

某轨道客车装配车间工人工作相关肌肉骨骼疾患工效学干预研究

董一丹¹, 姜萍¹, 彭毓¹, 金旭¹, 金宪宁¹, 黄文初¹, 张忠彬², 王莹³, 何丽华¹

1. 北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系, 北京 100191
2. 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心, 北京 102308
3. 中车长春轨道客车股份有限公司, 吉林 长春 130062

摘要：

[背景] 工作相关肌肉骨骼疾患(WMSDs)发生于多种职业人群中。因其给机体带来的多种不适及造成的严重疾病负担, 已经成为职业健康领域值得关注的重要问题。如何预防和控制 WMSDs 是亟待解决的公共卫生问题之一。

[目的] 评估采用工效学培训联合梯凳改善措施对某轨道客车制造业装配车间工人 WMSDs 的干预效果, 为 WMSDs 的预防控制提供科学依据。

[方法] 采用方便抽样的方法, 于 2017 年 8—12 月选择某轨道客车企业 250 名装配车间工人, 应用“中国肌肉骨骼疾患问卷”进行流行病学调查, 使用“工效学检查要点”进行现场工效学检查并进行工人访谈。根据以上调查结果, 于 2018 年 9 月至 2019 年 2 月在装配车间实施为期 6 个月的梯凳改善联合工效学培训的干预。通过干预前后的横断面调查结果进行干预效果的评估。干预效果包括干预前后工人 WMSDs 认知水平、工效学负荷暴露水平和 WMSDs 症状发生情况, 其中 WMSDs 症状强度、症状持续时间、症状发生频率评分从低到高分别以 0~10、1~4、1~5 分评定。

[结果] 干预后, 装配车间工人对 WMSDs 类型、影响部位、影响因素、预防措施和疾患症状的认知率均有上升, 分别从 52.3%、51.9%、25.5%、19.1%和 51.5%上升到 68.5%、61.3%、48.1%、40.9%和 61.3% ($P < 0.05$)。干预后, 装配车间工人“头部频繁后仰”项中“经常”的比例由 34.6%降至 21.8%, “长时间保持身体后仰”项中“经常”的比例由 26.6%降至 15.0%, “手臂频繁举起”项中“从不”的比例由 3.4%升至 9.0% ($P < 0.05$)。干预后, 装配车间工人颈、肩、上背、下背、肘、手/腕、臀/腿、膝和踝/足部的症状强度评分均有下降, 中位数大多由 6 分下降到 3 分 ($P < 0.05$); 症状持续时间评分仅颈部有所下降 ($P < 0.05$), 其余部位干预前后差异无统计学意义; 下背、手/腕和臀/腿部的症状发生频率评分的中位数由 3 分下降到 2 分 ($P < 0.05$)。

[结论] 对客车制造业装配工人实施为期 6 个月的工作场所梯凳改善结合工效学培训的干预, 可提高作业工人 WMSDs 相关知识的认知水平, 降低其不良姿势的暴露频率以及 WMSDs 的症状强度、症状持续时间和症状发生频率。

关键词：工作相关肌肉骨骼疾患; 制造业; 症状发生率; 危险因素; 认知; 干预

Study on ergonomic intervention to relieve work-related musculoskeletal disorders among assembly workers in a railway vehicle manufacturing enterprise DONG Yidan¹, JIANG Ping¹, PENG Yu¹, JIN Xu¹, JIN Xianning¹, HUANG Wenchu¹, ZHANG Zhongbin², WANG Ying³, HE Lihua¹ (1. Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China; 2. National Center for Occupational Safety and Health, NHC, Beijing 102308, China; 3. CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun, Jilin 130062, China)

Abstract:

[Background] Work-related musculoskeletal diseases (WMSDs) occur in a variety of occupational populations. Because of their various discomfort and serious disease burden, they have become an important issue worthy of attention in the field of occupational health. The prevention and control of WMSDs is one of the public health problems to be solved.

[Objective] To evaluate the intervention effect on WMSDs among assembly workers in a railway



DOI 10.11836/JEOM22011

组稿专家

何丽华(北京大学公共卫生学院), E-mail: alihe2009@126.com

基金项目

十三五国家重点研发计划课题(2016YFC0801700)

作者简介

董一丹(1994—), 女, 博士生;
E-mail: dongyidan@bjmu.edu.cn

通信作者

何丽华, E-mail: alihe2009@126.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2022-01-18

录用日期 2022-04-19

文章编号 2095-9982(2022)06-0609-08

中图分类号 R135

文献标志码 A

补充材料

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM22011

引用

董一丹, 姜萍, 彭毓, 等. 某轨道客车装配车间工人工作相关肌肉骨骼疾患工效学干预研究 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(6): 609-616.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM22011

Funding

This study was funded.

Correspondence to

HE Lihua, E-mail: alihe2009@126.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2022-01-18

Accepted 2022-04-19

Supplemental material

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM22011

To cite

DONG Yidan, JIANG Ping, PENG Yu, et al. Study on ergonomic intervention to relieve work-related musculoskeletal disorders among assembly workers in a railway vehicle manufacturing enterprise[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(6): 609-616.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM22011

vehicle manufacturing enterprise, so as to provide scientific basis for the prevention and control of WMSDs.

[Methods] A total of 250 assembly workers in a railway vehicle manufacturing enterprise were selected using convenience sampling from August to December 2017. The Chinese Musculoskeletal Questionnaire was used for epidemiological investigation, and the Ergonomic Checkpoints was used for ergonomic inspection and worker interview. According to the above survey results, a six-month intervention plan including stepladder improvement and ergonomics training were implemented in the assembly workshop from September 2018 to February 2019. The intervention effects including the awareness of WMSDs, the exposure level of ergonomic load, and the occurrence of WMSDs symptoms were evaluated with relevant cross-sectional survey results before and after the intervention. The scores of WMSDs symptom intensity, symptom duration, and symptom frequency from low to high were 0-10, 1-4, and 1-5, respectively.

[Results] After the intervention, the awareness rates of assembly workers on WMSDs types, affected body sites, influencing factors, preventive measures, and symptoms all increased from 52.3%, 51.9%, 25.5%, 19.1%, and 51.5% to 68.5%, 61.3%, 48.1%, 40.9%, and 61.3%, respectively ($P < 0.05$). After the intervention, the proportion of assembly workers who "often" bend their head backwards frequently decreased from 34.6% to 21.8%, the proportion who "often" keep their trunk backward for a long time decreased from 26.6% to 15.0%, and the proportion who "never" raise their arms frequently increased from 3.4% to 9.0% ($P < 0.05$). After the intervention, the scores of WMSDs symptom intensity in neck, shoulders, upper back, low back, elbows, hands/wrists, hips/thighs, knees, and ankles/feet all decreased, and the medians were mostly decreased from 6 to 3 ($P < 0.05$); the scores of WMSDs symptom duration only decreased in neck ($P < 0.05$) and there was no significant difference in the other body sites before and after the intervention; the median scores of WMSDs symptom frequency in low back, hands/wrists, and hips/thighs decreased from 3 to 2 ($P < 0.05$).

[Conclusion] The six-month intervention of stepladder improvement and ergonomics training among assembly workers in a railway vehicle manufacturing enterprise can improve workers' awareness of WMSDs, and reduce the exposure frequency of awkward postures and the intensity, duration, and frequency of WMSDs symptoms.

Keywords: work-related musculoskeletal diseases; manufacturing enterprise; prevalence; risk factor; cognition; intervention

工作相关肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)通常是多病因导致的慢性累积性疾病,是职业人群常见的健康问题,尤其在劳动密集型行业^[1-2]。发达国家 WMSDs 影响到了半数以上的职业人群,是职工因病缺勤和工作能力降低的主要原因,给个人和社会造成了沉重的经济负担^[3-4]。《健康中国行动(2019—2030 年)》针对相关我国职业人群的 WMSDs,明确提出了健康保护措施及建议^[5],强调了预防与控制 WMSDs 在职业健康保护行动中的重要性。针对职业人群 WMSDs 多发的问题,除加强高质量的人群调查和开展相关机制研究外,有针对性的干预及预防是降低此类疾患发生和促进职业人群健康的重要手段,同时也是目前亟待解决的问题之一。国外多项研究表明工效学干预如工作站改善、工效学培训、工作轮换和参与式工效学等干预方式对于预防和控制 WMSDs 的发生有效果,特别是多方面措施的干预研究^[6-12]。国内关于 WMSDs 的研究起步较晚,且多集中于现状调查和影响因素研究,对职业人群 WMSDs 的干预研究较少。进入 21 世纪后,我国轨道交通装备制造发展迅速,据推算,未来 30 年城际轨道动车需求量将达到或超过 4.5 万辆,平均每年需求量超 1500 辆,但我国轨道交通制造业的生产自动化程度和工效学环境远不如发达国家^[13]。既往流行病学调查结果显示,车辆制造业工人 WMSDs 的症状发生率较高,但国内

外有关 WMSDs 的干预研究主要集中于计算机工作者、医疗工作者和教师,对车辆制造业工人 WMSDs 的干预研究很少^[6-8, 14-17]。本研究基于某轨道客车企业装配车间工人的 WMSDs 的症状发生情况和危险因素制定工效学干预方案,并结合企业实际情况实施工效学培训联合梯凳改善的干预措施,旨在为 WMSDs 的防治提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用方便抽样的方法,以统一的纳入排除标准于 2017 年 8 月至 2019 年 3 月选取我国某轨道客车企业的装配车间工人为研究对象。纳入标准:年龄 ≥ 18.0 岁;当前作业岗位工龄 ≥ 1.0 年;知情同意参与本研究。排除标准:肌肉骨骼系统外伤以及风湿病、结核、肿瘤、自身免疫性疾病、感染性疾病和其他影响肌肉骨骼系统的疾病。本研究经北京大学医学伦理委员会审查批准(IRB00001052-18077)。

1.2 研究方法

本研究于 2017 年 8—12 月对我国某轨道客车企业的装配车间工人进行流行病学调查、现场工效学检查和工人访谈。采用“中国肌肉骨骼疾患问卷”(Chinese Musculoskeletal Questionnaire, CMQ)进行流行病学调查,了解装配工人 WMSDs 流行情况及危险因素,采用

“工效学检查要点”进行工效学检查及辨识,发现作业场所中存在的不良工效学因素,并了解车间生产工艺流程、空间布局、作业过程和作业环境等^[18-19]。在流行病学调查和现场工效学检查基础上,针对存在的不良工效学因素,与工人进行定性访谈。根据上述调查结果,从人-机器-环境-管理等多方面提出有针对性的干预改进方案。干预方案经过相关专家评定后,通过与企业相关部门协商,并结合工人实际情况后选取具体可实施的干预措施,于2018年9月至2019年2月对装配工人进行为期6个月的工效学干预,并于2019年3月开展干预后流行病学调查和评估。

1.2.1 流行病学调查 采用自行设计的CMQ对装配工人进行干预前后流行病学调查,该问卷具有较好的信度和效度^[18]。本研究中,该问卷的Cronbach's α 系数为0.842。CMQ主要包括以下4部分内容:(1)一般人口学特征主要包括性别、年龄、工龄、身高、体重、文化程度、体育锻炼、吸烟和饮酒等情况;(2)工作相关的因素主要包括生物力学因素和社会心理因素,生物力学因素主要询问研究对象在工作过程中身体各部位的静态姿势负荷和动态姿势负荷等情况,具体条目参考既往文献^[18];社会心理因素主要参考“工作内容量表”(Job Content Questionnaire, JCQ),询问工作要求、社会支持和工作控制等情况^[20];(3)肌肉骨骼系统症状,主要参考“北欧肌肉骨骼疾患调查问卷”(Nordic Musculoskeletal Questionnaire, NMQ),询问工人在过去1年内颈、肩、上背、下背、肘、手/腕、臀/腿、膝和踝/足部等部位是否出现疼痛、麻木、不适和活动受限等症状,以及症状发生的强度、持续时间和频率^[18, 21-22]。各部位症状强度的评估采用“视觉模拟量表”(Visual Analogue Scale, VAS),该调查量表要求受试者在10 cm长的直线上标记他们感知到的疼痛不适的程度,从无到最大,分别以0~10分记录^[22];各部位症状持续时间采用4分制评分法:持续时间从<1 d、1~7 d、8~30 d到>1个月依次记作1~4分^[18];各部位症状发生频率采用5分制评分法:从每年1~2次、每季1~2次、每月1~2次、每周1~2次到几乎每天,分别记作1~5分^[18]。本研究WMSDs定义:过去1年内颈、肩、上背、下背、肘、手/腕、臀/腿、膝部和踝/足部9个部位中任何1个部位出现疼痛、不适、麻木或活动受限等症状,并排除外伤、风湿、肿瘤及其他急症或后遗症^[23]。(4)认知水平,主要询问工人对WMSDs疾患类型、影响部位、影响因素、预防措施和症状的了解情况。本研究中,体重指数(body mass index, BMI)为体重(kg)与身高(m)²

之商;其正常范围为18.5~23.9 kg·m⁻², BMI < 18.5 kg·m⁻²为低体重, BMI在24.0~27.9 kg·m⁻²间为超重, BMI ≥ 28.0 kg·m⁻²为肥胖^[24]。

1.2.2 现场工效学检查 “工效学检查要点”是由国际劳工组织和国际工效学学会联合编写,包含132项工效学检查要点,适用于各行业,旨在用于检查工作场所中存在的不良工效学因素,改善工作条件,提供简单可行的解决方案^[19]。本研究结合装配车间实际情况制定符合装配车间工作场所的工效学检查要点,由多名工效学专家和培训过的调查人员对工作场所进行检查并做出标记。检查内容主要包括物料的储存和处理、机械安全、手持工具、工作台设计、照明、有害物质和有害因素、辅助设施以及工作场所存在的其他问题等方面。并针对生产工艺流程、生产布局、作业人员生产操作情况、操作界面、辅助工具和个体工具进行录像和拍照。此外,对操作台面和车底高度等进行测量。

1.2.3 工人访谈 随机对车间管理人员和工人进行访谈,了解工人的健康状况、工作场所中工效学情况、企业管理情况、个体防护情况和车间改善需求等。

1.2.4 干预措施及方法 根据上述调查结果,发现装配车间存在梯凳缺乏且不合适,工人WMSDs的认知率低,工人头部频繁后仰、身体长时间保持后仰和手臂频繁举起等不良姿势问题。针对这些问题,制定工效学干预方案,与企业相关部门协商后,于2018年9月至2019年2月对装配工人进行6个月的工效学干预。干预措施主要包括工效学培训与梯凳改善。工效学培训主要是通过为装配车间工人发放图文并茂的《职业健康防护手册》,辅导性讲解,并每三个月进行职业工效学培训。该手册主要内容包括WMSDs相关知识,装配车间存在的不良工效学因素,预防措施如正确的工作姿势、正确搬运物料的方法、正确使用工具的方法和合理安排工作空间等方面以及健康教育等方面的内容。梯凳改善主要是为装配车间工人配备可调节的双层脚凳,使其工作中避免上肢抬高的操作,可适用于不同身高的工人。

1.2.5 干预效果评估 本研究通过比较干预前后装配车间工人WMSDs认知水平、WMSDs工效学负荷暴露水平和WMSDs症状发生情况,进行干预效果评估。

1.3 质量控制

调查过程中由调查员采用统一的术语讲解调查内容及注意事项,保证研究对象理解问卷的内容。干预过程中,建立干预管理小组,定期对车间工人进行

培训手册的讲解和指导以及梯凳使用的监督和检查等工作。采用 EpiData 3.1 软件平行双录入问卷, 避免错录、漏录等情况。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析。计量资料经正态性检验, 符合正态分布者以均数±标准差描述, 不符合正态分布者以中位数(第 25 百分位数, 第 75 百分位数)描述。计数资料使用例数(百分比)描述。WMSDs 影响因素分析采用二分类 logistic 回归, 以比值比(odds ratio, OR)及其 95%可信区间(confidence interval, CI)评价关联强度, 采用逐步向后剔除法, 纳入水准为 0.05, 剔除水准为 0.10, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。干预效果评估时, 符合正态分布的计量资料两组间比较采用配对 *t* 检验, 不符合正态分布的计量资料两组间比较采用配对 Wilcoxon 秩和检验, 计数资料率的比较采用 χ^2 检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 装配车间工人基本情况

参与本干预研究的装配车间工人共 250 人, 其中有效问卷 235 人。研究对象以男性为主, 占 92.3%。研究对象年龄的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 30.0(25.0, 33.0) 岁, 当前岗位工龄的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 3.5(1.5, 9.0) 年, 总工龄的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 6.0(3.0, 10.0) 年, 平均 BMI 为 $(23.08 \pm 3.66) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。研究对象的文化程度大多在大专及以下, 占总人数的 89.4%。在 235 名研究对象中, 从不参加体育锻炼的人数占 46.8%, 不吸烟的人数占 67.2%, 不饮酒的人数占 48.9%。装配车间工人的人口学和职业特征见表 1。

2.2 装配车间工人 WMSDs 的影响因素

本研究现场观察和测量结果显示, 车间车体内高度约为 210~215 cm, 特殊车型车体内高度可达 230~240 cm, 而车间工人的平均身高为 173 cm。有些工人在工作过程中未使用梯凳, 有些工人虽使用了单层梯凳, 但由于梯凳尺寸的限制, 工人在作业过程中存在不良姿势和强迫体位, 特别是上肢举过头的姿势。

干预前, 以过去 1 年是否罹患 WMSDs 为应变量, 以单因素分析有统计学意义($P < 0.05$)的因素为自变量, 进行二分类 logistic 回归分析。结果显示: 总工龄、头部频繁后仰、长时间保持身体后仰、手臂频繁举起和工作要求很努力与 WMSDs 风险呈正相关, 足够的工作时间和工作决定权与 WMSDs 风险呈负相关($P < 0.05$)。见表 2。

表 1 装配车间工人的人口学特征和职业特征($n=235$)

Table 1 Demographic and occupational characteristics of assembly workers ($n=235$)

项目(Item)	分类(Sort)	人数 (Number)	构成比/% (Proportion/%)
性别(Gender)	男性(Male)	217	92.3
	女性(Female)	18	7.7
年龄/岁(Age/years)	20~	116	49.4
	30~	80	34.0
	40~	19	8.1
	50~60	20	8.5
当前岗位工龄/年 Job tenure/years	1~	139	59.1
	5~	47	20.0
	10~40	49	20.9
总工龄/年 Total job tenure/years	1~	92	39.1
	5~	66	28.1
	10~40	77	32.8
BMI 分组(BMI group)	正常(Normal weight)	125	53.2
	低体重(Underweight)	17	7.2
	超重(Overweight)	70	29.8
	肥胖(Obesity)	23	9.8
文化程度 Education level	初中及以下 Middle school and below	14	6.0
	高中(High school)	87	37.0
	大专(Junior college)	109	46.4
	本科及以上 Bachelor degree and above	25	10.6
体育锻炼(Exercise)	从不(Never)	110	46.8
	每季度 1~3 次 1~3 times/quarter	49	20.9
	每月 2~3 次 2~3 times/month	36	15.3
	每周 1~2 次(1~2 times/week)	28	11.9
	每周 ≥ 3 次 More than 3 times/week	12	5.1
吸烟(Smoking)	否(No)	158	67.2
	是(Yes)	77	32.8
饮酒(Drinking)	否(No)	115	48.9
	是(Yes)	120	51.1
合计(Total)		235	100.0

2.3 干预前后装配车间工人 WMSDs 认知情况比较

本研究流行病学调查结果显示, 干预前, 装配车间工人对 WMSDs 影响因素和预防措施的认识率不足 30%。实施工效学培训的干预后, 装配车间工人对 WMSDs 类型的认识率由 52.3% 升至 68.5%, 对 WMSDs 影响部位认识率由 51.9% 升至 61.3%, 对 WMSDs 影响因素的认识率由 25.5% 升至 48.1%, 对 WMSDs 预防措施的认识率由 19.1% 升至 40.9%, 对 WMSDs 疾患症状的认识率由 51.5% 升至 61.3%, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3。

表 2 干预前装配车间工人 WMSDs 影响因素的 logistic 回归分析结果

Table 2 The results of logistic regression analysis describing influencing factors of WMSDs among assembly workers before intervention

变量 Variable	<i>b</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	OR (95%CI)
总工龄 Total job tenure	0.702	9.777	0.002	2.017 (1.299~3.131)
头部频繁后仰 Bending one's head backwards frequently	0.362	4.427	0.035	1.436 (1.025~2.012)
长时间保持身体后仰 Keeping trunk in a backward posture for a long time	0.298	4.178	0.041	1.348 (1.012~1.794)
手臂频繁举起 Raising one's arms frequently	0.387	5.213	0.022	1.473 (1.056~2.055)
工作要求很努力 Working hard	0.665	14.612	< 0.001	1.944 (1.382~2.733)
足够的工作时间 Enough working time	-0.648	12.545	< 0.001	0.523 (0.366~0.749)
工作决定权 Plenty of decision freedom	-0.309	4.107	0.043	0.734 (0.545~0.990)

表 3 干预前后装配车间工人 WMSDs 认知水平比较 (*n*=235)

Table 3 Comparison of WMSDs cognitive level among assembly workers before and after intervention (*n*=235)

项目 Item	干预前[n(%)] Pre-intervention	干预后[n(%)] Post-intervention	χ^2	<i>P</i>
疾患类型(Types)	123(52.3)	161(68.5)	12.848	< 0.001
影响部位(Influencing sites)	122(51.9)	144(61.3)	4.192	0.041
影响因素(Influencing factors)	60(25.5)	113(48.1)	25.695	< 0.001
预防措施(Preventive measures)	45(19.1)	96(40.9)	26.353	< 0.001
疾患症状(Symptoms)	121(51.5)	144(61.3)	4.577	0.032

表 4 干预前后装配车间工人 WMSDs 症状发生率和症状强度、持续时间、发生频率评分的比较

Table 4 Comparison of prevalence, intensity, duration, and frequency of WMSDs symptoms among assembly workers before and after intervention

影响部位 Affected body part	症状发生数(率)[<i>n</i> (%)] Prevalence of symptoms			症状强度评分[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)] Intensity of symptoms			症状持续时间评分[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)] Duration of symptoms			症状发生频率评分[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)] Frequency of symptoms		
	干预前 Pre- intervention	干预后 Post- intervention	<i>P</i> ^a	干预前 Pre- intervention	干预后 Post- intervention	<i>P</i> ^b	干预前 Pre- intervention	干预后 Post- intervention	<i>P</i> ^b	干预前 Pre- intervention	干预后 Post- intervention	<i>P</i> ^b
颈 Neck	129(54.9)	125(53.2)	0.711	6(5, 7)	3(2, 4)	0.002	2(2, 3)	2(1, 3)	< 0.001	3(2, 4)	2(2, 3)	0.662
肩 Shoulders	119(50.6)	113(48.1)	0.580	6(5, 7)	3(2, 5)	< 0.001	2(1, 3)	2(1, 3)	0.480	3(2, 4)	2(2, 3)	0.480
上背 Upper back	102(43.4)	97(41.3)	0.641	6(4, 7)	3(2, 4)	0.002	2(1, 3)	2(1, 2)	1.000	3(2, 4)	2(1, 3)	0.706
下背 Low back	115(48.9)	114(48.5)	0.926	6(5, 7)	4(2, 6)	0.007	2(2, 3)	2(2, 3)	0.291	3(2, 4)	2(2, 3)	0.048
肘 Elbows	76(32.3)	67(28.5)	0.367	6(5, 7)	2(1, 3)	0.001	2(2, 3)	2(1, 3)	0.744	3(2, 4)	2(1, 3)	0.170
手/腕 Wrists/Hands	106(45.1)	97(41.3)	0.402	6(4, 7)	3(2, 4)	< 0.001	2(2, 3)	2(1, 3)	0.654	3(2, 4)	2(1, 3)	0.023
臀/腿 Hips/Thighs	77(32.8)	76(32.3)	0.922	5(4, 6)	3(2, 5)	0.024	2(2, 3)	2(1, 3)	0.154	3(2, 4)	2(1, 3)	0.017
膝 Knees	81(34.5)	78(33.2)	0.770	6(5, 7)	3(1, 5)	0.022	2(2, 3)	2(1, 2)	0.055	3(2, 4)	2(1, 3)	0.090
踝/足 Ankles/Feet	83(35.3)	78(33.2)	0.627	6(4, 7)	3(1, 5)	0.026	2(2, 3)	2(1, 3)	0.055	3(2, 4)	2(2, 4)	0.156

[注] a: χ^2 检验所得 *P* 值; b: 配对 Wilcoxon 秩和检验所得 *P* 值。

[Note] a: *P* value obtained from χ^2 test; b: *P* value obtained from paired Wilcoxon rank sum test.

2.4 干预前后装配车间工人工效学负荷暴露情况比较

实施梯凳改善与工效学培训干预后, 装配车间工人不良姿势的发生频率有所下降。其中“经常”“头部频繁后仰”的比例由 34.6%降至 21.8%, “偶尔”的比例由 15.8%升至 30.3%, 差异有统计学意义(*P* < 0.05); “经常”“长时间保持身体后仰”的比例由 26.6%降至 15.0%, “偶尔”的比例由 15.5%升至 30.5%, 差异有统计学意义(*P* < 0.05); “从不”“手臂频繁举起”的比例由 3.4%升至 9.0%, 差异有统计学意义(*P* < 0.05)。另外, 装配车间工人工作要求很努力、足够的工作时间和工作决定权的暴露频率与干预前比较, 差异均无统计学意义(*P* > 0.05)。见补充材料表 S1。

2.5 干预前后装配车间工人 WMSDs 症状发生情况比较

干预后, 装配车间工人 WMSDs 总症状发生率由 67.2%降至 61.3%, 但差异尚无统计学意义(*P* > 0.05); 工人各部位 WMSDs 症状发生比率与干预前比较, 差异亦无统计学意义(*P* > 0.05); 工人的颈、肩、上背、下背、肘、手/腕、臀/腿、膝和踝/足部的 VAS 评分(症状强度)较干预前均有降低, 差异有统计学意义(*P* < 0.05); 工人颈部 WMSDs 症状持续时间较干预前降低(*P* < 0.05), 其余各部位 WMSDs 症状持续时间与干预前差异无统计学意义(*P* > 0.05); 工人的下背、手/腕和臀/腿部的 WMSDs 症状发生频率较干预前降低, 且差异有统计学意义(*P* < 0.05)。见表 4。

3 讨论

本研究发现该轨道客车装配车间工人干预前 WMSDs 总症状发生率为 67.2%，而针对车辆制造业装配车间工人 WMSDs 症状发生率，曹磊等^[25]研究结果是 57.9%，康伏梅等^[26]研究结果是 51.9%，王会宁等研究结果是 84.0%^[27]。本研究的 WMSDs 症状发生率与其研究结果不一致，原因可能是不同研究中目标人群的人口学特征和工作相关因素水平不同所致。

WMSDs 是多因性疾患，与个人因素、生物力学因素和社会心理因素有明确的关联^[15, 28-30]。本研究回归结果显示，总工龄与 WMSDs 的发生有关，这与既往研究相一致^[31]。工作年限较长的装配车间工人罹患 WMSDs 的风险较高，可能是因为暴露于职业危害因素的时间较长^[32]。生物力学因素如头部频繁后仰、长时间保持身体后仰和手臂频繁举起会增加罹患 WMSDs 风险，这可能是由于长时间保持不良姿势，容易使机体处于疲劳状态，也可能是由于工人在不良姿势下工作需要更多的力来完成同样数量的任务，这样会增加肌肉负荷和椎间盘上的压缩应力^[33-34]。社会心理因素如工作要求很努力会增加罹患 WMSDs 风险，这可能是由于高工作要求会增加高重复性动作或不良姿势的发生，进而增加肌肉负荷^[35]。足够的工作时间和高工作决定权会降低罹患 WMSDs 风险，这可能是由于工作时间充足和工作决定权高的工人可能会有更多的自主权，在感到超负荷时会转向负荷较低的工作，或有更多的短暂停顿来缓解肌肉疲劳，而工作时间不足和工作决定权低的工人没有机会逃避繁重的任务，必须继续付出高水平的努力^[36-37]。

本研究干预前流行病学调查结果表明，装配车间工人对 WMSDs 影响因素和预防措施的认知率不足 30%，且由于车间车体高度以及是否使用梯凳或梯凳类型和尺寸的问题，工人在作业过程中仍存在不良姿势和强迫体位，特别是上肢举过头的姿势。相关研究表明，通过改善人-机界面和不良工作条件，改善作业环境质量，改变工作组织和管理，对作业人员开展健康教育和培训等工效学干预，对于预防和控制 WMSDs 发生有积极的作用和影响^[8, 38-40]。因此，本研究基于以上危险因素并结合车间实际情况，采取了梯凳改善联合工效学培训的两类干预措施。

本研究采用梯凳改善联合工效学培训的干预后，装配车间工人对 WMSDs 类型、影响部位、影响因素、预防措施和疾患症状的认知率明显提高。这与既往的研究相一致，表明工效学培训可以提高工人的工效学

认知水平^[7, 17, 41]。干预后，装配车间工人的不良姿势暴露频率降低，这可能一方面是由于工效学培训提高了工人的工效学认知水平，促进了工人姿势行为的改善；另一方面可能与梯凳改善在一定程度上减少了工人头部频繁后仰、长时间保持身体后仰和手臂频繁举起等不良姿势的发生有关。本研究结果表明，多方面的工效学干预可以在一定程度上减少不良姿势的发生，降低工效学负荷水平，这些发现与过往研究结果一致。Robertson 等^[7]研究发现，采取座椅改善联合工效学培训的干预后，办公室作业人员的不良姿势减少，快速上肢评估表评分降低。Esmailzadeh 等^[8]研究发现，采取工作站评估联合工效学培训的干预后，计算机工作者的不良姿势得到明显改善。与本研究相一致，但仅限于工效学培训，刘凤英^[17]研究发现，仅采取工效学培训的干预后，潮汕地区教师的行为发生改变，不良姿势减少；Mirmohammadi 等^[42]研究发现，采取工效学培训后，计算机工作者的不良姿势有所改善，快速上肢评估表评分降低。此外，与本研究结果一致，但仅限于辅助工具的改进，Daneshmandi 等^[43]研究发现，采用改善板架后，电子装配工人的颈部和躯干姿势评分降低。

本研究采用梯凳改善联合工效学培训的干预后，装配车间工人的 WMSDs 症状强度、症状持续时间和症状发生频率均降低，这可能是由于工效学干预提高了工人的认知水平，降低了不良姿势的发生频率。国内外多项相关研究也表明，工效学培训等认知干预和改善辅助设备等工程干预对于改善 WMSDs 的症状有一定的积极作用，特别是多方面的工效学干预^[8, 44-45]。Esmailzadeh 等^[8]研究发现，采取工作站评估联合工效学培训的干预后，计算机工作者 WMSDs 的症状强度、症状持续时间和症状发生频率均降低。与本研究结果相一致，但局限于工效学培训，韩春花等^[44]研究发现，采取工效学培训干预后，护士 WMSDs 的症状持续时间和发生频率均降低。与本研究结果相一致，但局限于辅助工具的改进，Mekhora 等^[45]研究发现，采取改善显示器高度、脚凳、键盘高度等辅助工具的干预后，计算机工作者颈、肩和背部的 WMSDs 症状强度降低。

本研究的优势在于采取了多方面的工效学干预。相比单一措施的干预，多方面的干预在改善工作姿势，降低工效学负荷水平和改善 WMSDs 的症状等方面上具有一定的积极作用^[7, 46]。Robertson 等^[7]研究发现，干预后，座椅改善联合工效学培训组作业人员的工作姿势评分降低，而单一的工效学培训组和单一的座椅改

善组作业人员的工作姿势评分未发生明显改变。Robertson 等^[46]研究发现,干预后,工作场所改善联合工效学培训组作业人员的症状发生人数和症状强度均降低,而单一的工作场所改善组作业人员的症状发生人数和症状强度未发生明显改变。

WMSDs 是一系列慢性累积性疾患,既往研究已证明长期干预可以减少 WMSDs 的发生^[47-48]。本研究的结果表明,采取 6 个月的梯凳改善联合工效学培训的干预后,虽然观察到装配车间工人 WMSDs 症状强度、症状持续时间和症状发生频率的改善,但 WMSDs 症状发生率的降低却在统计学上无差异。刘凤英^[17]研究也发现,采取 6 个月工效学培训的干预后,潮汕地区教师 WMSDs 的症状发生率较干预前未见统计学差异。因此,针对本研究的 6 个月干预调查,在未来的研究中仍需要继续增加干预时长且增加随访研究,来进一步明确干预措施的有效性。此外,本研究为横断面问卷调查,虽进行了严格的质量控制,但仍然存在无法避免的回忆偏倚,部分变量如姿势负荷受研究者主观影响。因此,在未来研究中建议开发更客观的调查测量方法。

综上所述,通过工作场所梯凳改善联合工效学培训等为期 6 个月的干预,装配车间工人 WMSDs 认知水平提高,不良姿势的暴露频率降低,WMSDs 症状强度、症状持续时间和症状发生频率降低。建议研究者在未来的研究中增加干预时长且增加干预效果观察频次,验证多方面工效学干预的效果。相信坚持正确的工效学干预方式,可有针对性地预防和改善作业人员肌肉骨骼疾患的发生和发展,促进劳动者健康。

参考文献

- [1] 徐相蓉, 王生, 余善法, 等. 工作相关肌肉骨骼疾患的行业流行趋势及进展[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(4): 278-282.
XU XR, WANG S, YU SF, et al. The industry trends and research progress on work-related musculoskeletal disorders[J]. Chin J Ind Med, 2016, 29(4): 278-282.
- [2] European Agency for Safety and Health at Work. Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU[R/OL]. [2021-12-20]. <https://osha.europa.eu/en/publications/work-related-musculoskeletal-disorders-prevalence-costs-and-demographics-eu/view>.
- [3] BEVAN S. Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe[J]. Best Pract Res Clin Rheumatol, 2015, 29(3): 356-373.
- [4] 金宪宁, 王生, 张忠彬, 等. 工作相关肌肉骨骼疾患经济负担研究现状[J]. 中国职业医学, 2019, 46(1): 117-120.
JIN XN, WANG S, ZHANG ZB, et al. Current status of economic burden of work-related musculoskeletal disorders[J]. China Occup Med, 2019, 46(1): 117-120.
- [5] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动(2019—2030年)[R/OL]. [2021-12-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm.
Healthy China Promotion Committee. Healthy China action plan (2019—2030) [R/OL]. [2021-12-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm.
- [6] SZETO GP Y, LAW KY, LEE E, et al. Multifaceted ergonomic intervention programme for community nurses: pilot study[J]. J Adv Nurs, 2010, 66(5): 1022-1034.
- [7] ROBERTSON M, AMICK III BC, DERANGO K, et al. The effects of an office ergonomics training and chair intervention on worker knowledge, behavior and musculoskeletal risk[J]. Appl Ergon, 2009, 40(1): 124-135.
- [8] ESMAEILZADEH S, OZCAN E, CAPAN N. Effects of ergonomic intervention on work-related upper extremity musculoskeletal disorders among computer workers: a randomized controlled trial[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2014, 87(1): 73-83.
- [9] SHIRI R, MARTIMO KP, MIRANDA H, et al. The effect of workplace intervention on pain and sickness absence caused by upper-extremity musculoskeletal disorders[J]. Scand J Work Environ Health, 2011, 37(2): 120-128.
- [10] HOE VC W, URQUHART DM, KELSALL HL, et al. Ergonomic design and training for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck in adults[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2012, 2012(8): CD008570.
- [11] COMPER ML C, DENNERLEIN JT, EVANGELISTA GD S, et al. Effectiveness of job rotation for preventing work-related musculoskeletal diseases: a cluster randomised controlled trial[J]. Occup Environ Med, 2017, 74(8): 543-544.
- [12] BAYDUR H, ERGÖR A, DEMIRAL Y, et al. Effects of participatory ergonomic intervention on the development of upper extremity musculoskeletal disorders and disability in office employees using a computer[J]. J Occup Health, 2016, 58(3): 297-309.
- [13] 林莉, 杜潇, 朱明灿. 基于职业生涯规划的轨道交通装备制造企业人才培养体系构建[J]. 城市轨道交通研究, 2012, 15(11): 32-36.
LIN L, DU X, ZHU MC. Talent training system of rail transit equipment manufactures based on career planning[J]. Urban Mass Transit, 2012, 15(11): 32-36.
- [14] 王忠旭, 王伟, 贾宁, 等. 汽车制造男性作业工人多部位肌肉骨骼损伤的横断面研究[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(1): 8-14.
WANG ZX, WANG W, JIA N, et al. Cross-sectional study of multisite musculoskeletal disorders among male auto manufacture workers[J]. J Environ Occup Med, 2017, 34(1): 8-14.
- [15] 金宪宁, 娜扎开提·买买提, 王世娟, 等. 某轨道客车制造企业作业人员多部位工作相关肌肉骨骼疾患影响因素分析[J]. 中国职业医学, 2019, 46(2): 144-151.
JIN XN, MAMAT N, WANG SJ, et al. Analyzing the influencing factors of multisite work-related musculoskeletal disorders among workers in a railway vehicle manufacturing enterprise[J]. China Occup Med, 2019, 46(2): 144-151.
- [16] ASSUNÇÃO A, MONIZ-PEREIRA V, FUJÃO C, et al. Predictive factors of short-term related musculoskeletal pain in the automotive industry[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(24): 13062.
- [17] 刘凤英. 潮汕地区教师群体工作相关肌肉骨骼疾患的干预研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2011.
LIU FY. Intervention research on work-related musculoskeletal disorders among teachers in Chaoshan region[D]. Shantou: Shantou University, 2011.
- [18] 董一丹, 娜扎开提·买买提, 王富江, 等. 中国肌肉骨骼疾患问卷编制与

- 验证——附调查问卷[J]. 中国职业医学, 2020, 47(1): 8-18.
- DONG YD, MAMAT N, WANG FJ, et al. Establishment and verification of the Chinese Musculoskeletal Questionnaire—the questionnaire is attached in the attachment[J]. *China Occup Med*, 2020, 47(1): 8-18.
- [19] International Labour Office, International Ergonomics Association. Ergonomic checkpoints[R]. Geneva: International Labour Office, 2010.
- [20] KARASEK R, BRISSON C, KAWAKAMI N, et al. The Job Content Questionnaire (JCQ): An instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics[J]. *J Occup Health Psychol*, 1998, 3(4): 322-355.
- [21] CRAWFORD JO. The Nordic musculoskeletal questionnaire[J]. *Occup Med*, 2007, 57(4): 300-301.
- [22] BOONSTRA AM, SCHIPHORST PREUPER HR, RENEMAN MF, et al. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain[J]. *Int J Rehabil Res*, 2008, 31(2): 165-169.
- [23] 秦东亮, 王生, 张忠彬, 等. 工作相关肌肉骨骼疾患判别标准研究进展[J]. 中国职业医学, 2017, 44(3): 362-364, 370.
- QIN DL, WANG S, ZHANG ZB, et al. Research advance on diagnostic criteria of work-related musculoskeletal disorders[J]. *China Occup Med*, 2017, 44(3): 362-364, 370.
- [24] 成人体重判定: WS/T 428—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- Criteria of weight for adults: WS/T 428—2013[S]. Beijing: China Standard Press, 2013.
- [25] 曹磊, 王忠旭, 贾宁, 等. 汽车制造工人肌肉骨骼疾患及不良工效学因素的调查与分析[J]. 中国工业医学杂志, 2020, 33(3): 206-210.
- CAO L, WANG ZX, JIA N, et al. Investigation and analysis of musculoskeletal disorders and adverse ergonomic factors automobile workers[J]. *Chin J Ind Med*, 2020, 33(3): 206-210.
- [26] 康伏梅, 单永乐, 冯斌, 等. 某汽车总装车间工人多部位肌肉骨骼疾患调查及影响因素分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2021, 39(1): 40-43.
- KANG FM, SHAN YL, FENG B, et al. An investigation of musculoskeletal disorders at multiple sites and related influencing factors among workers in an automobile assembly shop[J]. *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 2021, 39(1): 40-43.
- [27] 王会宁, 王忠旭, 秦汝莉, 等. 汽车装配工人肌肉骨骼疾患的不良工效学因素[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(4): 266-270.
- WANG HN, WANG ZX, QIN RL, et al. Analysis of the harmful ergonomics factors of musculoskeletal disorders among automobile assembly workers[J]. *Chin J Ind Med*, 2016, 29(4): 266-270.
- [28] DA COSTA BR, VIEIRA ER. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies[J]. *Am J Ind Med*, 2010, 53(3): 285-323.
- [29] 秦东亮, 金宪宁, 王世娟, 等. 作业人员姿势负荷评价信效度分析及与肌肉骨骼疾患关系[J]. 北京大学学报(医学版), 2018, 50(3): 488-494.
- QIN DL, JIN XN, WANG SJ, et al. Research on the reliability and validity of postural workload assessment method and the relation to work-related musculoskeletal disorders of workers[J]. *J Pek Univ (Health Sci)*, 2018, 50(3): 488-494.
- [30] 秦东亮, 王菁菁, 金宪宁, 等. 某轨道客车制造企业工人心理负荷对其工作相关肌肉骨骼疾患的影响[J]. 中国职业医学, 2018, 45(3): 285-289.
- QIN DL, WANG JJ, JIN XN, et al. Effects of mental workload on work-related musculoskeletal disorders in railway vehicle manufacturing workers[J]. *China Occup Med*, 2018, 45(3): 285-289.
- [31] 吴家兵. 某汽车制造厂工人肌肉骨骼疾患调查及危险因素分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- WU J B. Survey and analysis on risk factors of musculoskeletal disorders among automobile manufacturing workers[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2013.
- [32] CONSTANTINO COLEDAM DH, JÚNIOR RP, RIBEIRO EA G, et al. Factors associated with musculoskeletal disorders and disability in elementary teachers: a cross-sectional study[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2019, 23(3): 658-665.
- [33] GANGOPADHYAY S, GHOSH T, DAS T, et al. Effect of working posture on occurrence of musculoskeletal disorders among the sand core making workers of West Bengal[J]. *Cent Eur J Public Health*, 2010, 18(1): 38-42.
- [34] ANDERSON CK, CHAFFIN DB, HERRIN GD. A study of lumbosacral orientation under varied static loads[J]. *Spine*, 1986, 11(5): 456-462.
- [35] BONGERS PM, DE WINTER CR, KOMPIER MA, et al. Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1993, 19(5): 297-312.
- [36] SONNENTAG S, ZIJLSTRA FR H. Job characteristics and off-job activities as predictors of need for recovery, well-being, and fatigue[J]. *J Appl Psychol*, 2006, 91(2): 330-350.
- [37] STERUD T, TYNES T. Work-related psychosocial and mechanical risk factors for low back pain: a 3-year follow-up study of the general working population in Norway[J]. *Occup Environ Med*, 2013, 70(5): 296-302.
- [38] MEHRPARVAR AH, HEYDARI M, MIRMOHAMMADI SJ, et al. Ergonomic intervention, workplace exercises and musculoskeletal complaints: a comparative study[J]. *Med J Islam Repub Iran*, 2014, 28: 69.
- [39] 刘伟达, 王忠旭. 肌肉骨骼损伤及其工效学[J]. 环境与职业医学, 2008, 25(6): 605-608.
- LIU WD, WANG ZX. Musculoskeletal disorders and ergonomics[J]. *J Environ Occup Med*, 2008, 25(6): 605-608.
- [40] AMICK III BC, ROBERTSON MM, DERANGO K, et al. Effect of office ergonomics intervention on reducing musculoskeletal symptoms[J]. *Spine*, 2003, 28(24): 2706-2711.
- [41] 郑盼, 李丽萍, 徐光兴, 等. 煤矿工人工作相关肌肉骨骼疾患的干预效果评估[J]. 人类工效学, 2013, 19(2): 19-22.
- ZHENG P, LI LP, XU GX, et al. The evaluation of intervention effect on coal miners WMSDs[J]. *Chin J Ergon*, 2013, 19(2): 19-22.
- [42] MIRMOHAMMADI SJ, MEHRPARVAR AH, OLIA MB, et al. Effects of training intervention on non-ergonomic positions among video display terminals (VDT) users[J]. *Work*, 2012, 42(3): 429-433.
- [43] DANESHMANDI H, KEE D, KAMALINIA M, et al. An ergonomic intervention to relieve musculoskeletal symptoms of assembly line workers at an electronic parts manufacturer in Iran[J]. *Work*, 2018, 61(4): 515-521.
- [44] 韩春花, 姜萍, 卢晶. 健康教育对护士工作相关肌肉骨骼疾患的干预效果研究[J]. 中国现代医生, 2021, 59(28): 177-179, 183.
- HAN CH, JIANG P, LU J. Study on the intervention effect of health education on nurses' work-related musculoskeletal disorders[J]. *China Mod Doctor*, 2021, 59(28): 177-179, 183.
- [45] MEKHORA K, LISTON CB, NANTHAVANIJ S, et al. The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome[J]. *Int J Ind Ergonom*, 2000, 26(3): 367-379.
- [46] ROBERTSON MM, O'NEILL MJ. Reducing musculoskeletal discomfort: effects of an office ergonomics workplace and training intervention[J]. *Int J Occup Saf Ergon*, 2003, 9(4): 491-502.
- [47] GALINSKY T, SWANSON N, SAUTER S, et al. Supplementary breaks and stretching exercises for data entry operators: a follow-up field study[J]. *Am J Ind Med*, 2007, 50(7): 519-527.
- [48] ROBERTSON M M. Health and performance consequences of office ergonomic interventions among computer workers[M]//DAINOFF M J. Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers. Berlin: Springer, 2007: 135-143.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 丁瑾瑜)