

手传振动对作业工人上肢影响的 meta 分析

贾艳霞^{1,2}, 严茂胜², 郑洽君^{2,3}, 张丹英², 肖斌²

1. 山西医科大学公共卫生学院, 山西 太原 030001

2. 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

3. 广州医科大学公共卫生学院, 广东 广州 511436



DOI 10.11836/JEOM21366

摘要:

[背景] 手臂振动病(HAVD)我国的法定职业病之一,其发病机制尚不明确。长期接触电动振动工具的作业人员可增加患 HAVD 的风险。

[目的] 系统评价振动作业对工人上肢神经、血管、肌肉的影响。

[方法] 检索和收集中国知网、万方、PubMed 数据库关于手传振动对于 HAVD 影响的相关研究,文献发表时为 1974 年 1 月—2021 年 4 月。使用纽卡斯尔-渥太华量表评估队列研究和病例对照研究质量,使用美国卫生保健研究和质量机构的质量评价标准评估横断面研究质量。使用 RevMan 5.4.1 软件对纳入文献的结局指标(OR)进行统计分析,采用随机效应模型对有关振动性白指和神经感觉损伤文献中的效应量进行合并,纳入了腕管综合征的文献则采用固定效应模型合并效应量,并分别对其进行亚组分析和发表偏倚分析。使用 Stata 16.0 软件进行 meta 回归探索研究的异质性来源,对纳入的文献进行敏感性分析。

[结果] 本次从数据库共检索到 716 篇文献,并手动检索到 18 篇,排除不符合标准的文献后共 34 篇文献被纳入,涉及振动性白指、神经感觉损伤和腕管综合征的文献中分别有 11 004、7 270 和 1 722 例研究对象。meta 分析结果显示:与对照组相比,手传振动作业人员振动性白指合并后的 OR 为 4.25(95%CI: 2.72~6.65),神经感觉损伤合并后的 OR 为 4.03(95%CI: 2.46~6.61),腕管综合征合并后的 OR 为 2.44(95%CI: 1.61~3.71)。异质性检验发现:与振动性白指相关的原始研究存在异质性($I^2=81\%$, $P<0.001$),与神经感觉损伤相关的原始研究存在异质性($I^2=90\%$, $P<0.001$),与腕管综合征相关的原始研究的异质性可忽略($I^2=23\%$, $P<0.001$)。敏感性分析显示合并后的效应量(OR)结果较稳定、可靠。从 meta 回归的结果中可以看出影响振动性白指、神经感觉损伤的文献间高异质性因素分别是文献的发表时间($t=-2.10$, $P=0.049$)、作业工人的工龄($t=-2.40$, $P=0.032$)。

[结论] 手传振动是作业工人发生振动性白指、神经感觉损伤和腕管综合征的危险因素。

关键词: 手传振动;手臂振动病;振动性白指;神经感觉损伤;腕管综合征

Effects of hand-transmitted vibration on upper limbs of workers: A meta-analysis JIA Yanxia^{1,2}, YAN Maosheng², ZHENG Hanjun^{2,3}, ZHANG Danying², XIAO Bin² (1. School of Public Health, Shanxi Medical University, Taiyuan, Shanxi 030001, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangzhou, Guangdong 510300, China; 3. School of Public Health, Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangdong 511436, China)

Abstract:

[Background] Hand arm vibration disease (HAVD) is one of the legal occupational diseases in China, and its pathogenesis is not clear. Operators exposed to electric vibration tools for a long time have an increased risk of HAVD.

[Objective] To conduct a systematic evaluation of the effects of vibration operations on workers' upper limb nerves, blood vessels, and muscles.

[Methods] Relevant studies on the effects of hand-transmitted vibration on HAVD were searched and collected from the China Knowledge Infrastructure, Wanfang, and PubMed databases, and the literature was published from January 1974 to April 2021. The quality of cohort and case-control studies was assessed by the Newcastle-Ottawa Scale (NOS), and the quality of cross-sectional studies was by the evaluation criteria recommended by the Agency for

基金项目

广东省自然科学基金(2018A030313955);广东省医学自然科学基金(A2019388, A2021485);广州市科技计划项目(201804010099);海珠区科技计划项目(海科工商信计 2018-90)

作者简介

贾艳霞(1995—),女,硕士生;
E-mail: jiayanxia2020@163.com

通信作者

严茂胜, E-mail: yanmsh@126.com

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-08-15

录用日期 2022-03-09

文章编号 2095-9982(2022)04-0426-08

中图分类号 R135

文献标志码 A

►引用

贾艳霞,严茂胜,郑洽君,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.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21366

Funding

This study was funded.

Correspondence to

YAN Maosheng, E-mail: yanmsh@126.com

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-08-15

Accepted 2022-03-09

► To cite

JIA Yanxia, YAN Maosheng, ZHENG Hanjun, et al. Effects of hand-transmitted vibration on upper limbs of workers: A meta-analysis[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(4): 426-433.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21366

Healthcare Quality and Research (AHRQ). Statistical analyses of outcome indicators (OR) in the included literature were performed using RevMan 5.4.1 software, effect sizes in the literature on vibration-induced white finger and neurosensory impairment were combined using a random-effect model, those that included carpal tunnel syndrome were combined using a fixed-effect model, and subgroup and publication bias analyses were also performed. To explore sources of study heterogeneity, meta-regression was performed using Stata 16.0 software, and sensitivity analyses were performed on the included literature.

[Results] A total of 716 papers were retrieved from the databases, and 18 articles were retrieved by manual searching. A total of 34 papers were included after excluding those not meeting the criteria. Of the papers, 11 004, 7 270, and 1 722 subjects related to vibration-induced white finger, neurosensory impairment, and carpal tunnel syndrome, respectively. The results of meta-analysis showed that compared with the control group, the combined ORs of hand-transmitted vibration exposure were 4.25 (95%CI: 2.72–6.65) for vibration-induced white finger, 4.03 (95%CI: 2.46–6.61) for neurosensory impairment, and 2.44 (95%CI: 1.61–3.71) for carpal tunnel syndrome. Heterogeneity was identified in the original studies related to vibration-induced white finger ($I^2=81\%$, $P<0.001$) and neurosensory impairment ($I^2=90\%$, $P<0.001$), except carpal tunnel syndrome ($I^2=23\%$, $P<0.001$). The results of sensitivity analysis showed that the combined effect sizes (ORs) were stable and reliable. The results of meta-regression showed that the factors contributing to high heterogeneity of combined vibration-induced white finger and neurosensory impairment were time of publication ($t=-2.10$, $P=0.049$) and working age ($t=-2.40$, $P=0.032$), respectively.

[Conclusion] Hand-transmitted vibration is a risk factor for vibration-induced white finger, neurosensory impairment, and carpal tunnel syndrome in operators.

Keywords: hand-transmitted vibration; hand arm vibration disease; vibration-induced white finger; neurosensory impairment; carpal tunnel syndrome

手臂振动病(hand arm vibration disease, HAVD)是我国的法定职业病。作业工人长期接触电动振动工具或器械会引起以手指与手部末梢循环障碍、手臂神经功能障碍为主的损害,表现为患指苍白、怕冷、紫绀、发红、疼痛,其典型表现为振动性白指^[1-2],严重影响工人的生活质量。国内外学者逐渐对暴露于手传振动而引起神经、肌肉、感觉、骨骼系统的健康损伤提高关注,但是其损伤机制仍不明确,需要查找国内外相关文献进一步分析。本研究通过检索收集相关文献并采用 meta 分析方法系统评价了手传振动对工人手和上肢的神经、血管、肌肉系统损害的关联。

1 材料与方法

1.1 文献检索策略

检索中国期刊全文数据库、万方数据库、PubMed 数据库关于手传振动对于 HAVD 影响的相关研究。语种限制为中、英文,文献发表时间为 1974 年 1 月—2021 年 4 月,中文以“手传振动”“手臂振动病”“振动性白指”“神经感觉损伤”“腕管综合征”为检索词,外文文献以“hand-transmitted vibration”“hand arm vibration disease”“vibration-induced white finger”“neurosensory impairment”“carpal tunnel syndrome”为检索词,再根据需要选择扩展词进行检索。

1.2 文献及数据筛选

纳入标准:(1)公开发表的有关 HAVD 的横断面研究、病例对照研究和队列研究;(2)经专业人员确诊为 HAVD 的患者。

排除标准:(1)非中、英文的文献;(2)非职业性 HAVD 患者以及暴露于非手传振动患者的文献;(3)无法获取原始数据的文献;(4)动物实验的文献;(5)综述;(6)关于研究疾病的发病机制、临床诊断、治疗以及干预的文献。

1.3 结局指标

振动性白指、神经感觉损伤、腕管综合征。

1.4 质量评价和资料提取

1.4.1 质量评价 使用纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)评估队列研究和病例对照研究质量,采用美国卫生保健研究和质量机构(Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ)质量评价标准评价横断面研究质量。NOS 包含 3 个板块 8 个条目,从研究人群、可比性、暴露评价和结果进行评价,5~9 分可认为文献质量好;AHRQ 质量评价标准中包含 11 个条目(回答分为“是”“否”“不清楚”),评分 ≤ 3 分的文献质量低,4~7 分的文献质量中等,8~11 分的文献质量较高。

1.4.2 资料提取 为保证提取数据的准确性,由 2 名研究者独立提取数据,若出现分歧,则与第 3 名研究者讨论决定,将所有提取的数据录入 Microsoft Excel 2019 数据表格中。本次研究所提取的内容包括文献第一作者、发表时间、研究类型、研究对象、结局指标等。

1.5 统计学分析

使用 Note express 3.4 软件管理检索的文献,采用 RevMan 5.4.1 软件对纳入研究的效应量进行 meta 分析。使用 Q 检验法(检验水准 $\alpha=0.10$)来检验各研究

效应量的异质性, 导致性的大小可以用 I^2 统计量来判定, 如果各个独立研究的结果不存在异质性 ($P > 0.10$, $I^2 < 50\%$), 可以采用固定效应模型计算合并后的综合效应, 当各研究间存在统计学异质性 ($P \leq 0.10$, $I^2 \geq 50\%$), 采用随机效应模型, 并进行亚组分析。以各研究的 OR 为横坐标, 以 $SE(\lg OR)$ 为纵坐标做漏斗图, 通过漏斗图的对称性来观察是否存在发表偏倚。在 Stata 16.0 软件中, 采用随机效应模型对纳入的文献进行敏感性分析, 对发表时间、研究类型、工龄、总作业时间、每日振动暴露量为单一协变量进行 meta 回归, 以探索研究间的异质性, 若 $P < 0.05$ 则表明该协变量是研究间异质性来源之一。

2 结果

2.1 文献检索结果

共检索到 734 篇文献, 其中中文 383 篇(中国知网 184 篇、万方 199 篇), 英文 351 篇(PubMed 333 篇、手动检索 18 篇); 手动检索的文献是指以前拜读过的文献(初次检索未查到)和论文撰写过程中更新的文献。使用 Note express 3.4 剔除重复文献(106 篇)后得到 628 篇文献, 阅读题目及摘要后对文献进行初筛, 得到 156 篇文献。阅读全文并排除部分文献后, 最终 34 篇被纳入 meta 分析。文献筛选流程见图 1。

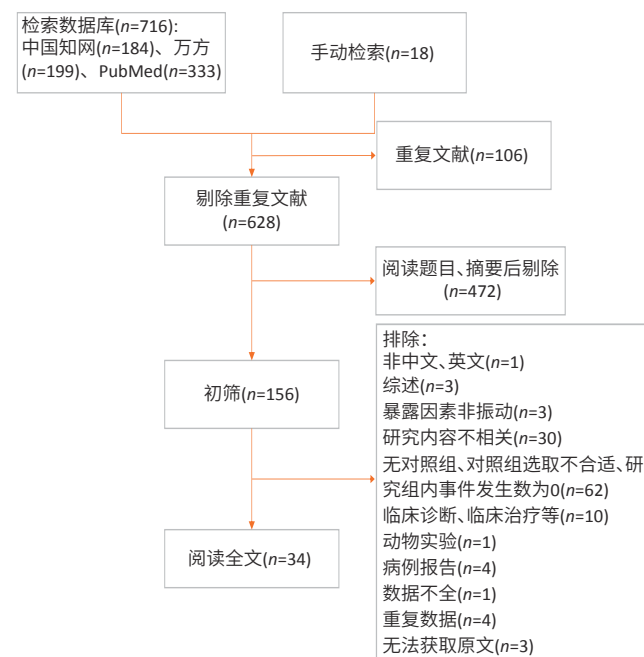


图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Flow chart of literature screening

2.2 文献质量评价结果

在纳入的 34 篇文献中, 使用 NOS 评价的队列研

究和病例对照研究文献里有 9 篇文献质量高^[3-11], 其中包括 1 个病例对照研究^[10], 文献质量高(病例具有代表性、对照选择合理、对照组无研究对疾病、病例与对照可比、暴露的评估有可靠的记录、病例与对照的调查方法相同, 总记 7 分); 使用 AHRQ 质量评价标准评价的横断面研究文献中有 6 篇文献质量高^[12-17], 16 篇文献质量中等^[18-33], 3 篇文献质量较低^[34-36]。队列研究和横断面研究的质量评估结果分别见表 1、表 2。

表 1 队列研究的质量评估得分(使用 NOS)

Table 1 Quality assessment scores of cohort studies (using NOS)

研究	暴露队 列的代表 性	非暴露 队列的代 表性	暴露的 确定	研究开 始是否 患研究的 疾病	可比性	结果测 定方法	随访时 间长短	随访的 完整性	评分
Kivekäs 等, 1994 ^[3]	1	0	1	0	2	1	1	0	6
Bovenzi 等, 2008 ^[4]	1	1	1	1	2	1	0	1	8
Bovenzi 等, 2019 ^[5]	1	1	1	1	2	1	1	0	8
Bovenzi 等, 2011 ^[6]	1	0	1	1	2	1	0	1	7
Edlund 等, 2014 ^[7]	1	1	1	0	2	1	1	0	7
Bovenzi 等, 2000 ^[8]	1	0	1	1	2	1	1	0	7
Sandén 等, 2010 ^[9]	1	0	1	1	2	1	1	1	8
Bovenzi 等, 2011 ^[11]	1	0	1	1	2	1	1	0	7

[注] 0=不满足; 1 或 2=满足, 其中 1 表示该条目得 1 分, 2 表示该条目得 2 分。

2.3 手传振动对振动性白指、神经感觉损伤、腕管综合征影响的 meta 分析结果

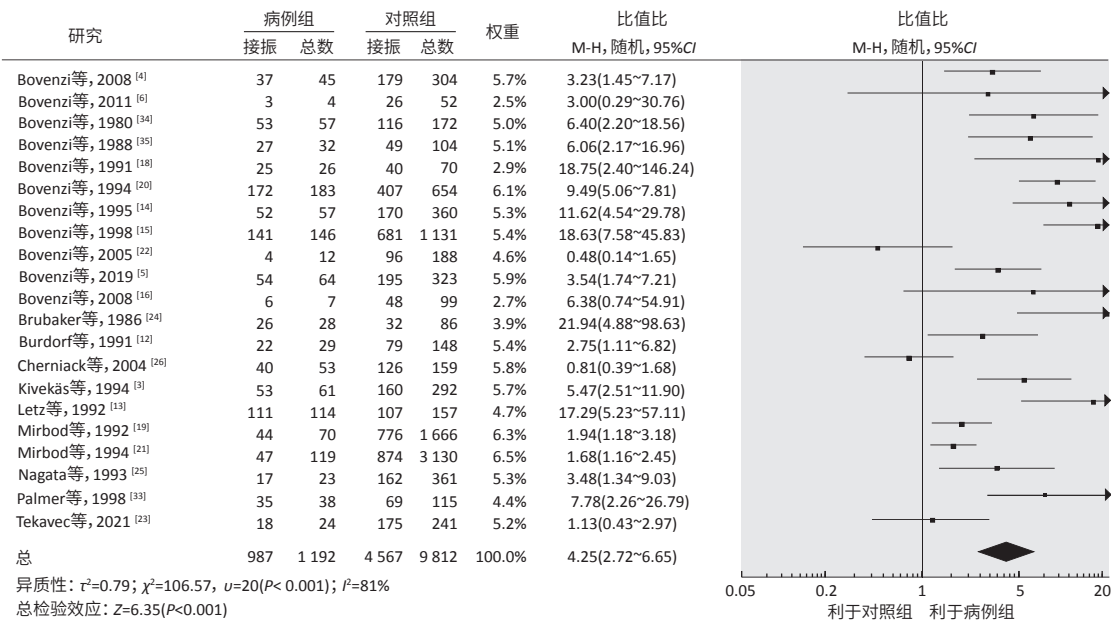
对 21 篇研究振动性白指的文献^[3-6, 12-16, 18-26, 34-35]作定量分析, 其中病例组 1 192 例, 对照组 9 812 例, 见图 2。异质性检验结果显示 $P < 0.001$, $I^2=81\%$, 认为异质性较大, 使用随机效应模型计算合并效应值, 结果显示 $Z=6.35$ ($OR=4.25$, $95\%CI: 2.72\sim 6.65$), $P < 0.001$, 差异有统计学意义, 可以认为手传振动是导致振动性白指的危险因素, 职业工人长期接触振动可能诱发振动性白指。

对 20 篇报道神经感觉损伤的文献^[6-7, 13, 20-23, 26-32, 34-36]进行分析, 其中病例组 1 984 例, 对照组 4 286 例, 见图 3。异质性检验结果显示 $P < 0.001$, $I^2=90\%$, 认为异质性不可忽略, 遂使用随机效应模型合并效应量, 最终结果显示 $Z=5.53$ ($OR=4.03$, $95\%CI: 2.46\sim 6.61$), $P < 0.001$, 差异有统计学意义, 可认为手传振动是导致神经感觉损伤的危险因素, 长期接触振动可能导致职业工人上肢神经感觉损伤。

表 2 横断面研究的质量评估得分(使用 AHRQ 量表)
Table 2 Quality assessment scores of cross-sectional studies (using AHRQ scale)

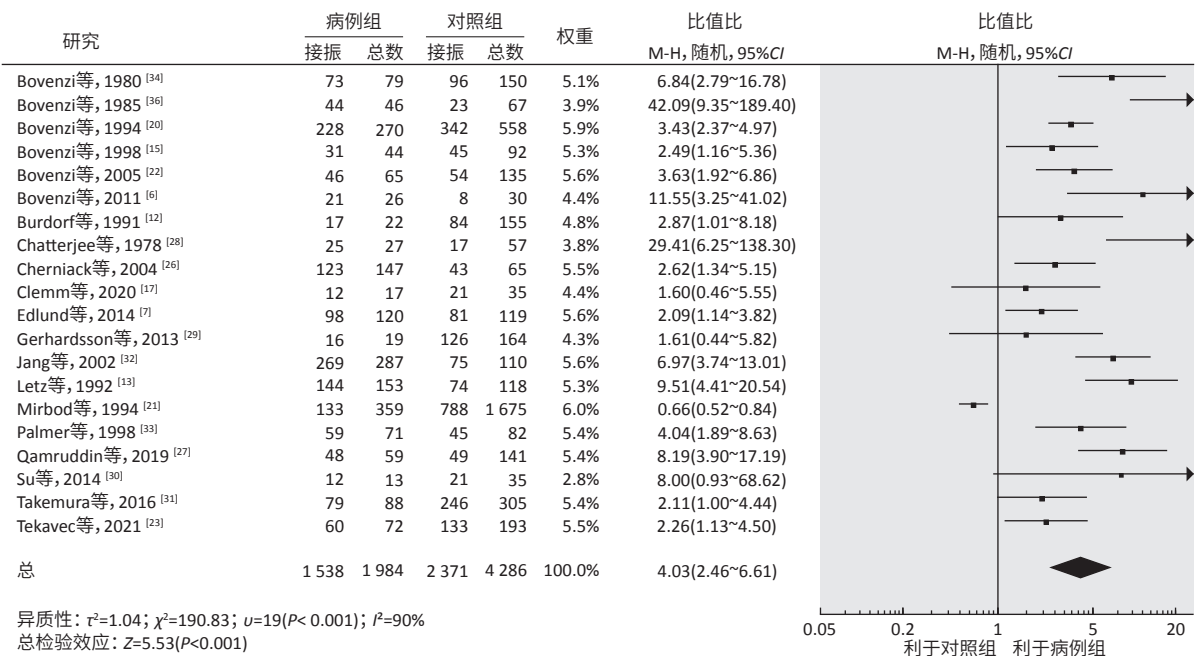
研究	资料来源	纳排标准	鉴别患者的时间阶段	研究对象是否连续	是否掩盖研究对象其他情况	为保证质量进行的评估	排除分析患者的理由	控制混杂	处理丢失数据	应答率、完整性	随访结果	评分
Burdorf 等, 1991 ^[12]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Letz 等, 1992 ^[13]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Bovenzi 等, 1995 ^[14]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Bovenzi 等, 1998 ^[15]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Bovenzi 等, 2008 ^[16]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Clemm 等, 2020 ^[17]	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	8
Bovenzi 等, 1991 ^[18]	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	4
Mirbod 等, 1992 ^[19]	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	5
Bovenzi 等, 1994 ^[20]	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	6
Mirbod 等, 1994 ^[21]	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
Bovenzi 等, 2005 ^[22]	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	6
Tekavec 等, 2021 ^[23]	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	7
Brubaker 等, 1986 ^[24]	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	5
Nagata 等, 1993 ^[25]	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	7
Cherniack 等, 2004 ^[26]	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	6
Qamruddin 等, 2019 ^[27]	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	7
Chatterjee 等, 1978 ^[28]	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	7
Gerhardsson 等, 2013 ^[29]	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	7
Su 等, 2014 ^[30]	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	5
Takemura 等, 2016 ^[31]	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	7
Jang 等, 2002 ^[32]	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	4
Palmer 等, 1998 ^[33]	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	7
Bovenzi 等, 1980 ^[34]	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Bovenzi 等, 1988 ^[35]	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3
Bovenzi 等, 1985 ^[36]	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3

[注] 0=不满足; 1=满足, 该条目得 1 分。



[注] M-H: Mantel-Haenszel 法。

图 2 有关振动性白指文献的森林图
Figure 2 Forest plot of literature on vibration-induced white finger

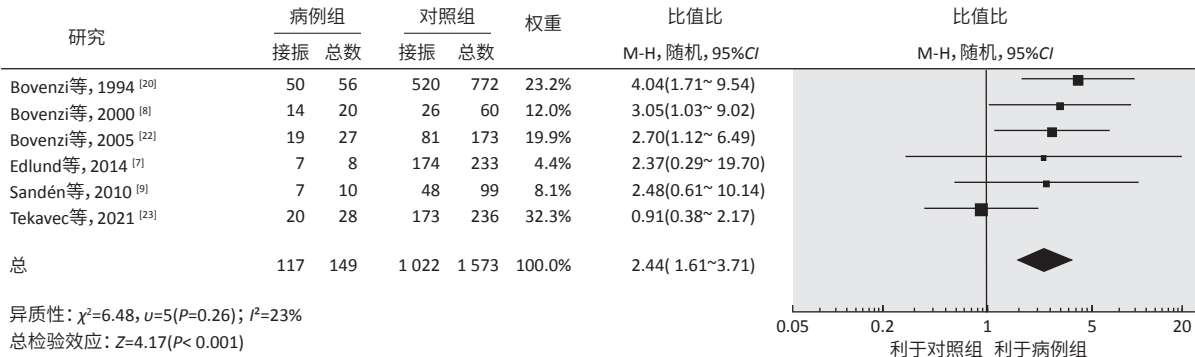


[注] M-H: Mantel-Haenszel 法。

图 3 有关神经感觉损伤文献的森林图
Figure 3 Forest plot of literature on neurosensory impairment

6 篇文献报道了腕管综合征^[7-9, 20, 22-23], 病例组 149 例, 对照组 1 573 例, 见图 4。异质性检验结果显示 $P<0.001$, $I^2=23\%$, 认为异质性可以忽略, 遂使用固

定效应模型合并效应量, 最终结果显示 $Z=4.17(OR=2.44, 95\%CI: 1.61\sim3.71)$, $P<0.001$, 差异有统计学意义, 可认为手传振动是导致腕管综合征的危险因素。



[注] M-H: Mantel-Haenszel 法。

图 4 有关腕管综合征文献的森林图
Figure 4 Forest plot of literature on carpal tunnel syndrome

2.4 亚组分析

根据职业接触工人的工龄、总作业时间、每日振动暴露量(测试仪运行 8 h 的每日暴露量)对相关文献进行分类并分析。在振动性白指相关的 21 篇文献中, 16 篇报道了职业手传振动接触年限^[3-5, 10, 12-16, 18-22, 25-27], 7 篇报道了总作业时间^[4-5, 15-16, 18, 33, 35], 10 篇报道了每日振动暴露量^[4-6, 11, 14-16, 20-22]; 在神经感觉损伤相关的 20 篇文献中, 10 篇报道了工龄^[12-13, 17, 20-22, 26, 30-31, 35], 5 篇报道了总作业时间^[19, 26, 31, 33, 35], 5 篇报道了每日振动暴露量^[11, 17, 20, 27, 30]。

工龄在 <10 、 $10\sim20$ 年时, 振动性白指的合并 OR 分别是 2.15、4.94($P<0.05$); 神经感觉损伤的合并 OR 分别是 3.84、2.69($P<0.05$)。总作业时间在 <6000 、 $6000\sim12000$ 、 ≥12000 h 时, 振动性白指的合并 OR 分别是 6.62、6.93、8.53($P<0.05$); 总作业时间在 <6000 、 $6000\sim12000$ 时, 神经感觉损伤的合并 OR 分别是 1.28、4.97、4.80($P<0.05$)。每日振动暴露量在 <2.5 、 $2.5\sim5.0$ 、 $\geq5.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 时, 振动性白指的合并 OR 分别是 3.11、4.88、10.90($P<0.05$); 每日振动暴露量在 $\geq5.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ 时, 神经感觉损伤的合并 OR 为 4.07($P<0.05$)。见表 3。

表 3 不同亚组振动性白指、神经感觉损伤的优势比

Table 3 Odds ratios of vibration-induced white finger and neurosensory impairment in different subgroups

亚组	振动性白指				神经感觉损伤			
	文献数	OR(95%CI)	Z	P	文献数	OR(95%CI)	Z	P
工龄/年								
< 10	4	2.15 (0.95~5.11)	1.72	0.08	3	3.84 (2.45~6.02)	5.85	< 0.001
10~20	11	4.94 (2.96~8.26)	6.09	< 0.001	7	2.69 (0.98~7.41)	1.92	0.05
≥ 20	5	2.01 (0.78~5.18)	1.44	0.15	2	1.31 (0.35~4.89)	0.40	0.69
总作业时间/h								
< 6000	2	6.62 (1.10~39.69)	2.07	0.04	1	1.28 (0.58~2.81)	0.60	0.55
6000~12000	4	6.93 (2.32~20.67)	3.47	< 0.001	1	4.97 (2.22~11.12)	3.91	< 0.001
≥ 12000	5	8.53 (2.44~29.74)	3.36	< 0.001	5	4.80 (2.14~10.75)	3.81	< 0.001
每日振动暴露量/(m·s ⁻²)								
< 2.5	3	3.11 (0.87~11.17)	1.74	0.08	2	1.96 (0.21~18.36)	0.59	0.56
2.5~5.0	8	4.88 (2.16~11.03)	3.81	< 0.001	3	3.65 (0.42~31.84)	1.17	0.24
≥ 5.0	5	10.90 (3.75~31.68)	4.39	< 0.001	3	4.07 (1.36~12.19)	2.51	0.01

2.5 发表偏倚

振动性白指的研究大多分布在漏斗图顶部,散点图大致呈一个对称的倒置漏斗图形状,表明存在发表偏倚的可能性不高,见图 5A。在报道了神经感觉损伤的研究的散点图中,可见图形明显不对称,提示可能存在发表偏倚,见图 5B。有关腕管综合症的散点图非完全对称,但纳入的文献较少,需要更多的研究证明,见图 5C。

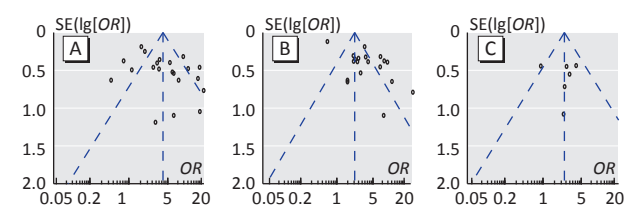


图 5 有关振动性白指 (A)、神经感觉损伤 (B)、腕管综合征 (C) 的文献发表偏倚的漏斗图

Figure 5 Funnel plots of potential publication bias in literature on vibration-induced white finger (A), neurosensory impairment (B), and carpal tunnel syndrome (C)

2.6 敏感性分析结果

从图 6、图 7 中的结果可以看出,去除任何一项研究对总效应量影响都不大,meta 分析合并后的结果不发生本质性改变,可认为本次研究结果有较好的稳定性和可靠性。由于腕管综合症的异质性较低,因此不必做敏感性分析。

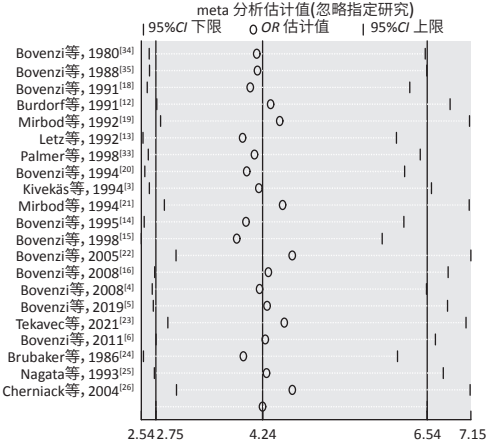


图 6 有关振动性白指的文献的敏感性分析图
Figure 6 Sensitivity analysis of literature on vibration-induced white finger

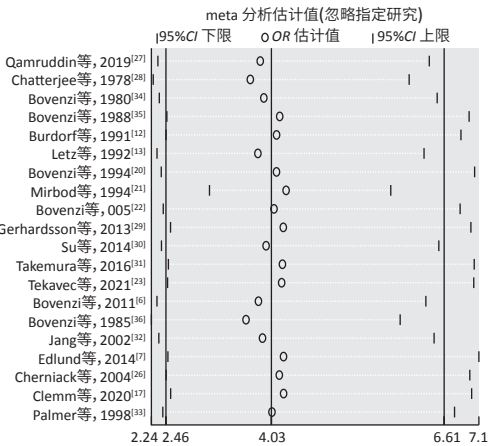


图 7 有关神经感觉损伤文献的敏感分析图
Figure 7 Sensitivity analysis of literature on neurosensory impairment

2.7 meta 回归分析结果

分析结果显示,在纳入振动性白指的文献里,发表时间是影响研究间高异质性的主要原因($P<0.05$);工龄是影响神经感觉损伤研究间高异质性的主要原因($P<0.05$),见表 4。

表 4 振动性白指、神经感觉损伤的 meta 回归结果
Table 4 Meta-regression results of vibration-induced white finger and neurosensory impairment

影响因素	振动性白指		神经感觉损伤	
	t	p	t	p
发表年份	-2.10	0.049	-1.50	0.151
研究类型	-0.22	0.825	0.12	0.909
工龄	-0.74	0.472	-2.40	0.032
总作业时间	-1.56	0.153	0.46	0.655
每日振动暴露量	1.70	0.117	0.07	0.947

3 讨论

国内外对 HAVD 的相关 meta 分析较少,为了增大样本量并提高效应量的估计精度,本研究采用 meta 分析方法对手传振动与职业工人手部症状的风险进行定量综合分析。

2017 年 Nilsson 等^[37]对 HAVD 的外文文献进行分析,其 $OR(95\%CI)$ 是 $4.32(3.05\sim6.12)$,该研究中手传振动和振动性白指的相关性与本次研究结果较一致。宫曼漫等^[38]首次对振动性白指的文献进行 meta 分析,研究中二者的危险性稍低($RR=2.89,95\%CI: 2.63\sim3.16$),差异的原因可能是:宫曼漫等^[38]的研究中纳入的文献类型为横断面研究和队列研究,使用 RR 描述其危险性,而本次研究使用 OR ,可能会高估 RR 值;另外,该研究的纳入对象包含中国患者,因此研究结果差异可能是研究人群的不同所致。由于纳入的研究存在较高异质性,此前研究也从职业接触年限、总作业时间、每日振动暴露量三个方面进行亚组分析^[37],与之不同的是本次研究对不同的暴露剂量进行了分组分析,结果显示,手传振动与工人患振动性白指的相关性随工龄、总作业时间、每日振动暴露量的增大而增大。Nilsson 等^[37]认为每日振动暴露量是其异质性来源,而本次研究认为发表时间是其异质性来源,其原因可能是此前的研究未将发表时间纳入 meta 回归模型,且随着工厂对手传振动病有了深刻认知、宣传和防护后,在之后的研究中研究对象的发病率也在逐年下降。

本次研究神经感觉损伤的总 OR 为 $4.03(95\%CI: 2.46\sim6.61)$,与之前研究中结果($OR=4.56,95\%CI: 3.29\sim6.33$)^[37]相比略低,认为手传振动与神经感觉损伤存在

相关性,异质性检验结果显示存在异质性,通过亚组分析进一步探讨异质性来源。与 Nilsson 等^[37]的研究不同的是,此次发现手传振动与工人神经感觉损伤的相关性随每日振动暴露量的增大而增大,与工龄小于 10 年的相关性最高。在使用 Stata 16.0 软件进一步探索异质性来源时,发现工龄是影响研究间高异质性的主要因素,其可能的原因是 Mirbod 等^[21]的效应量估计值小于 1,提示在该研究中手传振动是手臂振动病的保护因素,这与逻辑不符。

腕管综合征的总 OR 为 $2.44(1.61\sim3.71)$,比之前文献中的结果($OR=2.93,95\%CI: 1.74\sim4.95$)^[37]略低,其差异不明显,异质性($P<0.001, I^2=23\%$)较低,可忽略。本次研究只收集到 6 篇有关腕管综合征的文献,若进行 meta 分析可能得到不准确的结果,因此仍需要大样本量来支持有关的结论。

本研究存在以下局限性:(1)本次研究纳入的队列研究较少,因此不能评估手传振动与 HAVD 的危险性;(2)根据 meta 分析得到的相关结论仍需要更多的样本量来支持;(3)纳入的参考文献中人口统计学特征不完善,因而没有对年龄、地区等进行亚组分析;(4)此次纳入分析的文献全部是英文文献,可能引入语言偏倚;(5)除此之外,虽然本研究尽可能收集了国内外关于手臂振动和工人 HAVD 影响的文献,但国内相关研究不足,因此研究对象可能存在选择偏倚。

综上,手传振动是导致工人上肢末梢循环障碍和神经系统损伤的相关因素,暴露时间长和振动暴露量高都可能诱发 HAVD。由于此病目前损伤机制不明,且尚无特效药,因此,今后可以对 HAVD 的损伤机制进行重点研究,积极对待 HAVD 的早期预防。

参考文献

[1] BOVENZI M. Health effects of mechanical vibration[J]. G Ital Med Lav Ergon, 2005, 27(1): 58-64.
[2] MIRBOD SM, YOSHIDA H, JAMALI M, et al. Assessment of hand-arm vibration exposure among traffic police motorcyclists[J]. Int Arch Occup Environ Health, 1997, 70(1): 22-28.
[3] KIVEKÄS J, RIIHIMÄKI H, HUSMAN K, et al. Seven-year follow-up of white-finger symptoms and radiographic wrist findings in lumberjacks and referents[J]. Scand J Work Environ Health, 1994, 20(2): 101-106.
[4] BOVENZI M, D'AGOSTIN F, RUI F, et al. A longitudinal study of finger systolic blood pressure and exposure to hand-transmitted vibration[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2008, 81(5): 613-623.
[5] BOVENZI M, PINTO I, PICCIOLO F. Risk assessment of vascular disorders by a supplementary hand-arm vascular weighting of hand-transmitted vibration[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2019, 92(1): 129-139.
[6] 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.
- [7] EDLUND M, BURSTRÖM L, GERHARDSSON L, et al. A prospective cohort study investigating an exposure-response relationship among vibration-exposed male workers with numbness of the hands[J]. *Scand J Work Environ Health*, 2014, 40(2): 203-209.
- [8] BOVENZI M, GIANNINI F, ROSSI S. Vibration-induced multifocal neuropathy in forestry workers: electrophysiological findings in relation to vibration exposure and finger circulation[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2000, 73(8): 519-527.
- [9] SANDÉN H, JONSSON A, WALLIN B G, et al. Nerve conduction in relation to vibration exposure - a non-positive cohort study[J]. *J Occup Med Toxicol*, 2010, 5: 21.
- [10] GILLIBRAND S, NTANI G, COGGON D. Do exposure limits for hand-transmitted vibration prevent carpal tunnel syndrome?[J]. *Occup Med (Lond)*, 2016, 66(5): 399-402.
- [11] BOVENZI M, PINTO I, PICCIOLO F, et al. Frequency weightings of hand-transmitted vibration for predicting vibration-induced white finger[J]. *Scand J Work Environ Health*, 2011, 37(3): 244-252.
- [12] BURDORF A, MONSTER A. Exposure to vibration and self-reported health complaints of riveters in the aircraft industry[J]. *Ann Occup Hyg*, 1991, 35(3): 287-298.
- [13] LETZ R, CHERNIACK M G, GERR F, et al. A cross sectional epidemiological survey of shipyard workers exposed to hand-arm vibration[J]. *Br J Ind Med*, 1992, 49(1): 53-62.
- [14] BOVENZI M, FRANZINELLI A, MANCINI R, et al. Dose-response relation for vascular disorders induced by vibration in the fingers of forestry workers[J]. *Occup Environ Med*, 1995, 52(11): 722-730.
- [15] BOVENZI M. Vibration-induced white finger and cold response of digital arterial vessels in occupational groups with various patterns of exposure to hand-transmitted vibration[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1998, 24(2): 138-144.
- [16] BOVENZI M, D'AGOSTIN F, RUI F, et al. Salivary endothelin and vascular disorders in vibration-exposed workers[J]. *Scand J Work Environ Health*, 2008, 34(2): 133-141.
- [17] CLEMM T, FAERDEN K, ULVESTAD B, et al. Dose-response relationship between hand-arm vibration exposure and vibrotactile thresholds among roadworkers[J]. *Occup Environ Med*, 2020, 77(3): 188-193.
- [18] BOVENZI M, ZADINI A, FRANZINELLI A, et al. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration[J]. *Ergonomics*, 1991, 34(5): 547-562.
- [19] MIRBOD S M, YOSHIDA H, NAGATA C, et al. Hand-arm vibration syndrome and its prevalence in the present status of private forestry enterprises in Japan[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 1992, 64(2): 93-99.
- [20] BOVENZI M. Hand-arm vibration syndrome and dose-response relation for vibration induced white finger among quarry drillers and stonecarvers. Italian study group on physical hazards in the stone industry[J]. *Occup Environ Med*, 1994, 51(9): 603-611.
- [21] MIRBOD S M, INABA R, IWATA H. Operating hand-held vibrating tools and prevalence of white fingers[J]. *Nagoya J Med Sci*, 1994, 57 Suppl: 173-183.
- [22] BOVENZI M, VEDOVA A D, NATALETTI P, et al. Work-related disorders of the upper limb in female workers using orbital sanders[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2005, 78(4): 303-310.
- [23] TEKAVEC E, LÖFQVIST L, LARSSON A, et al. Adverse health manifestations in the hands of vibration exposed carpenters - a cross sectional study[J]. *J Occup Med Toxicol*, 2021, 16(1): 16.
- [24] BRUBAKER R L, MACKENZIE C J, HUTTON S G. Vibration-induced white finger among selected underground rock drillers in British Columbia[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1986, 12(4): 296-300.
- [25] NAGATA C, YOSHIDA H, MIRBOD S M, et al. Cutaneous signs (Raynaud's phenomenon, sclerodactylia, and edema of the hands) and hand-arm vibration exposure[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 1993, 64(8): 587-591.
- [26] CHERNIACK M, MORSE T F, BRAMMER A J, et al. Vibration exposure and disease in a shipyard: a 13-year revisit[J]. *Am J Ind Med*, 2004, 45(6): 500-512.
- [27] QAMRUDDIN A A, NIK H N, SIDEK M Y, et al. Prevalence of hand-arm vibration syndrome among tyre shop workers in Kelantan, Malaysia[J]. *J Occup Health*, 2019, 61(6): 498-507.
- [28] CHATTERJEE D S, PETRIE A, TAYLOR W. Prevalence of vibration-induced white finger in fluorspar mines in Weardale[J]. *Br J Ind Med*, 1978, 35(3): 208-218.
- [29] GERHARDSSON L, BURSTRÖM L, HAGBERG M, et al. Quantitative neurosensory findings, symptoms and signs in young vibration exposed workers[J]. *J Occup Med Toxicol*, 2013, 8(1): 8.
- [30] SU A T, MAEDA S, FUKUMOTO J, et al. A cross sectional study on hand-arm vibration syndrome among a group of tree fellers in a tropical environment[J]. *Ind Health*, 2014, 52(4): 367-376.
- [31] TAKEMURA S, YOSHIMASU K, TSUNO K, et al. Associations between anthropometric factors and peripheral neuropathy defined by vibrotactile perception threshold among industrial vibrating tool operators in Japan[J]. *J Occup Health*, 2016, 58(2): 145-154.
- [32] JANG J Y, KIM S, PARK S K, et al. Quantitative exposure assessment for shipyard workers exposed to hand-transmitted vibration from a variety of vibration tools[J]. *AIHA J (Fairfax, Va)*, 2002, 63(3): 305-310.
- [33] PALMER K, CRANE G, INSKIP H. Symptoms of hand-arm vibration syndrome in gas distribution operatives[J]. *Occup Environ Med*, 1998, 55(10): 716-721.
- [34] BOVENZI M, PETRONIO L, DI MARINO F. Epidemiological survey of shipyard workers exposed to hand-arm vibration[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 1980, 46(3): 251-266.
- [35] BOVENZI M, FRANZINELLI A, STRAMBI F. Prevalence of vibration-induced white finger and assessment of vibration exposure among travertine workers in Italy[J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 1988, 61(1/2): 25-34.
- [36] BOVENZI M, GIANISANTE C, FIORITO A, et al. Relation of haemostatic function, neurovascular impairment, and vibration exposure in workers with different stages of vibration induced white finger[J]. *Br J Ind Med*, 1985, 42(4): 253-259.
- [37] NILSSON T, WAHLSTRÖM J, BURSTRÖM L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases-A systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2017, 12(7): e0180795.
- [38] 宫漫漫, 周杰, 杨秋月, 等. 职业性手传振动对作业人员心血管系统影响的Meta分析[J]. *工业卫生与职业病*, 2015, 41(5): 321-324, 329.
- GONG M M, ZHOU J, YANG Q Y, et al. Effects of occupational hand-transmitted vibration on cardiovascular system: a Meta-analysis[J]. *Ind Health Occup Dis*, 2015, 41(5): 321-324, 329.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)