

民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤 风险综合量化评价体系研究

唐历华¹, 田玲玲¹, 王忠旭², 吕海峰³

(1. 中国民航管理干部学院, 北京 100102; 2. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050;
3. 北京空港航空地面服务有限公司, 北京 101300)

摘要: **目的** 探讨民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤 (MSDs) 风险影响因素的评价指标体系的建立和权重确定。**方法** 通过理论分析、专家调查和问卷调查等方式, 分析影响民航手工搬运作业人员 MSDs 风险的多方面因素, 以工作、生理、心理、环境和行李等 5 个因素为准则, 构建了民航手工搬运作业人员 MSDs 风险评价指标体系, 是基于序关系分析法 (G1 法) 对作业人员肌肉骨骼损伤状况进行的评判, 并确定了指标体系中各指标的权重, 建立了民航手工搬运作业人员 MSDs 风险三级综合评价指标体系, 将第三层子因素的 MSDs 风险分为五个等级进行分级量化, 每名手工搬运作业人员 MSDs 指标分别对应不同的损伤程度。**结果** 根据建立的综合评价指标体系编制民航手工搬运作业人员 MSDs 风险自测调查问卷, 实现了民航手工搬运作业人员 MSDs 风险综合量化评价。**结论** 由于民航手工搬运作业人员 MSDs 风险影响因素的多样性和复杂性, 评价指标体系建立和权重确定较为困难。G1 法为该作业群体 MSDs 风险评价提供了一种切实可行的思路。

关键词: 手工搬运提举; 肌肉骨骼损伤 (MSDs); 风险综合量化评价体系

中图分类号: R68 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2017)06-0421-04 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2017.06.004

Research of comprehensive quantitative evaluation system on risk of musculoskeletal damages in manual handling workers of civil aviation

Tang Lihua*, Tian Lingling, Wang Zhongxu, Lyu Haifeng

(* . Civil Aviation Management Institute of China, Beijing 100102, China)

Abstract: **Objective** To discuss the comprehensive quantitative evaluation system on risk of musculoskeletal damages (MSDs) in manual handling workers of civil aviation and the determination of weights. **Methods** By theoretical analysis, expert survey and questionnaire, the influential factors for the risk of MSDs in manual handling workers of civil aviation were analyzed, five factors such as working load, physiological situation, psychological and luggage condition were taken as the basic criteria, and a comprehensive quantitative evaluation system for risk of MSDs in manual handling workers of civil aviation was established and the order relation analysis method (G1 method) was used to calculate the weights of indexes, thus, the three grade comprehensive evaluation system for risk of MSDs was established. Then, the third level of WMSDs index were quantized by divided into five grades, the MSDs indices of the workers might respectively correspond to different degrees of MSDs. **Results** Through the statistical analysis of the questionnaires on risk of MSDs in manual handling workers of civil aviation based on the basis of comprehensive quantitative evaluation system the comprehensive quantitative evaluation of MSDs risk in manual handling workers of civil aviation was realized. **Conclusion** The results showed that the comprehensive quantitative evaluation system provides a practical way for the evaluation of MSDs risk in manual handling workers of civil aviation.

Key words: manual handling workers; musculoskeletal damages (MSDs); comprehensive quantitative evaluation system for risk

手工搬运提举导致的肌肉骨骼疾患 (尤其是下背痛)^[1,2]正在引起职业卫生界的广泛关注。民航搬运作业包括沉重货物或行李的提举、移动、分拣、运载和装卸等操作, 广泛存在重负荷、推拉、搬运、频繁重复性弯腰、屈膝、扭转等不良姿势和负荷作业, 是导致民航搬运作业人员工作相关肌肉骨骼疾患 (WMSDs) 的重要

因素^[3]。WMSDs 的影响因素具有多元性, 与操作者身高、作业空间狭小、重体力负荷、不良作业姿势、重复性操作等因素有关, 且同搬运年限呈正相关, 不良因素之间以一种复杂的方式相互作用。如何对民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险进行系统的定量评价, 建立科学的评价指标体系, 并提出一套切实可行的评价方法, 是 WMSDs 风险评价中的关键问题。

1 对象

邀请职业病防治专家、安全管理人员、人因因素

收稿日期: 2017-03-27; 修回日期: 2017-10-10

基金项目: “十二五”科技支撑项目 (编号: 2014BAH12B03)

作者简介: 唐历华 (1976—), 女, 副研究员, 从事医学和安全生产工作。

研究人员以及多年从事民航手工搬运作业人员共 30 人进行问卷调查, 征求和提炼专家群体意见, 对上述可能诱导 WMSDs 的因素进行筛选和验证。采取整群抽样方式, 随机选取国内某大型机场各年龄段的 700 名手工搬运作业人员发放自测调查问卷。共收回问卷 678 份, 其中 50 份因问卷缺失情况较为严重, 用于分析的有效问卷为 628 份, 有效问卷回收率为 89.7%。

2 方法

通过问卷调查、实地调研和专家访谈等方式, 在综合分析民航手工搬运作业人员 WMSDs 影响因素的基础上, 筛选能够全面反映该作业群体 WMSDs 风险的指标并建立三层评价指标体系。选用序关系分析法 (G1 法) 确定各评价指标的权重。为了便于计算统一将第三层子因素的 WMSDs 风险指标进行分级量化取值。根据已经建立的民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险评价体系模型, 制定自评调查问卷, 使用已经计算出来的各指标的权重值, 依据指标体系计算出作业人员自测 WMSDs 指数得分。经过统计分析确定 WMSDs 程度的取值区间, 最终实现对民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险的综合量化评价, 为 WMSDs 风险管理提供数据支持。

2.1 风险评估的基本原理依据

由于影响 WMSDs 的因素较多, 且具有模糊性, 难以量化, 因此运用 G1 法对指标进行赋权, 然后应用模糊关系合成原理, 对 WMSDs 风险隶属度等级状况进行多层次模糊评价。序关系分析法 (order relation analysis method) 是由郭亚军教授提出的一种针对 SDs 评估的改进方法^[4], 它克服了层次分析 (AHP) 法的缺陷, 每一步都能充分体现专家的意愿, 过程清晰、明确, 方法简单、实用, 无需判断矩阵, 无需进行一致性检验。

2.1.1 确定序关系 若评价指标 x_i 相对于某评价准则的重要程度大于 x_j , 则记为 $x_i > x_j$; 对于评价指标集 $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, 专家从中依次选出 1 个认为最重要的一个指标, 依次标记为 $x_1 > x_2 > x_3 \dots > x_m$, 由于受专家主观因素的影响, 不同专家确定出的序关系往往是不同的。

2.1.2 相对重要度 对于某些问题来说, 仅仅给出了序关系还不够, 还要确定出评价指标对于某评价准则的权重系数, 判断 x_{k-1} 与 x_k 的相对重要程度。采用重要程度之比表征专家对相邻指标 x_{k-1} 和 x_k 之间相对重要程度的比较判断: $r_k = \omega_{k-1} \omega_k^{-1} (k = m, m-1, m-2, \dots, 3, 2)$ 。赋值见表 1。

表 1 r_k 赋值参考表

r_k	重要程度
1.0	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 同样重要
1.2	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 稍微重要
1.4	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 明显重要
1.6	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 强烈重要
1.8	指标 x_{k-1} 与指标 x_k 极端重要

2.1.3 权重系数 若专家 (或决策者) 给出的 r_k 理性赋值满足表 1 的要求, 则 ω_k 为 $\omega_m = [1 + \sum_{k=2}^m \prod_{i=k}^m r_i]^{-1}$, $\omega_{k-1} = r_k \omega_k$

2.2 WMSDs 风险模糊评判

2.2.1 WMSDs 风险评价指标体系 查阅国内外文献, 汇总可能导致 WMSDs 的因素后, 结合职业病防治专家、安全管理人员、人因因素研究人员和多年从事民航手工搬运作业人员的调查问卷结果, 筛选和验证可能诱导 WMSDs 的因素; 综合考虑工作、生理、行李、心理、环境等因素, 建立民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险评价指标体系。见图 1。

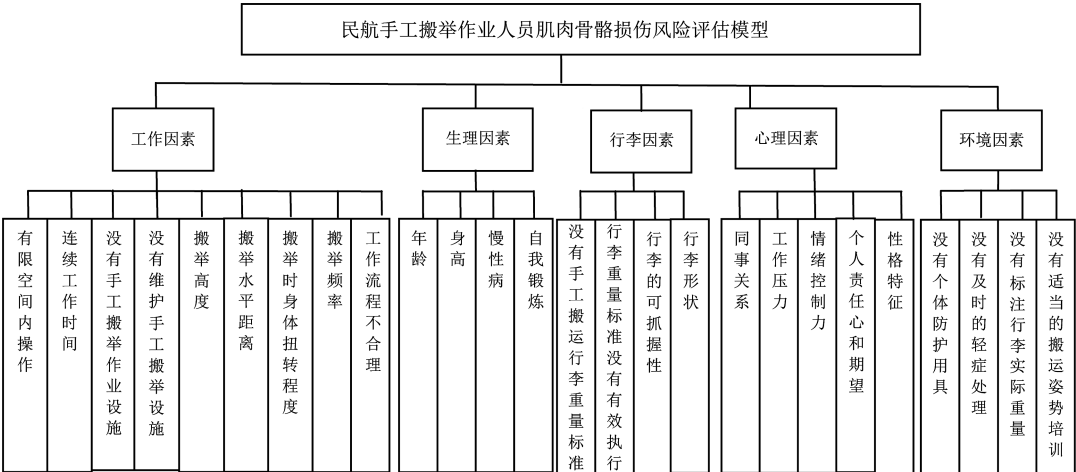


图 1 民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险评价指标层次结构图

2.2.2 确定评价指标体系的指标权重 根据上述建立的民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险评价指标体系,依据 G1 法的要求制定专家咨询问卷,请专家先对各层指标进行排序,然后给出两两指标间的重要度

评价。30 位专家中有 28 位问卷回复有效。依据专家对各层指标的排序和重要度对比情况,采用 G1 法确定各层指标权重。二级和三级指标权重计算结果见表 2。

表 2 指标体系权重结果

二级指标			二级指标		
三级指标		权重	三级指标		权重
工作因素 X1 0.284 6	x1 有限工作空间	0.223 8	行李因素 X3 0.337 9	x1 没有手工搬运行李重量标准	0.376 3
	x2 连续工作时间	0.198 8		x2 行李形状	0.167 7
	x3 没有手工搬运作业设施	0.163 7		x3 没有有效执行行李重量标准	0.263 5
	x4 没有维护手工搬运作业设施	0.122 6		x4 行李的可抓握性	0.192 5
	x5 搬运高度	0.083 0	心理因素 X4 0.098 3	x1 同事关系	0.252 8
	x6 搬运水平距离	0.045 3		x2 工作压力	0.282 6
	x7 搬运时身体扭转程度	0.072 3		x3 情绪和心理控制能力	0.171 4
	x8 搬运频率	0.051 5		x4 个人责任心和期望	0.161 8
	x9 工作流程不合理	0.039 0		x5 性格特征	0.1314
生理因素 X2 0.123 7	x1 年龄	0.339 8	环境因素 X5 0.155 5	x1 没有个体防护用具	0.295 4
	x2 身高	0.192 3		x2 没有及时的轻症处理	0.197 1
	x3 慢性病	0.250 6		x3 没有标注行李的实际重量	0.208 6
	x4 平时锻炼	0.057 0		x4 没有适当的搬运姿势培训	0.298 9

2.3 民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险评价模型

为了便于计算,统一将第三层因子的损伤指标进行分级量化取值,分为五个等级(0 至 4),每个损伤指标分别对应不同的损伤程度。见表 3。

表 3 肌肉骨骼损伤风险与损伤程度对应关系

风险指标	损伤程度
1.00	重度
0.75	中度
0.50	轻度
0.25	极轻微
0	无

根据 WMSDs 风险评价指标体系,编制手工搬运作业人员 WMSDs 自测问卷,向国内某大型机场 700 名各年龄段的手工搬运作业人员发放问卷。628 份有效问卷统计显示,存在严重 WMSDs 89 人、中度损伤 256 人、轻度损伤 132 人、轻微损伤 96 人,无损伤 55 人。使用已经计算出的各指标权重值,获得每个 WMSDs 指数得分。

对 628 个计算出的 WMSDs 指数进行排序,并结合已统计出来的各损伤程度的人数比例,划分 WMSDs 分级区间。重度:[3.4331, 4),中度:[1.8025, 3.4331),轻度:[0.9618, 1.8025),轻微:[0.3503, 0.9618),无[0, 0.3503)。

3 实例

某大型机场一名男性手工搬运作业人员,依据其问卷调查结果(表 4)分层权重计分,得出该手工搬运作业人员损伤指数:0.2368×(0.2083×0.75+

0.1889×0.75+0.1519×0.75+0.1246×0.75+0.09203×0.75+0.07534×0.50+0.06221×0.50+0.05145×1.00+0.04507×0.75)+0.1767×(0.3731×0.75+0.2649×0.75+0.2017×0.75+0.1603×0.50)+0.3382×(0.3763×0.50+0.1677×1.00+0.2636×0.50+0.1924×0.25)+0.1333×(0.2828×0+0.2339×0+0.1819×0+0.1618×0+0.1396×0)+0.1150×(0.2686×1.00+0.1971×0.75+0.1686×0.75+0.3657×0.75)=2.79115,该手工搬运作业人员属于中度肌肉骨骼损伤。

除了对个体进行评定之外,还可以利用该方法对某单位全部手工搬运作业人员的 MSDs 情况进行评价,并根据损伤程度和问卷结果,提出相应的预防管理措施。

4 讨论

民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险的评价,一直采用基于现场测量的工效学方法^[3],但工效学方法耗时长,人力、财力付出大,并且只能评估已经发生的肌肉骨骼损伤。我们更加关注肌肉骨骼损伤的预防,因此根据民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤的影响因素,构建涵盖工作、生理、行李、心理、环境因素等 5 个方面的民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险评价指标体系。通过确定指标序关系,运用 G1 法确定各指标权重,针对评价指标的模糊特征,提出民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险模糊评价方法。

表 4 某男性机场搬运人员 WMSDs 问卷调查结果

二级指标	三级指标	分值	二级指标	三级指标	分值
行李因素	手工搬运行李重量标准不明确	0.75	工作因素	每天连续工作时间≥4 h	0.50
	行李形状多不规则	0.75		飞机货舱空间狭小	1.00
	没有有效执行手工搬运行李重量标准	0.75		手工搬运作业设施少	0.50
	行李普遍偏大	0.75		没有维护手工搬运作业设施	0.25
	搬运高度多为腰至肩部之间	0.75	心理因素	同事关系和谐	0
	搬运水平距离多为 0~3 m	0.50		工作压力小	0
	搬运时常身体扭转	0.50		情绪和心理控制能力佳	0
	搬运频率频繁	1.00		个人期望不高	0
	行李的可抓握性差	0.75	环境因素	性格特征开朗外向	0
生理因素	年龄 40 岁	0.75		没有个体防护用具	1.00
	BMI 值 27	0.75		没有及时的轻症处理	0.75
	有腰肌劳损慢性病	0.75		没有标注行李的实际重量	0.75
	平时锻炼少	0.50		没有适当的搬运姿势培训	0.75

通过对某机场手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险模糊综合评判的实例分析,说明该方法有效可行,可量化确定民航手工搬运作业人员 WMSDs 风险等级水平,快速有效实现 WMSDs 综合状况的自评,从而为相关单位制定合理的工作计划、行李重量限制和疗养保健制度提供可靠的参考和依据。结合民航手工搬运作业人员肌肉骨骼损伤风险特征,深入探索 WMSDs 致因机制与控制措施,将是下一步重点研究的方向。

参考文献:

[1] 张文科,陈延平. 工业中的下背痛 [J]. 中国工业医学杂志, 1994, 17 (1): 33-35.

[2] Lu ML, Waters TR, Krieg E, *et al.* Efficacy of the revised NIOSH lifting equation to predict risk of low-back pain associated with manual lifting: A one-year prospective study [J]. Journal of occupational & Environmental Medicine, 2014, 53 (9): 1061-1067.

[3] 唐历华,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): 244-248.

[4] 牛丽,陈珂,程媛. 改进的层次分析法在就业综合评价中的应用 [J]. 计算机仿真, 2011, 28 (5): 376-379.

(上接第 414 页)

[3] Mast RW, Maxim LD, Utell MJ, *et al.* Refractory ceramic fiber: toxicology, epidemiology, and risk analyses—a review [J]. Inhal Toxicol, 2000, 12 (5): 359-399.

[4] 张敏,张幸. 耐火陶瓷纤维流行病学和毒理学研究进展 [J]. 环境与职业医学, 2013, 30 (1): 63-66.

[5] IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: man-made vitreous fibers [M]. Lyon: IARC-Press, 2002.

[6] 朱晓俊,李涛,王鸿飞. 耐火陶瓷纤维对作业工人肺通气功能的影响 [J]. 环境与职业医学, 2015, 32 (5): 399-403.

[7] 梁崑. 多层 CT 对石棉肺的肺功能与小气道早期改变研究 [D]. 天津医科大学, 2015.

[8] 刘月红,潘宝忠,相葵,等. 尘肺病早期小气道功能测定分析 [J]. 海峡预防医学杂志, 2013, 19 (5): 92-93.

[9] 孔令星,连理云,李筱玲. 煤工尘肺小气道功能损害的情况分析 [J]. 中国城乡企业卫生, 2014, 29 (3): 43-44.

[10] ACGIH. Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices [M]. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2014: 55.

[11] 朱晓俊,李涛,王鸿飞. 耐火陶瓷纤维粉尘质量浓度与纤维计数浓度的关系 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2015, 33 (4): 309-312.

[12] 朱晓俊,李涛,王鸿飞,等. 耐火陶瓷纤维作业工人纤维粉尘职业

接触水平分析 [J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28 (2): 98-101.

[13] 郑劲平,高怡. 肺功能检查使用指南 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 61-73.

[14] Maxim LD, Hadley JG, Potter RM, *et al.* The role of fiber durability/biopersistence of silica-based synthetic vitreous fibers and their influence on toxicology [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2006, 46 (1): 42-62.

[15] WHO. Determination of Airborne Fiber Number Concentrations: A Recommended Method, by Phase Contrast Optical Microscopy (Membrane Filter Method) [S]. Geneva: World Health Organization, 1997: 1-47

[16] Bernstein DM. Synthetic vitreous fibers: a review toxicology, epidemiology and regulations [J]. Crit Rev Toxicol, 2007, 37 (10): 839-886.

[17] 张丽萍,代华平,逮勇,等. 特发性间质性肺炎小气道功能异常研究 [J]. 中国实用内科杂志, 2010, 30 (8): 745-747.

[18] 朱蕾,刘莉. 小气道功能在支气管哮喘和慢性阻塞性肺疾病的意义 [J]. 中国呼吸与危重监护杂志, 2008, 8 (3): 163-164.

[19] 周绍权. 早期煤工尘肺 HRCT 分期及肺功能异常分析 [D]. 重庆医科大学, 2013.

[20] 朱晓俊,陈永青,李涛. 人造矿物纤维绝热棉对人体健康效应的研究进展 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2011, 29 (7): 553-556.