

• 论 著 •

中文版肌肉疲劳评估方法在汽车制造企业应用的信效度检验

袁方¹, 贾宁², 张华东¹, 邓华欣¹, 吴梦云¹, 王忠旭²

(1. 重庆市疾病预防控制中心, 重庆 400042; 2. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所)

摘要: 目的 检验中文版肌肉疲劳评估方法 (MFA) 在汽车制造业中的信度和效度。方法 选择我国某大型汽车制造企业 236 名具有代表性的作业工人, 应用重测、内部、折半信度和 KMO 检验 (Kaiser-Meyer-Olkin) 及 Bartlett (Bartlett) 球体检验等方法对 MFA 在肌肉骨骼疲劳评估应用中的信效度进行检验分析。结果 重测信度总的组内相关系数 (ICC) 为 0.971, 各维度 ICC 范围 0.800~1.000; 内部信度总的 Cronbach's α 系数为 0.827, 各维度的 Cronbach's α 系数范围 0.439~0.997; 折半信度为 0.985。效度上主因素分析原则提出 2 个公因子, 累计方差贡献率达 65.605%, 反映了肩、肘、手腕/手指、膝盖、脚踝/脚趾、背和颈的工效学危害因素权重。结论 中文版 MFA 用于我国汽车制造业工人不良工效学因素的识别和评估具有较好的信度和效度, 但仍需结合行业特点考虑工业生产中存在的特殊因素。

关键词: 肌肉疲劳评估方法 (MFA); 职业性肌肉骨骼疾患 (WMSDs); 汽车制造业; 信度; 效度

中图分类号: R68 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2020)04-0291-04 DOI: 10.13631/j.cnki.zggjyx.2020.04.001

Reliability and validity test of Chinese version of Muscle Fatigue Assessment Method in automobile manufacturing industry

YUAN Fang*, JIA Ning, ZHANG Hua-dong, DENG Hua-xin, WU Meng-yun, WANG Zhong-xu

(* Chongqing Municipal Center for Disease Control and Prevention, Chongqing 400042, China)

Abstract: **Objective** To test the reliability and validity of the Chinese version of Muscle Fatigue Assessment Method (MFA) in automobile manufacturing industry. **Methods** 236 representative workers of a large automobile manufacturing enterprise in China were selected as study subjects, and the methods of retest, internal, half-reliability, KMO and Bartlett sphere test were also used for the check of reliability and validity in musculoskeletal fatigue assessment. **Results** The results showed that the total intra-group correlation coefficient (ICC) of retest reliability was 0.971, and the ICC range of dimensions was between 0.800 and 1.000, the total Cronbach's α coefficient of internal reliability was 0.827, the Cronbach's α coefficient range of dimensions was 0.439 to 0.997, the half-reliability was 0.985. The main factor analysis principle proposed two common factors, the cumulative variance contribution rate reached 65.605%, and reflected the weights of ergonomic hazard factors for shoulders, elbows, wrists/fingers, knees, ankles/toes, back and neck. **Conclusion** The results suggested that the Chinese version of MFA has good reliability and validity, which is suitable for the identification and evaluation of poor ergonomic factors of workers in China's automobile manufacturing industry. However, it is still necessary to consider the special factors based on the characteristics of industrial production.

Key words: muscle fatigue assessment method (MFA); work-related musculoskeletal disorders (WMSDs); automotive manufacturing industry; reliability; validity

汽车制造业工人是职业性肌肉骨骼疾患 (WMSDs) 的易发人群, 我国汽车生产的自动化程度和作业场所工作条件远不如发达国家, 可能存在更多

WMSDs 相关的工效学危险因素, 包括高负荷、重复性、不良体位、被动姿势、单调工作等。汽车作业工人 WMSDs 研究中最重要的是识别工作场所中可能存在的不良工效学因素, 包括职业因素、非职业因素、社会心理因素和个体因素等。接触这些不良工效学因素不仅会导致 WMSDs, 也会导致安全事故的发生^[1]。因此, 综合评估汽车制造工作场所不良工效学负荷, 对于预防从业工人 WMSDs 发生、提高工作效率、减少安全事故发生具有重要意义。

基金项目: 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所职业健康风险评估与国家职业卫生标准制定项目 (编号: 131031109000150003); 重庆市制造业职业性肌肉骨骼损伤风险评估及工效学预防措施研究 (编号: 2018MSXM016)

作者简介: 袁方 (1978—), 男, 副主任医师, 从事职业卫生工作。

(通信作者: 王忠旭, 研究员, E-mail: jwangzx@fjhbpt.china.cn; 吴梦云, 检验技师, E-mail: 231409907@qq.com)

Copyright © 2020. All rights reserved. http://www.cnki.net

WMSDs 评定量表种类繁多,但是这些量表用于我国评估 WMSDs 疲劳和患病风险的信效度并未得到公认,随机测量误差不可避免^[2]。本研究根据汽车制造业作业特点,探究中文版肌肉疲劳评估方法(MFA)在我国汽车制造企业作业工人 WMSDs 评定中的信效度,以便在该行业中推广应用。

1 对象与方法

1.1 对象 选择我国某大型汽车制造企业,以车身、冲压、总装3个车间所属的工段和班组为单位进行整群抽样,依据作业特点,从550人中分层随机抽取240名具代表性的作业工人作为研究对象,涉及装配、冲压、焊接、操作、钳工、汽修等工种。观测有效量表236份,有效率为99.16%。纳入标准:知情同意,年龄>18周岁,工龄>6个月的在岗工人。排除既往有外伤、先天性肌肉骨骼疾患以及因其他可能导致肌肉骨骼损伤的疾患者。

1.2 方法 选择国外通行MFA检查量表(中文版),采用重测信度、内部一致性信度、折半信度和KMO、Bartlett球形检验等方法对上述240名研究对象的重点作业活动进行现场视频录制、实验室MFA评分与信效度分析。对现场视频录制效果进行检查,删除4个无效视频对236个有效视频进行实验室观测评分;为进行重测信度检验,从236个视频中按30%的比例随机抽取71个视频,一周后进行重新观测评分。

1.2.1 MFA量表(中文版) 使用前已组织专家对含糊不清或敏感性问题以及提问方式进行了多次修订,保证了量表的等价性。量表涉及身体手腕/手指、手肘、肩、颈、背、膝盖、脚踝/脚趾7个部位动作活动的用力、持续时间和动作频率3项指标共30个条目,以计分判定疲劳风险。每个部位疲劳评定级别分为L(低)、M(中)、H(高)、VH(很高)四个等级,计分越高级别越高,WMSDs患病风险越高^[3]。

1.2.2 质量控制 调查前,说明调查目的和内容以取得企业的支持与配合;调查人员就量表的视频录制和实验室评分进行统一培训,在录制方法、评分标准、时间进度、观测内容等方面达到统一,确保结果准确、可靠,减少误差。现场调查和录制时,尽量不干扰观测对象的作业活动。

1.3 问卷信度和效度

1.3.1 信度

1.3.1.1 重测信度 不同评估人员对同一对象进行评估时一致性的指标。测量误差主要来源于评估人员对测量工具的理解及实际施测上的差异,采用的是组

内相关系数(ICC),ICC等于个体的变异度除以总的变异度,其值介于0~1之间。0表示不可信,1表示完全可信。ICC<0.4表示信度较差;>0.75表示信度良好。一般要求ICC系数0.4为最小可接受值^[4]。

1.3.1.2 内部一致性信度 克朗巴哈系数(Cronbach's α)是测量评定表内部一致性的最常用指标。理论上Cronbach's α >0.8提示内部一致性非常好,0.7~0.8一致性好,0.65~0.7最小可接受值,<0.65较差。在实际应用中至少应>0.5^[5,6]。

1.3.1.3 折半信度 指在同一时间内,在相同的测量条件下测量结果的一致性程度。折半的方法多按奇偶分,以避免顺序效应。折半后计算的相关系数相当于半个问卷的信度系数,因此要对其进行校正,采用的是Spearman-Brown公式。一般要求折半信度系数以 $r>0.7$ 为宜^[5,6]。

1.3.2 结构效度 选择因素分析。首先进行KMO和Bartlett球形检验。KMO检验系数>0.5,Bartlett球形检验 P 值<0.05时,量表才有结构效度^[7]。然后降维进行因素分析,判断结构效度有3个标准:(1)因子的累积方差贡献率>40%;(2)每个因子在其公因子上有较高负荷(>0.4);(3)公因子方差均>0.4;表示每个条目至少有40%可以用某一公因子解释。最后选出主因素并进行工效学危害因素权重分析。

1.4 统计分析 量表的观测评分采用电子版软件进行,结果统一汇总并导出数据,采用软件Excel 2010和SPSS 22.0进行统计分析。

2 结果

2.1 信度分析

2.1.1 重测信度 重测信度总的组内相关系数为0.971,其中左肩、左手肘、左手腕/手指得分的ICC分别为0.980、0.847、0.800,右肩、右手肘、右手腕/手指得分的ICC分别为0.983、0.846、0.921,左膝、左脚踝/脚趾得分的ICC分别为0.992、0.960,右膝、右脚/踝脚趾得分的ICC分别为0.992、0.960,颈、背得分的ICC分别为0.902、0.946,各部位得分差异均有统计学意义($P<0.01$)。见表1。

2.1.2 内部一致性信度 因量表条目变量测量单位不同,本文选择标准化Cronbach's α 系数作为评定内部一致性信度指标。经统计分析,MFA量表总条目的Cronbach's α 系数为0.827,>0.8公认非常好评定标准值。肩、肘、手腕/手指、膝、脚踝/脚趾5个维度的Cronbach's α 系数均>0.9,内部一致性非常好;颈和背的Cronbach's α 系数均为0.439,<0.5。见表2。

表1 MFA 量表的重测信度分析

部位	ICC	95% CI
左肩	0.980	(0.924, 1.000)
左肘	0.847	(0.550, 1.000)
左手腕/手指	0.800	(0.366, 0.975)
右肩	0.983	(0.934, 1.000)
右肘	0.846	(0.501, 1.000)
右手腕/手指	0.921	(0.726, 0.983)
左膝	0.992	(0.952, 1.000)
左脚踝/脚趾	0.960	(0.866, 1.000)
右膝	0.992	(0.952, 1.000)
右脚踝/脚趾	0.960	(0.866, 1.000)
颈	0.902	(0.798, 1.000)
背	0.946	(0.866, 1.000)

表2 MFA 量表的内部信度 Cronbach's α 系数

部位	条目数	Cronbach's α 系数
肩	4	0.951
肘	4	0.993
手腕/手指	5	0.992
膝	5	0.997
脚踝/脚趾	5	0.995
颈	3	0.439
背	4	0.439
总条目数	30	0.827

2.1.3 折半信度 MFA 量表按奇偶分为两部分的方差齐性检验结果见表3。 $F=1.033$ ，检验统计量小于临界值，不拒绝原假设，可认为两部分的总体方差齐 ($P>0.05$)。

表3 描述性统计量与折半信度

组成	方差	标准差	F 检验	Spearman-Brow 不等长系数	Guttman Split-Half 系数
奇数部分	9.610	3.100	1.033	0.986	0.985
偶数部分	9.928	3.151			

2.2 结构效度分析

2.2.1 KMO 和 Bartlett 球形检验评定标准见表4。通过计算，KMO 值为 0.579，Bartlett 球形检验结果具有统计学意义 ($\chi^2=279.284$ ， $P=0.000$ ， <0.05)，说明 MFA 评定量表适合因素分析。

2.2.2 因素分析 数据采用主成分分析和最大方差正交旋转法对 MFA 进行结构效度的因子分析。公因子方差分析可见各条目因子的负荷情况 (表5)。提

取特征根>1 的因子有 2 个，累计贡献率为 65.605%。量表反映了两方面内容：因子 F1 主要反映肩、颈、肘、背、手腕/手指的工效学危险因素，F2 主要反映膝、脚踝/脚趾的工效学危险因素 (表6)。

表4 KMO 和 Bartlett 球形检验评定标准

KMO	因素分析	Bartlett 球形检验	因素分析
>0.9	非常适合	$P<0.05$ ，表明相关矩阵为单位矩阵	适合
0.8~0.9	较适合		
0.7~0.8	中等水平		
0.6~0.7	较差		
0.5~0.6	最低水平		
<0.5	不适合		

表5 主成分分析法公因子方差

部位	起始	提取
手腕/手指	1.000	0.419
肘	1.000	0.696
背	1.000	0.819
颈	1.000	0.499
肩	1.000	0.632
膝	1.000	0.969
脚踝/脚趾	1.000	0.960

表6 MFA 量表的各维度因子载荷分布

部位	F1	F2
手腕/手指	0.903	
肘	0.834	
背	0.789	
颈	0.527	
肩	0.467	
膝		0.984
脚踝/脚趾		0.979
特征根	2.631	1.962
贡献率 (%)	37.582	28.023
累计贡献率	37.582	65.605

3 讨论

汽车制造工人常见作业姿势包括：(1) 困难姿势，如手在头以上或肘在肩以上、颈弯曲、背前屈伴颈侧弯曲、蹲坐、跪姿等；(2) 用力负荷，如手部强握力重复性活动、手部强握力伴手腕部不良姿势；(3) 重复性运动，如高度重复性运动伴手腕部不良姿势；(4) 重复性碰撞，如以手捶打或膝盖用力做重复性压紧工作；(5) 搬举重物；(6) 中度至高度

的手臂振动,如使用可产生中、高度振动水平的专用工具^[8]。上述作业姿势易导致局部肌肉疲劳和疼痛,诱发 WMSDs,不仅影响汽车制造工人的身体健康,还会影响生产效率和职业安全;因此,需要探究能够正确量化、可信、有效地评估其接触风险的工具和方法。MFA 检查量表是国外常用的评估肌肉骨骼疲劳和疼痛的标准方法,它可以对工人作业时不同部位的不良工效学因素进行量化评价,并已广泛应用于各种临床和科学研究,国外已将其用于汽车制造工人的疲劳评价^[9,10],但在我国汽车制造业中的应用罕见报道。

本研究显示, MFA 量表 12 个身体部位的重测信度 ICC 系数 >0.800 ,且 $P<0.01$,说明 MFA 各个项目的重测信度都非常好^[4]。量表内部一致性信度在肩、肘、手腕/手指、膝、脚踝/脚趾部位的 Cronbach's α 系数都 >0.8 ,属于内部一致性非常好;颈和背的 Cronbach's α 系数为 0.439, <0.5 的最低评定标准^[11],说明这两个部位的内部一致性信度不高。在实际生产中,汽车冲压工搬运铁板,以重体力静力作业为主,背部 WMSDs 患病率较高;装配工以反复性操作的低头或抬头静态作业为主,累及肩部紧张, WMSDs 处于较高水平^[12,13]。所以实际工作中, MFA 量表这些部位的 Cronbach's α 系数可能偏小,说明 MFA 量表未能客观地反映出检测的内容,该量表颈部检测的力量、频率和持续项目应根据行业特点做出相应调整。总的 Cronbach's α 系数 0.827,大于公认评定标准 0.8,说明该量表总的内部一致性信度非常好。折半信度分析, Spearman-Brow 不等长系数为 0.986, Guttman Split-Half 系数为 0.985,两者均 >0.7 ,说明本量表的折半信度非常好^[14,15]。故该 MFA 量表具有较好的信度。

该 MFA 量表的 KMO 和 Bartlett 球形检验适合用因素分析降维来评析主要因素^[16],公因子方差表中除手腕/手指和颈的数值 <0.6 (分别为 0.419 和 0.499)外,其余均 >0.6 ,说明各条目被公因子表达的很好,手腕/手指和颈两项被公因子表达相对弱些。最后提取特征根 >1 的因子 2 个,累计贡献率为 65.605% ($>40%$),结构效度尚可。

综上,编订的中文版 MFA 在信度和结构效度方面,基本可以满足在汽车制造工人中评估 WMSDs 使用的信效度要求,但量表中一些检查内容尚需调整,以获得更高信效度。

参考文献

- [1] Shin E, Kim Y. A study on functional movement screen and automobile worker's musculoskeletal disorders [J]. Journal of the Ergonomics Society of Korea, 2016, 35 (3): 125-133.
- [2] 吴琳,肖吕武,周浩,等. 汽车制造业工人肌肉骨骼疾患工效学因素分析 [J]. 中国公共卫生, 2012, 28 (5): 47-49.
- [3] Salvendy G. Handbook of Human Factors and Ergonomics [M]. Fourth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2012: 10-25.
- [4] Zou GY. Sample size formulas for estimating intraclass correlation coefficients with precision and assurance [J]. Statistics in Medicine, 2012, 31 (29): 3972-3981.
- [5] Rondinone BM, Persechino B, Castaldi T, et al. Work-related stress risk assessment in Italy: The validation study of Health Safety and Executive Indicator Tool [J]. Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 2012, 34 (4): 392-399.
- [6] 张蔚,陈西峰,张雪艳,等. 肌肉骨骼疾患问卷(中文版)应用于造船行业的信效度 [J]. 环境与职业医学, 2017, 34 (1): 27-31.
- [7] Castro MAD, Baltar VT, Selem SS, et al. Empirically derived dietary patterns: Interpretability and construct validity according to different factor rotation methods [J]. Cadernos De Saúde Pública, 2015, 31 (2): 298-310.
- [8] 吴家兵,彭邦来,凌瑞杰,等. 某汽车制造企业电焊工肘痛患病状况及其影响因素分析 [J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29 (4): 270-272.
- [9] Kalteh HO. Evaluation of work fatigue in loading workers using muscle fatigue assessment method (MFA): A Case study in a brick factory [J]. Journal of LGBT Health Research, 2016, 2 (2): 30-37.
- [10] Hostens I, Ramon H. Assessment of muscle fatigue in low level monotonous task performance during car driving [J]. Journal of Electromyography & Kinesiology, 2005, 15 (3): 270-274.
- [11] Peterson, Robert A. Meta-analysis of cronbach's coefficient Alpha Oxford Academic [J]. Journal of Consumer Research, 1994, 21 (2): 381-391.
- [12] Didar HM, Afzal A, Hassan AIM, et al. Prevalence of work related musculoskeletal disorders (WMSDs) and ergonomic risk assessment among readymade garment workers of Bangladesh: A cross sectional study [J]. PLoS One, 2018, 13 (7): e0200122.
- [13] 王忠旭,李刚,秦汝莉,等. 汽车装配工人工作相关肌肉骨骼损伤危险暴露水平及发病调查研究 [J]. 环境与职业医学, 2012, 29 (1): 6-8.
- [14] Mao H, Qiu PY, Wen P, et al. Reliability and validity of DSSI-23 scale in a rural elderly population [J]. Journal of Sichuan University Medical Science Edition, 2015, 46 (1): 90-93.
- [15] 李灿,辛玲. 调查问卷的信度与效度的评价方法研究 [J]. 中国卫生统计, 2008, 25 (5): 541-544.
- [16] Wang SS, Liu YH, Shan QJ, et al. Reliability and validity of the Chinese version of patient empowerment scale among the elderly with chronic diseases [J]. Chinese General Practice, 2017, 20 (21): 2660-2664.

(收稿日期: 2020-05-22)