score. The thickness of protective gloves was negatively correlated with the vibration transmissibility values, and positively correlated with the dexterity score and the grip strength score ($P < 0.05$). The vibration transmissibility value was negatively correlated with the dexterity score and the grip strength score ($P < 0.05$).

[Conclusion] Among the 9 kinds of gloves, cotton gloves and leather gloves have no damping effect. Rubber gloves have certain vibration reduction effect, and the vibration reduction effect on high frequency band is better than that on low frequency band. The thicker the damping material is, the better the damping effect is, but the less the dexterity is. Appropriate damping gloves should be selected according to actual vibration operations.

Keywords: hand-transmitted vibration; hand-arm vibration disease; glove; vibration transmissibility; dexterity

手臂振动病(hand-arm vibration disease, HAVD)是长期从事手传振动作业而引起的以手部末梢循环障碍、手臂神经功能障碍为主的疾病,可引起手臂骨关节-肌肉的损伤,其典型表现为振动性白指^[1]。HAVD损伤不可逆,发病机制尚未明确,仍缺乏有效治疗手段。科学佩戴减振手套是一种简单且行之有效的预防HAVD的手段^[2]。由于振动作业的类型不同,其工艺流程、作业过程以及使用的振动工具或工件也不同^[3-4],对佩戴的减振手套要求(材质、厚度、减振效果和灵巧性等)存在差异。本研究通过对常见的不同类型防护手套进行减振效果和灵巧性分析,为振动作业人群科学佩戴减振手套提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采取典型抽样方法,选择2021年1月—2022年6月于广东省职业病防治院进行工作场所手传振动检测或HAVD诊断现场调查的28家企业(行业涵盖汽车制造、金属制品制造、家具制造、电力行业等)的接振工人(打磨工、打钻工、装配工、抛光工、切割工等)使用的防护手套作为研究对象。收集的防护手套共有9种:A、B主要材质为浸胶,C、D、E主要材质为橡胶,

F、G主要材质为纺织纤维,H主要材质为棉纱,I主要材质为皮革。

参考ISO 10819:2013《机械振动与冲击 手传振动手套掌部振动传递率的测量与评价》(以下简称“ISO 10819:2013”)^[5],采取典型抽样方法,于2022年3—6月选取10名男性健康志愿者为受试者。受试者年龄为24~39(30.70±5.02)岁,手围198.0~230.0(211.80±8.97)mm,手长172.0~195.0(183.90±8.99)mm,手部握力能维持(30±5)N,推力能保持(50±8)N,符合ISO 10819:2013有关要求;知情并同意参与测试。本研究经广东省职业病防治院医学伦理委员会审查批准(编号:GDHOD MEC 2022034号)。

1.2 方法

1.2.1 手套基本参数调查和评价 对9种防护手套的尺寸、材料材质、厚度、覆盖情况等参数进行调查与测量;依据ISO 10819:2013^[5],对手套是否符合减振材料厚度要求进行评价。

1.2.2 手套减振效果测试和评价 依据ISO 10819:2013^[5],采用手套振动传递率(glove vibration transmissibility, GVT)测试系统测试受试者佩戴不同防护手套的振动传递率^[6]。测试的频段包括:25、31.5、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、

800、1000、1250 Hz。每名对象均进行三个阶段的测试：(1)对受试者惯用手进行3次未佩戴防护手套(裸手)测量，每次测量时间为30 s，每次间隔3~5 min；(2)对受试者进行3次手套佩戴后效果测量(惯用手，适配器置于手套内掌心位置)，测量时间和间隔时间同第一阶段；(3)对受试者进行3次双层手套减振材料效果测量(惯用手，适配器置于手套内掌心位置，手套与适配器之间多放置一层与待测手套相同的减振材料)。三个阶段均分别记录手柄和手掌适配器X、Y、Z轴1/3倍频程的加速度值，依据ISO 10819:2013计算校正振动传递率。

当手套同时满足25.0~200.0 Hz频率(中、低频段)的校正振动传递率平均值 $\bar{\tau}_M \leq 0.90$ ，且200.0~1250.0 Hz频率(高频段)的校正振动传递率平均值 $\bar{\tau}_H \leq 0.60$ ，则认为减振效果良好^[5]。

1.2.3 手套灵巧性测试 受试者分别在裸手和佩戴手套的情况下进行明尼苏达手灵巧度试验的放置测试试验^[7]。在放置测试中，测试板被放置在靠近参与者的桌子上，圆柱棋对齐在测试板后面。参与者被要求用他们的惯用手将圆柱棋放置到板上对应的孔位。拿取顺序从右侧开始，从下到上开始拿；放置顺序从右侧开始，从上而下开始放，参与者放置圆柱棋尽可能快，直到整个测试板被填满。记录放置完成的时间。手套灵巧性指数为佩戴手套测试时间与裸手测试时间的比值，得分越高，手套灵巧性越差。

1.2.4 手套握力测试 受试者分别在裸手和佩戴手套的情况下使用WCS-10000电子握力计(上海万庆)测试最大握力值，裸手及佩戴每副手套均进行2次测试，测试中使用惯用手握持电子握力计5 s，其中维持最大握力3 s，记录最大握力值，取最大测试值作为测试结果，每位受试者测试间隔休息时间不少于3 min。手套握力指数为裸手测试握力值与佩戴手套测试握力值的比值，得分越高表示相同输出握力情况下工人需提供更高的手部握力。

1.3 质量控制

测量人员为具有丰富现场和实验室检测经验的职业卫生技术人员。正式测试前，对所有受试者进行了培训，确保其掌握了测试方法。测试设备均经计量检测机构检定合格。传感器在使用前进行校准，数据采集模式均严格按照ISO 10819:2013进行设置。

1.4 统计学分析

采用SPSS 22.0软件和Microsoft Excel 2016软件进行统计分析。计量资料经正态性检验符合正态分布

者，采用 $\bar{x} \pm s$ 描述；绘制不同频段振动传递率；采用Pearson相关分析对手套厚度、振动传递率、灵巧性指数和握力指数之间的相关性进行分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本参数

本研究9种防护手套全部材料厚度均符合ISO 10819:2013要求，不同手套防护材料覆盖情况不同，样式见图1，基本参数见表1。



[注] A~I 为手套编码。

[Note] A-I are glove labels.

图1 手套外观图

Figure 1 The sample photo of tested gloves

2.2 手套减振效果和灵巧性

9种防护手套中，橡胶型手套(C、D、E) $\bar{\tau}_M$ 和 $\bar{\tau}_H$ 均小于其他类型手套，其中手套C的 $\bar{\tau}_M$ 和 $\bar{\tau}_H$ 最小，分别为 0.89 ± 0.09 和 0.59 ± 0.08 ；其他类型手套(A、B、F、G、H、I) $\bar{\tau}_M$ 为 $0.95 \sim 0.98$ ， $\bar{\tau}_H$ 为 $1.03 \sim 1.11$ 。双层防护材料结果方面，橡胶型手套(C、D、E)的 $\bar{\tau}_M$ 和 $\bar{\tau}_H$ 较单层防护材料有明显下降，其中手套C的 $\bar{\tau}_M$ 和 $\bar{\tau}_H$ 最小，分别为 0.62 ± 0.09 和 0.23 ± 0.03 ；纺织纤维型(F)、棉纱型(H)、皮革型(I)手套的 $\bar{\tau}_M$ 和 $\bar{\tau}_H$ 仍分别大于0.9和大于1.0。浸胶型手套(A、B)灵巧性指数和握力指数最小，橡胶手套(C)灵巧性指数和握力指数最大(分别为 1.31 ± 0.08 和 1.57 ± 0.23)。见表2。

2.3 减振频谱特征

单层防护材料减振频谱特征方面，橡胶型防护手套(C、D、E)在50~200 Hz频段的振动传递率为 $0.81 \sim 0.97$ ，在315~1250 Hz频段的振动传递率随着频率增加而逐步下降(最小为0.13)；手套A、F、G、H、I在25~200 Hz频段的振动传递率无明显变化($0.96 \sim 1.02$)，400~1250 Hz频段的振动传递率明显增加(最大为1.29)。

表 1 9 种防护手套基本参数
Table 1 Basic parameters of 9 protective gloves

手套名称 (Label)	防护材料厚度(Thickness of protective material)/mm		防护材料材质(Type of protective material)	防护材料覆盖情况(Coverage of protective materials)
	手掌(Palm)	手指(Finger)		
A	1.41	1.41	浸胶(Gum dipping)	浸胶材料覆盖全手掌和手指(Cover all palm and fingers with gum dipping material)
B	1.43	1.43	浸胶(Gum dipping)	浸胶材料覆盖全手掌和手指(Cover all palm and fingers with gum dipping material)
C	6.08	6.08	橡胶(Rubber)	橡胶材料覆盖全手掌和手指,且有凸起(Cover all palm and fingers with rubber material incorporated with raised dots)
D	5.06	5.06	橡胶(Rubber)	橡胶材料覆盖全手掌和手指(Cover all palm and fingers with rubber material)
E	6.13	6.13	橡胶、棉纱(Rubber, cotton)	橡胶凸起60%覆盖全手掌和手指(Cover 60% of the entire palm and fingers with rubber material incorporated with raised dots)
F	4.01	1.62	绒毛、人造革(Fluff, artificial leather)	绒毛材料覆盖手掌掌心(Cover palm with fluff)
G	3.56	3.41	棉纱和棉花(Cotton yarn and cotton)	棉材料覆盖手掌掌心和手指指腹(Cover palm and finger pulp with cotton)
H	2.60	2.60	棉纱(Cotton yarn)	棉纱材料覆盖全手掌和手指(Cover all palm and fingers with cotton yarn)
I	2.86	2.52	皮革(Leather)	皮革材料覆盖全手掌和手指(Cover all palm and fingers with leather)

表 2 9 种防护手套的减振效果
Table 2 Damping effects of 9 protective gloves

手套名称 (Label)	单层减振材料振动传递率 (Vibration transmissibility of single-layer protective materials)		双层减振材料振动传递率 (Vibration transmissibility of double-layer protective materials)		灵巧性指数 (Dexterity score)	握力指数 (Grip strength score)
	$\bar{T}_M$	$\bar{T}_H$	$\bar{T}_M$	$\bar{T}_H$		
A	0.98±0.04	1.03±0.04	0.97±0.08	0.98±0.11	1.05±0.07	1.05±0.10
B	0.97±0.05	1.07±0.15	0.92±0.10	0.82±0.10	1.05±0.06	1.05±0.06
C	0.89±0.09	0.59±0.08	0.62±0.09	0.23±0.03	1.31±0.08	1.57±0.23
D	0.91±0.10	0.80±0.10	0.73±0.10	0.38±0.05	1.22±0.09	1.34±0.15
E	0.89±0.06	0.76±0.11	0.70±0.09	0.41±0.05	1.08±0.08	1.18±0.13
F	0.95±0.03	1.09±0.07	0.95±0.07	1.06±0.15	1.06±0.05	1.10±0.10
G	0.96±0.05	1.10±0.14	0.87±0.06	0.88±0.11	1.13±0.09	1.12±0.08
H	0.97±0.03	1.05±0.04	0.92±0.05	1.08±0.15	1.07±0.04	1.09±0.07
I	0.96±0.03	1.11±0.05	0.99±0.10	1.14±0.15	1.14±0.06	1.14±0.08

双层防护材料减振频谱特征方面,橡胶型防护手套(C、D、E)40~1250 Hz 频段振动传递率较单层手套均有明显下降(最小为 0.08);手套 A、F、H、I 在 25~200 Hz 频段振动传递率较单层防护材料无明显变化(0.91~1.06),250~630Hz 频段的振动传递率明显增加(最大为 1.22)。结果见图 2。

2.4 手套厚度、振动传递率、灵巧性指数、握力指数之间的相关性

防护手套厚度与振动传递率呈负相关($P<0.01$),与 $\bar{T}_M$ 和 $\bar{T}_H$ 的相关系数分别为-0.949 和-0.810。防护手套厚度与灵巧性指数、握力指数均呈正相关($P<0.05$),厚度与握力指数的相关系数大于其与灵巧性指数的相关系数。振动传递率与灵巧性指数、握力指数呈负相关($P<0.05$),其中 $\bar{T}_M$ 与灵巧性指数、握力指数的相关系数绝对值均小于 $\bar{T}_H$ 与灵巧性指数、握力指数的相关系数。结果见表 3。

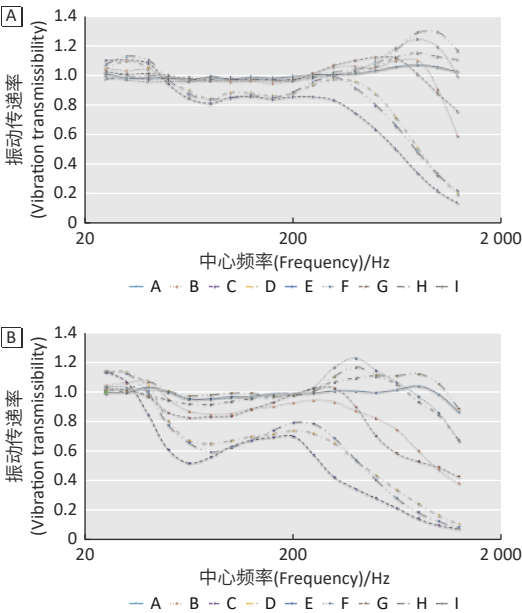


图 2 单层防护材料(A)、双层防护材料(B)减振频谱特征
Figure 2 Vibration attenuation characteristic spectra of single-layer protective materials (A) and double-layer protective materials (B)

表 3 手套厚度与不同指标的相关性
Table 3 Correlation between glove thickness and different parameters

项目 (Parameter)	厚度 (Thickness)	$\bar{T}_M$	$\bar{T}_H$	灵巧性指数 (Dexterity score)
厚度(Thickness)	1.000			
$\bar{T}_M$	-0.949**	1.000		
$\bar{T}_H$	-0.810**	0.917**	1.000	
灵巧性指数(Dexterity score)	0.645*	-0.634*	-0.735*	1.000
握力指数(Grip strength score)	0.759*	-0.788*	-0.884**	0.955**

[注] *: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。
[Note] *: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

3 讨论

手传振动是指生产过程中使用振动工具或接触受振工件时,直接作用或传递到手臂的机械振动或冲击^[8]。手传振动是当今工作环境中一个重要的物理性有害因素,它广泛存在于机械制造、五金塑料制造、汽车、船舶、建筑等各行各业工作场所中,长期接触手传振动可造成机体多个组织或器官的损伤,危及作业工人手部及前臂的血管、神经、骨骼、关节、肌肉以及结缔组织等,严重者可发生 HAVD^[9-12]。因此降低手传振动接触强度显得尤其重要。本研究对工厂接振工人常用的 9 种防护手套进行减振效果调查和试验分析,发现大多数都只是普通材料(棉纱、皮革、浸胶等)手套,经手掌振动传递率测试后,除橡胶型手套具有一定的减振效果外,其他类型手套均无减振效果,可能与其材料(棉纱、皮革等)的刚度和阻尼系数较高,隔振能力较弱有关^[13]。这些防护手套无法为常见振动作业提供足够防护^[4],提示目前很多企业和劳动者对于手传振动职业风险仍未重视,对振动作业个人防护用品配备和使用的重视程度较为薄弱。

手套材料性能(厚度、刚度和阻尼)是影响防护手套减振性能的重要因素^[14]。本研究发现:双层减振材料相比单层,其振动传递率有明显下降,减振效果更佳;但双层非减振材料虽增加了厚度,但其材料刚度和阻尼无明显改变,致使其振动传递率无明显变化,这也提示作业中佩戴双层棉纱手套等非减振手套并不能起到减振作用^[3-4]。

不同振动作业或工具,其振动加速度和频谱存在差异,危害和防控措施也不同^[15-17]。本研究中对防护手套不同频率振动传递率测试发现:橡胶型减振手套的中、高频段振动传递率均有下降,高频段较低频段下降幅度更大,说明橡胶型手套对于预防高频振动作业具有较好的防护效果;浸胶、皮革等其他手套在中

频段振动传递率无变化,对部分高频段(400~1 250 Hz)的振动存在放大效应。这也提示应根据现场振动作业的频谱特征,选择更有针对性的减振手套。选择不当(包括选用非减振手套),可能不仅无法起到减振作用,反而放大部分频段的振动强度^[18]。

本研究发现,防护手套材料厚度与振动传递率呈负相关。不同型号橡胶手套,手套越厚减振效果越好,这可能是因为材料厚度增加,手套动态刚度减小,阻尼也会减小,增强了减振效果^[14]。但是手套灵巧性指数和握力指数试验发现,防护手套厚度与手套灵巧性指数和握力指数呈正相关,这说明越厚的减振手套,减振效果越好,但其灵巧性和握力越差,更容易影响现场作业的操作(操作不便,效率下降;使用更大的握力操作,手部更易疲劳等)^[14, 19-20]。本研究中三种橡胶手套中,手套 C 虽然减振效果最好,但其灵巧性和握力最差,不能用于手持工件打磨等精细作业^[21],而手套 E 在具有一定减振效果的情况下对作业人员舒适性影响较小。这也提示在选用减振手套时,除了考虑减振效果,还应综合考虑手套的灵巧性等因素,不仅有助于保护接振工人健康,也更容易被企业和工人所接纳和使用。本研究主要基于手掌的振动传递率测试,但其不能完全反映手指的接振情况,随着减振材料厚度的增加,其手掌振动传递率降低,但是否会降低手指的振动传递率,仍需进一步研究。

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.
Diagnosis of occupational hand-arm vibration disease: GBZ 7—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.

[2] DONG RG, WU JZ, XU XS, et al. A review of hand-arm vibration studies conducted by US NIOSH since 2000[J]. *Vibration*, 2021, 4(2): 482-528.

[3] 肖斌, 陈青松, 林瀚生, 等. 手持工件打磨作业手传振动基本特征调查[J]. 中国职业医学, 2016, 43(3): 312-315,319.
XIAO B, CHEN QS, LIN HS, et al. Essential characteristics of hand-arm vibration in hand-held workpiece polishing[J]. *China Occup Med*, 2016, 43(3): 312-315,319.

[4] 陈青松, 肖斌, 陈嘉斌, 等. 6种接触振动岗位作业工人手传振动危害现况调查[J]. 中国职业医学, 2012, 39(4): 298-299,302.
CHEN QS, XIAO B, CHEN JB, et al. Investigation on occupational exposure status of workers exposed to hand-transmitted vibration[J]. *China Occup Med*, 2012, 39(4): 298-299,302.

[5] International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock—hand-arm vibration—measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand: ISO 10819: 2013[EB/OL]. [2021-09-30]. <https://www.iso.org/standard/46313.html>.

[6] 林瀚生, 陈青松, 陈婷, 等. 3种常见防护手套减振效果分析[J]. 中国职

- 业医学, 2021, 48(5): 529-533.
- LIN H S, CHEN Q S, CHEN T, et al. Analysis of the vibration reduction effect of three common protective gloves[J]. *China Occup Med*, 2021, 48(5): 529-533.
- [7] WANG Y C, WICKSTROM R, YEN S C, et al. Assessing manual dexterity: comparing the workability rate of manipulation test with the Minnesota manual dexterity test[J]. *J Hand Ther*, 2018, 31(3): 339-347.
- [8] 职业卫生名词术语: GBZ/T 224—2010[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010. Terms of occupational health: GBZ/T 224—2010[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010.
- [9] 孙贵范. 职业卫生与职业医学[M]. 7版. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 226. SUN G F. Occupational health and occupational medicine[M]. 7th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016: 226.
- [10] 郑倩玲, 杨爱初, 陈嘉斌, 等. 84例职业性手臂振动病病人手部末梢循环障碍临床分析[J]. *中国职业医学*, 2010, 37(4): 311-313, 315. ZHENG Q L, YANG A C, CHEN J B, et al. Clinical analysis on the peripheral circulatory disturbances in 84 cases of occupational hand-arm vibration disease[J]. *China Occup Med*, 2010, 37(4): 311-313, 315.
- [11] XIAO B, ZHANG D, YAN M, et al. Cold water immersion test (10°C, 10 min) for diagnosing vibration-induced white finger among a group of polishers in a subtropical environment[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2019, 92(6): 865-872.
- [12] 贾艳霞, 严茂胜, 郑淦君, 等. 手传振动对作业工人上肢影响的meta分析[J]. *环境与职业医学*, 2022, 39(4): 426-433. JIA Y X, YAN M S, ZHENG H J, et al. Effects of hand-transmitted vibration on upper limbs of workers: a meta-analysis[J]. *J Environ Occup Med*, 2022, 39(4): 426-433.
- [13] REZALI K A, GRIFFIN M J. The transmission of vibration through gloves to the hand and to the fingers: effects of material dynamic stiffness[J]. *Adv Mech Mater*, 2014, 564: 149-154.
- [14] REZALI K A, GRIFFIN M J. Transmission of vibration through gloves: effects of material thickness[J]. *Ergonomics*, 2016, 59(8): 1026-1037.
- [15] 谢晓霜, 祁成, 杜雯祎, 等. 汽车铸造及装配作业场所振动工具手传振动测量和分析[J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2016, 34(2): 107-110. XIE X S, QI C, DU X Y, et al. Measurement and analysis of hand-transmitted vibration of vibration tools in workplace for automobile casting and assembly[J]. *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 2016, 34(2): 107-110.
- [16] 林瀚生. 广东省某企业手持工件打磨工人振动暴露水平与损伤效应的关系[D]. 昆明: 昆明医科大学, 2019. LIN H S. Relationship between vibration exposure level and damage effect of hand-held workpieces grinding workers in a Guangdong enterprise[D]. Kunming: Kunming Medical University, 2019.
- [17] 严茂胜, 郑淦君, 肖斌, 等. 广东省工人手传振动职业接触水平调查[J]. *中国工业医学杂志*, 2021, 34(5): 394-398. YAN M S, ZHENG H J, XIAO B, et al. Investigation on occupational exposure level of workers to hand-transmitted vibration in Guangdong province[J]. *Chin J Ind Med*, 2021, 34(5): 394-398.
- [18] HEWITT S, DONG R G, WELCOME D E, et al. Anti-vibration gloves?[J]. *Ann Occup Hyg*, 2015, 59(2): 127-141.
- [19] WILLMS K, WELLS R, CARNAHAN H. Glove attributes and their contribution to force decrement and increased effort in power grip[J]. *Hum Factors*, 2009, 51(6): 797-812.
- [20] BUDD D, HOUSE R. Examining the usefulness of ISO 10819 anti-vibration glove certification[J]. *Ann Work Expo Health*, 2017, 61(2): 137-140.
- [21] 林瀚生, 张丹英, 严茂胜, 等. 高尔夫球头打磨岗位手传振动职业接触评价[J]. *中国职业医学*, 2019, 46(3): 286-291. LIN H S, ZHANG D Y, YAN M S, et al. Evaluating the occupational exposure to hand-transmitted vibration in golf ball head grinding positions[J]. *China Occup Med*, 2019, 46(3): 286-291.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)