

BRIEF 在汽车制造业不良工效学因素识别评估中的信效度检验

邓华欣¹, 冉瑞红¹, 曹磊¹, 杨迪¹, 李小平¹, 邱翠娟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** 检验美国工效学基本因素检查表 (BRIEF) 中文版在我国汽车制造行业工人中的信度和效度。**方法** 采用整群抽样方法抽取重庆市某大型汽车制造企业生产流水线上 146 人为调查对象。选用内部一致性、折半信度系数、组内相关系数 (ICC)、因子分析、各维度得分与总分的相关性等对 BRIEF 进行信效度分析。**结果** **信度:** BRIEF 总 Cronbach's α 系数 0.947, 各维度的 Cronbach's α 系数 0.690~0.877; 折半信度 0.685; 重测信度检验中各维度 ICC 均>0.8。**效度:** 主因子分析原则提出 4 个公因子, 累计方差贡献率达 76.76%, 反映肩、手腕、肘和腿、背、颈部的工效学危害因素权重; 区分效度中, 左右手腕、肘、肩以及颈、背、腿与总问卷得分的相关系数 0.245~0.770, 各维度间的相关系数 0.034~0.768, 其中双上肢和颈、背、腿的相关系数均<0.4, 除肘部和腿部外其他各个维度与总问卷的相关系数均>0.4。**结论** BRIEF 中文版具有较好的信度和效度, 适用于我国汽车制造行业工人不良工效学因素识别的量化评估, 但仍需结合行业特点考虑汽车制造业中存在的特殊因素。

关键词: 工效学基本因素检查表 (BRIEF); 信度; 效度; 汽车制造业

中图分类号: R68 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-221X(2020)05-0387-04 **DOI:** 10.13631/j.cnki.zgggxyx.2020.05.001

Reliability and validity tests of Chinese version BRIEF applied in automobile manufacturing industry

DENG Hua-xin^{*}, RAN Rui-hong, CAO Lei, YANG Di, LI Xiao-ping, QIU Cui-juan, WANG Zhong-xu

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

Abstract: **Objective** To test the reliability and validity of the Chinese version of American baseline risk identification of ergonomic factors (BRIEF) in workers of a domestic automobile factory. **Methods** Cluster sampling method was used for selecting of 146 workers as study subjects from the production line of a large automobile manufacturing factory in Chongqing city, meanwhile, the internal consistency, half reliability coefficient, intra-group correlation coefficient (ICC), factor analysis, correlation between each dimension scores and total scores were used as well to analyze the reliability and validity of BRIEF. **Results** The results showed that the total Cronbach's α coefficient of BRIEF was 0.947, Cronbach's α coefficient of each dimension ranged from 0.690 to 0.877, half reliability was 0.685, ICC of each dimension in reliability retest all were greater than 0.8. According to the principle of principal factor analysis, there were four common factors proposed, the cumulative variance contribution rate reached 76.76%, reflecting the weight of ergonomic hazards of shoulder, wrist, elbow, leg, back and neck; among the discriminant validities, the correlation coefficient between left and right wrist, elbows, shoulder, legs, and neck, back with the total score of questionnaire were 0.245—0.770, and the correlation among each dimension were 0.034—0.768, the correlation coefficients of upper limbs, neck, back and leg were all less than 0.4 and the correlation coefficients of other dimensions with the total questionnaire were all greater than 0.4 except elbow and leg. **Conclusion** The results suggested that the Chinese version BRIEF has a good reliability and validity, which should be suitable for the quantitative evaluation on the identification of adverse ergonomic factors in the automobile manufacturing industry in China, However, it is still necessary to consider the special factors existed in the automobile manufacturing industry.

Keywords: baseline risk identification of ergonomic factors (BRIEF); reliability; validity; automobile manufacturing industry

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 (项目号: 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 (项目号: 2018MSXM016)

作者简介: 邓华欣 (1986—), 男, 硕士, 副主任医师, 从事职业卫生工作。

通信作者: 邱翠娟, 主管医师, E-mail: 21781865@qq.com; 王忠旭, 研究员, E-mail: wangzx@niohp.chinaacdc.cn

职业性肌肉骨骼疾患 (work-related musculoskeletal disorders, WMSDs) 是一类普遍存在的工作相关疾病, 以骨关节和肌肉系统的疼痛、活动受限为主要临床表现, 常常累及颈、肩、上下肢、腰背等多个身体部位, 危害职业人群的身心健康^[1-3]。2009 年以来, 中国已成为汽车产量最多的国家, 汽车制造业工人可能接触较为严重的肌肉骨骼疾患危险因素^[4]。美国工效学基本因素检查表 (baseline risk identification of ergonomic factor, BRIEF) 是一项简单、易于理解、可靠的不良工效学因素识别方法^[5], 用于识别不同任务单元身体各部位存在的危险因素, 包括姿势、用力、持续时间和重复性频率。目前, 国内尚未见将 BRIEF 用于汽车制造业的适用性研究。本研究根据汽车制造行业特点, 探究 BRIEF 方法在国内汽车制造行业的信效度。

1 对象与方法

1.1 对象 采取整群抽样方法, 选择重庆市某汽车制造企业各工段班组的作业人员作为调查对象。本次调查共发放问卷 164 份, 回收 158 份, 回收率为 96.3%; 其中有效问卷 146 份, 有效率为 92.4%。问卷信效度检验的样本量要求一般是问卷条目数的 5~10 倍为宜。BRIEF 问卷条目数为 17 条, 本次调查的有效问卷数满足进行信效度检验的样本量要求。主要车间包括车身、冲压、总装车间; 涉及的主要工种有操作工、焊工、汽车装配工等。

纳入标准: 观察对象知情同意, 年龄>18 周岁, 工龄>6 个月的在职工人。排除既往有外伤、先天性肌肉骨骼疾患以及因其他疾患累及导致肌肉骨骼损伤者。

1.2 方法 采用现场录制重点作业活动视频、实验室评分的方法, 选择国内外通行的 BRIEF (中文版), 采用信度、效度方法对 158 名有效问卷研究对象的重点作业活动进行现场视频录制、实验室 BRIEF 评分和信效度分析。现场录制视频完毕经检查核对后, 删除无效视频 12 个, 对 146 个有效视频进行实验室观测评分及重测信度检验; 从 146 个视频中按 32% 的比例随机抽取 48 名观察对象的视频, 一周后进行重新观测评分。

1.2.1 BRIEF (中文版) 由中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所经过多次修订, 保证了问卷的等价性。量表对身体上肢的左右手腕、手肘、肩和躯干的颈、背、腿 6 个部位动作活动的姿势、力量、持续时间和动作频率 4 项指标共 17 个条目进行现场调查和观测, 以计分大小判定风险, 每个部位共 4 项

指标, 每项记 1 分, 最高 4 分。4 项指标中的姿势和力量两个分项指标在不同部位会有多项检查内容, 只要有 1 个存在则该分项指标记为 1 分。一般分值 ≥ 2 分作为判定危险的标准。

1.2.2 质量控制 调查前, 向企业说明调查目的和内容, 以取得支持和配合; 调查人员进行量表有关的视频录制和实验室评分的统一培训, 确保录制方法、评分标准、时间进度、观测内容等统一, 保证结果数据的可靠、准确。现场调查和录制时, 尽量不干预观测对象的正常作业活动。

1.3 信度检验

1.3.1 内部一致性信度 指量表内部一致性, 常采用 Cronbach's α 系数。理论上 Cronbach's $\alpha > 0.8$ 提示内部一致性非常好, 0.7~0.8 提示一致性好, 0.65~0.7 提示最小可接受值, <0.65 提示较差。实际应用中一般要求 >0.5 ^[6,7]。

1.3.2 折半信度 指在同一时间内、在相同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, 为校正折半后计算相关系数, 采用斯皮尔曼-布朗 (Spearman-Brown) 公式, 一般要求折半信度系数 $r > 0.7$ ^[8]。

1.3.3 重测信度 指不同评估人员对同一对象进行评估时一致性的指标, 采用组内相关系数 (ICC), 即个体变异度/总变异度, 其值为 0~1。ICC<0.4 表示信度较差, >0.75 表示信度良好。一般要求 ICC 系数的最小接受值为 0.4^[9]。

1.4 效度检验

1.4.1 结构效度 采用 KMO 和 Bartlett 球形检验。KMO 检验系数 >0.5 , Bartlett 球形检验 $P < 0.05$ 时, 量表才有结构效度, 可进行因子分析, 判断结构效度。首先要求因子的累计方差贡献率 $>40\%$, 其次每个因子在其公因子上有较高负荷 (>0.4), 最后公因子方差均 >0.4 , 表示每个条目至少有 40% 可以用某一公因子解释, 选出主因素进行工效学危害因素权重分析^[10]。

1.4.2 区分效度 问卷不同条目或维度之间的相关性不大, 但与总问卷相关性较高。与总问卷相关系数 >0.7 为强相关, 0.3~0.7 为中度相关, <0.3 为弱相关, 各维度之间的相关性 <0.4 ^[11]。

1.5 统计分析 检查表采用电子表形式并导出数据, 采用 Excel 2010 和 SPSS 22.0 软件进行统计分析。

2 结果

2.1 问卷信度

2.1.1 内部一致性信度 应用 BRIEF 检查表对汽车制

造工人的作业活动视频进行观测评分，再对检查表各项得分进行计算。总问卷的 Cronbach's α 系数为 0.947，各维度的 Cronbach's α 系数范围 0.690~0.877。见表 1。

表 1 BRIEF 的内部一致性信度

维度	Cronbach's α	维度	Cronbach's α
左手腕	0.766	右肩	0.875
左肘	0.849	颈	0.777
左肩	0.877	背	0.795
右手腕	0.690	腿	0.848
右肘	0.841	总条目数	0.947

2.1.2 折半信度 采用 Spearman-Brown 公式计算奇偶两半题项的相关系数为 0.685。

2.1.3 重测信度 重测信度检验中的左手腕、左肘、左肩、右手腕、右肘、右肩、颈、背、腿得分的 ICC 0.819~0.996，均>0.75。详见表 2。

表 2 BRIEF 的重测信度分析结果

维度	ICC	95%CI
左手腕	0.907	0.856, 0.940
左肘	0.819	0.726, 0.882
左肩	0.996	0.993, 0.997
右手腕	0.955	0.929, 0.971
右肘	0.964	0.944, 0.977
右肩	0.946	0.915, 0.966
颈	0.984	0.974, 0.990
背	0.949	0.920, 0.958
腿	0.914	0.867, 0.945

表 4 不同维度 BRIEF 的区分效度

维度	左手腕	左肘	左肩	右手腕	右肘	右肩	颈	背	腿	总问卷
左手腕	1									
左肘	0.113	1								
左肩	0.232 *	0.191	1							
右手腕	0.768 **	0.237 *	0.163	1						
右肘	0.034	0.674 **	0.157	0.094	1					
右肩	0.178	0.163	0.896 **	0.102	0.112	1				
颈	0.336 **	0.055	0.140	0.144	0.135	0.047	1			
背	0.155	0.062	0.261 *	0.086	0.013	0.208	0.196	1		
腿	0.128	0.269 *	0.191	0.077	0.156	0.175	0.160	0.157	1	
总问卷	0.611 **	0.252 *	0.770 **	0.452 **	0.245 *	0.692 **	0.490 **	0.537 **	0.366 **	1

注：*， $P<0.05$ ；**， $P<0.01$ 。

3 讨论

目前，BRIEF 已在国内的航空搬运业、造船业、制鞋业中应用^[12-14]，但尚未进行信效度检验。本文旨在研究 BRIEF 在汽车制造业中使用的信效度。本研究所选企业工艺完整、工种分布广泛、工作活动规

2.2 问卷效度

2.2.1 结构效度 该问卷 KMO 检验系数为 0.580，Bartlett 球形检验 $\chi^2=353.769$ ， $P<0.01$ ，说明问卷适宜做因子分析。采用主成分方差最大正交旋转法对 BRIEF 进行结构效度的因子分析。提取特征根>1 的因子 4 个，累计方差贡献率达 76.76%。所有维度在其公因子上的负荷均>0.4。见表 3。

表 3 BRIEF 各维度因子载荷分布（主成分方差最大正交旋转法）

维度	因子载荷			
	F1	F2	F3	F4
左肩	0.923	0.104		0.101
右肩	0.915			0.128
左手腕	0.119	0.921		
右手腕		0.884	0.127	
左肘			0.938	
右肘			0.933	
腿		-0.125		0.840
背	0.426	0.151		0.585
颈	0.261	0.335	-0.127	0.495
特征根	2.683	1.872	1.346	1.007
贡献率（%）	29.813	20.802	14.956	11.187
累计贡献率（%）	29.813	50.616	65.572	76.759

注：因子 F1 主要反映肩部的工效学危险因素，F2 主要反映手腕部的工效学危险因素，F3 主要反映手肘部的工效学危险因素，F4 主要反映腿、背和颈部的工效学危险因素。

2.2.2 区分效度 左手腕、左肘、左肩、右手腕、右肘、右肩、颈、背、腿的相关系数 0.034~0.768，与总问卷的相关系数 0.245~0.770。详见表 4。

范，是中国汽车制造业中有代表性的企业。信效度检验的因子分析对于样本量的要求较高，一般需达到问卷项目数的 5~10 倍，本文有效样本量 146 个，满足 17 个条目信效度检验的要求。汽车制造企业总装车间属于劳动密集型生产线，根据生产工艺选取主要生

产车间的主要作业工种,使样本能够较好的代表国内汽车制造业的总装工人。

信度是指量表测量结果的可信或一致性程度,代表重复测量结果的相似程度。BRIEF 的内部信度选用指标是 Cronbach's α 系数和折半信度,外在信度选用指标是重测信度的 ICC。从本研究结果看,BRIEF 总问卷的 Cronbach's α 系数为 0.947。Cronbach's $\alpha > 0.8$ 的维度有左肘、左肩、右肘、右肩、腿,表示内部一致性极好;0.6~0.8 的维度有左手腕、右手腕、颈和背,表示内部一致性较好,提示 BRIEF 量表具有内部一致性,各维度间的相关性较好。折半信度用于测量两半量表所测分数间的一致性,采用 Spearman-Brown 公式计算两半量项的相关系数为 0.685,在 0.6~0.8 之间;重测信度各维度 ICC 0.819~0.996,均 >0.75 。提示 BRIEF 量表内部一致性信度、折半信度和重测信度均较为理想。由于目前仍无不良工效学因素识别方法的金标准,所以测量量表的效标效度较为困难。内容效度是主观指标,在编制 BRIEF 中文版过程中有专家指导,一定程度上保证了较好的内容效度。结构效度反映研究工具所依据的理论与理论框架相符合程度。本研究中,问卷 KMO=0.580,且 Bartlett 球形检验结果有意义,提示适合进行因子分析。因子分析提取 4 个特征根 >1 的公因子,累计方差贡献率 76.76% ($>40\%$),可以归纳为肩部、手腕部、手肘部和腿部 4 个方面,与 BRIEF 问卷测量的肩、手腕、肘和腿、颈、背部的姿势、力量、持续时间和动作频率 4 项指标基本一致。调查结果还显示,各维度的相关性 0.232~0.896,其中左右双侧的手腕、肘部、肩部相关系数均 >0.6 ,且差异有统计学意义;左右上肢和颈、背、腿部的相关系数均 <0.4 ;原因可能与汽车制造业工人以双手作业为主,且以站立作业最为常见的动作姿态有关,因此双上肢各部位相关性较高,颈、背和腿部的姿势、力量、持续时间和动作频率根据各个工种实际情况有所不同。

综上,BRIEF 应用于汽车制造业有一定的信效度,使用该问卷对汽车制造业工人中的 WMSDs 风险因素进行评价,有一定的研究意义。但仍需考虑汽车制造过程中存在节奏快和重复度高的体力工作、费力的手工操作、非中性的姿势(包括动态或静态)、机械压力、局部或全身振动等特殊因素^[15,16]。此外,本次研究样本量较小,可能导致检验效能不够大。由于较难获得工效学危害因素识别的金标准,未进行效

标效度的检验等,还有待进一步完善。

(志谢:感谢本次调查研究过程中给予帮助与支持的参与者与调查员)

参考文献

- [1] Stock SR, Nicolakakis N, Vézina N, *et al.* Are work organization interventions effective in preventing or reducing work-related musculoskeletal disorders? A systematic review of the literature [J]. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2018, 44 (2): 113-133.
- [2] 谭强,顾春晖,陈美英,等.我国 1997—2017 年肌肉骨骼损伤研究文献计量学分析 [J]. *职业卫生与应急救援*, 2018, 36 (6): 508-511.
- [3] Petit A, Bodin J, Angélique D, *et al.* Risk factors for episodic neck pain in workers: A 5-year prospective study of a general working population [J]. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2017, 91 (3): 1-11.
- [4] 陈斯琦,丁柯哈,叶舒怡,等.汽车制造厂工人下背痛影响因素调查 [J]. *中国职业医学*, 2018, 45 (6): 77-81.
- [5] 张敏,鲁洋.《工效学检查要点》在中国的推广应用(2)工效学检查表及其使用方法 [J]. *劳动保护*, 2014 (4): 109-111.
- [6] 张蔚,陈西峰,张雪艳,等.中文版职业重复性活动检查表应用于造船行业的信效度 [J]. *环境与职业医学*, 2017, 34 (1): 32-36.
- [7] 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.
- [8] 马文军,潘波.问卷的信度和效度以及如何用 SAS 软件分析 [J]. *中国卫生统计*, 2000, 17 (6): 364-365.
- [9] 廖敏.问卷的信度和效度以及 SPSS 软件运用 [J]. *科技展望*, 2016, 26 (16): 290.
- [10] 刘朝杰.问卷的信度与效度评价 [J]. *中国慢性病预防与控制*, 1997, 5 (4): 32-35.
- [11] 刘学宗,张建,于书彦.关于量表的信度和效度 [J]. *首都医科大学学报*, 2004, 22 (4): 314-317.
- [12] 唐丽华,王忠旭,张蔚,等.BRIEF 和 PLIBEL 方法在评价航空搬运工人肌肉骨骼疾患中的应用 [J]. *中国工业医学杂志*, 2016, 29 (4): 248-251.
- [13] 王忠旭,陈西峰,张蔚,等.BRIEF 和 PLIBEL 方法在评价造船作业工人肌肉骨骼疾患中的应用 [J]. *中国工业医学杂志*, 2016, 29 (4): 244-248.
- [14] 许旭艳,沈波,陈艳,等.BRIEF 和 QEC 在制鞋作业工人肌肉骨骼疾患研究中的应用 [J]. *中国工业医学杂志*, 2017, 30 (5): 328-331.
- [15] 郝培,李医博,武姗姗,等.机械制造行业员工工作有关肌肉骨骼疾患影响因素分析 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2020, 38 (3): 187-192.
- [16] 金宪宁,杨丽云,张忠彬,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.

(收稿日期:2020-07-04)