

心理物理方法在手工搬举任务设计中的应用

肖国兵

(宁波市卫生监督所, 浙江 宁波 315010)

摘要: 国外采用心理物理方法对手工操纵任务进行设计(重量、力、频率等)及研究,并以此来减少骨骼肌肉疾患的发生。本文就心理物理方法的基本原理、评价方法、影响因素以及局限性作一概述,提请应用者克服心理物理方法现有局限,进行更深入的研究。

关键词: 心理物理学; 手工操纵; 评价方法

中图分类号: R395 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2003)04-0229-03

The psychophysical approach to manual materials handling task design

XIAO Guo-bing

(Ningbo Municipal Agency for Public Health Inspection, Ningbo 315010, China)

Abstract: Psychophysics have been used to develop guidelines for design of manual materials handling tasks (weights, forces frequencies etc). This paper will give a brief introduction to the principles evaluations, risk factors and limitations of psychophysical approach. Its advantages and disadvantages were also discussed in this paper.

Key words: Psychophysics; Manual materials handling; Evaluation approach

近30年来,国外许多研究者开展了心理物理方法设计手工操纵(manual materials handling, MMH)任务,对控制骨骼肌肉疾患(MSDs)起到明显的促进作用。目前对操纵任务的评价方法(标准)主要有心理的、生物力学的和心理物理方法(标准)等^[1]。本文就心理物理方法的基本原理、对实际工作的作用及局限性概述如下。

1 心理物理学的概念和在工效学中的发展

心理物理学(精神物理学, psychophysics)是心理学的古老分支,它研究物理刺激和感官反应之间的关系。心理物理方法利用中枢神经系统结合不同的信息,包括来自外周活动的肌肉和关节,心血管和肺功能,通过主观感受来进行评价物理刺激的强弱程度^[2]。心理感受的强弱程度(sensation)或反应的程度(psychological magnitude) Ψ 与物理刺激的大小 ϕ 遵循幂函数关系,即 $\Psi = k\phi^n$, 常数项 k 取决于测量单位,而指数 n 值随感觉不同而不同, n 值可以小于1,如对气味和亮度的感觉;也可高达3.5,如电休克。

早在1956年就有学者应用心理物理方法(psychophysical approach)来评价MMH。Emanuel等^[3]通过指导大学生提举尽可能重的弹药装入飞机而且自我感觉比较安全,从而获得最大可提举重量。而Borg等应用心理物理方法对体力活动进行用力感受分析(Rating of perceived exertion, RPE)^[4]。

1967年起美国利宝安全卫生互助研究中心(利宝互助)的Snook和Irvine等应用心理物理方法研究举(lifting)、放(lowering)、

推(pushing)、拉(pulling)、运(carrying)、持(holding)和走(walking)等任务,并提出一套完整、至今仍在使用的试验操作指导方法,并利用最大可接受限值量表来设计MMH任务^[5]。此后,心理物理方法得以广泛使用,并获得许多有关设计MMH任务的数据,包括常规姿势(如双手)和非常规姿势(如单手操作、采矿等)情况下举和放的最大可接受的重量、推和拉最大可接受的起始力和持续用力以及搬运的最大可接受重量。1994年又发展到使用心理物理学的计算机评价程序(compuTask)进行评价,该程序能提供单纯和复杂任务的心理物理学评价结果(人群可接受的百分率、建议最大工作时间等)和美国国家职业安全卫生研究所(NIOSH)提举指数(lifting index)结果^[6]。此外,心理物理方法在评价时,常常与生理学指标结合用于肌肉活动的分析^[7]。

2 心理物理试验与心理物理标准

心理物理方法在工效学领域中有许多不同的应用形式,目前使用较普遍的是由利宝职业安全卫生研究中心研究者提出的心理物理试验方法^[8]。通常在实验室模拟后应用于实际工作,工作任务的设计目标是让至少75%的工人能够接受,更高的目标则是90%。其主要内容有2项。

2.1 最大可接受重量/力负荷

针对某项MMH任务(如提举),设定结果变量(如提举重量),其他推举参数保持不变(如箱子的大小、提举高度、搬动距离等),选择测试对象(一般要求健康,能代表实际职业人群)进行试验。试验开始时要求受试者不断调整提举物体的重量,让受试者尽可能达到最大负荷(如重量),并设想能顺利持续8h,而不至于受伤、过分疲劳、虚弱、过热或气急,一般经过20min的调整期后,要求受试者对已选定的重

收稿日期: 2002-10-09; 修回日期: 2003-03-13

作者简介: 肖国兵(1966-),男,安徽青阳人,副主任医师,从事职业中毒、职业工效学研究。

量继续进行 20 min 以上^[9~12]。每次试验结束时重量或平均重量,即定义为受试对象该任务的最大可接受重量。通过多次试验,获得群体的 25%、50%、75%和 90%的最大可接受值,即心理物理学最大可接受提举重量评价表,即心理物理学的评价标准(psychophysical criteria),用以评价实际任务。同时可进行生理学测量(心率等)和自我用力感受评分来验证受试者的感受。

2.2 用力感受评分

2.2.1 Borg 评分法 Borg 早期发展^[4]主观评分表有 21 级,其中单数从 3 到 19 均有文字说明,如:3 相当轻;9 比较轻;17, 很费劲。1990 年 Borg 在此基础上又发展了两种等级评分表^[13],即用力感受等级(RPE)评分和分类等级(category ratio, CR)评分^[13,14]。RPE 为 6~20 分,6 分表示一点也不费力,而 20 分表示最大用力。分值的特殊设置主要是使分值与其心率基本成 10 倍的关系(评分×10 接近中年人心率),但分值之间不成等比关系。CR 则结合了等比的要求和水平估计,即将文字说明标在评分表上,分值分别为 0、0.5、1、2、……10;0 表示一点也不在乎,0.5 表示物理刺激极弱、刚刚能感觉到,10 为物理负荷极强、接近最大用力。“极大”则可以评 12、13 或者更高。

2.2.2 图示模拟评分 图示模拟评分(visual analog scales, VAS)是另一种经常使用的测量物理压力的方法。常用的是一条 10 cm 长的水平线,两端有标识或说明,即左侧为最容易的工作,右侧为最难的工作。让受试者在适当的位置划线来表达用力感受^[13]。Ulin 等^[15]则用相类似的方法进行评分,但左右两侧分别标以很不舒服和很舒服的工作,并以直线的起点(0 cm)、中间(5 cm)和终点(10 cm)处来分别表示很不舒服、有点不舒服、很舒服。同时,图视化评分可结合身体平面图来评价整个身体和局部的感受。Kumar 等^[16]在对 Borg's 评分、图示模拟评分和全身部位的评分(以 1~10 分别记录不适和疼痛)的比较后认为, Borg's 评分可能更有效。

此外,中国学者朱祖祥等曾采用心理物理学方法对中国人的重复提举能力进行了试验研究,结果显示最大可接受重量介于 11.34~18.33 kg,且最大可接受重量与个体测量学参数(如身高、膝高、前臂长等)存在相关性^[17]。台湾学者 Wu 等应用心理物理学方法对部分中国人的最大可接受重量进行了一些的研究,结果提示中国人最大可接受提举重量明显低于西方人(美国、德国等),同时中国女性的最大可接受提举重量约为男性的 54%~58%,也低于西方人的 60%~70%的比例^[18,19]。

3 心理物理学标准在 MMH 中的应用

Snook 等对美国 32 个州 191 例工作有关下背损伤赔偿案例进行了回顾性研究,对发生损伤的工作客观要求进行评价,并与利宝互助的心理物理学数据进行比较,结果发现,当工人被安排在任务要求超过群体 75%可接受水平时发生背部损伤的可能性是任务要求低于群体 75%可接受水平的 3 倍。经过比较后认为如果将工作任务设计在至少让 75%的人可接受的水平,那么至少可减少三分之一的下背痛赔偿病例^[20]。

Maras 等(1999)曾用 1981 年 NIOSH 的手工提举指南和

1991 年的 NIOSH 提举公式(一种综合评价提举负荷的方法)以及心理物理负荷评价标准,对 353 个可能发生下背痛的作业进行识别评价,结果显示 1981 年的 NIOSH 公式预测正确率,低危险任务为 91%,高危险为 10%(特异性高、敏感性低);1991 年的 NIOSH 提举公式则预测正确率,高危险为 73%,对中低危险任务不够好(敏感性高、特异性低)。而心理物理学评价标准则提示可接受 60%,中低危险度任务的可接受率分别为 64%和 91%。可见心理物理学评价方法具有较好的真实性(敏感性和特异性适中)^[21]。

4 心理物理学方法的优缺点与研究趋势

心理物理学方法是评价手工操纵方式是否合理的方法之一,与生物力学、生理学方法相比有以下优点和局限性。

优点:心理物理学对 MMH 任务的评价结果与下背痛有一定的关系,能够用于研究间断的 MMH 工作,应用范围比生物力学和生理学方法广,结果重复性好;同时花费低、费时少,实际应用价值大。

缺点:评价目标是“可接受值”,并不能表示“安全”,它是一种主观的方法。同时对弯腰和转身姿势影响不敏感,而弯腰和转身都与下背痛发生有关。对于低频率任务,心理物理学的结果可能超过生物力学压力限值(如椎间盘受压限值为 3400N),而对于高频率任务,心理物理学结果可能超过能量消耗限值标准。

研究发现有许多因素可以影响心理物理学评价的结果,一般随工作频率、持续时间、物体大小、移动速度、移动高度与距离等的增加而作业能力下降^[22~24]。一般来说,心理物理学方法所获得的最大可接受限值并非“安全”值, Karwowski 为此又提出了最大安全提举重量的概念(maximum safe weight of lift, MSWL),即通过指导受试者调整感觉安全的最大重量,而不是最大重量。Karwowski 等发现传统的方法最大安全重量显著低于最大可接受重量,同时,试验中使用的箱子颜色也会对受试者产生影响(如白色箱子结果高于黑色)^[25]。

心理物理学数据是一种工效学家设计手工工作和评价一种工作和一系列工作是否需要重新设计的一种选择方法,象任何一种评价工具一样,心理物理学方法有优点,也有缺陷。如果应用恰当,心理物理学方法将是一种强有力的 MMH 工作评价分析工具。

目前国外已有许多心理物理学研究成果,而国内应用心理物理学方法来评价手工业的报道很少。对我们来说,许多方面需要努力和完善,包括(1)引进国外心理物理学方面的先进成果,提高认识;(2)通过流行病学调查验证国内外心理物理学结果,结合人体测量和肌力测量来综合应用设计和评价 MMH 任务;(3)逐步发展具有本国特点的心理物理学研究领域;(4)发展结合其他症状(如疼痛、疲劳和不适)的敏感测量手段,提供更多的效应指标。

参考文献:

- [1] Dempsey FG. A critical review of biomechanical, epidemiological, physiological and psychophysical criteria for design manual materials handling

- tasks [J]. *Ergonomics*, 1998, 41: 73-88.
- [2] Stevens SS. The psychophysical of sensory function [J]. *Am Scientist*, 1960, 48: 226-253.
- [3] Snook SH. Future directions of psychophysical studies [J]. *Scan J Work Environ Health*, 1999, 25 (suppl 4): 13-18.
- [4] Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion [J]. *Scan J Work Environ Health*, 1990, 16 (suppl 1): 55-58.
- [5] Ayoub MM, Dempsey PG. The psychophysical approach to manual materials handling task design [J]. *Ergonomics*, 1999, 42: 17-31.
- [6] Liberty Mutual. Compu Task™ user manual; windows™ version [Z]. 1994.
- [7] Yoon H, James L, Smith JL. Psychophysical and physiological study of one-handed and two-handed combined tasks [J]. *Int J Ind Ergon*, 1999, 24: 49-60.
- [8] Dempsey PG. Prevention of musculoskeletal disorders: psychophysical basis [A]. W Karwowski, WS Marras (ed). *The Occupational Ergonomics Handbook* [M]. New York: CRC Press LLC, 1999. 1101-1126.
- [9] Ciriello VM, Snook SH, Black AC, et al. The effects of task duration on psychophysically-determined maximum acceptable weights and forces [J]. *Ergonomics*, 1990, 33: 187-200.
- [10] Ciriello VM, Snook SH, Hughes GJ. Further studies of psychophysically determined maximum acceptable weights and force [J]. *Human Factors*, 1993, 35: 175-186.
- [11] Snook SH, Ciriello VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces [J]. *Ergonomics*, 1991, 34: 1197-1213.
- [12] Wu SP. Maximum acceptable weight of lift by Chinese experienced male manual handlers [J]. *Applied Ergonomics*, 1997, 28: 237-244.
- [13] Krawczyk S. Psychophysical methodology and the evaluation of manual materials handling and upper extremity intensive work [A]. A Bhattacharya, J D McGlothlin (ed). *Occupational Ergonomics: Theory and Applications* [M]. New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. 137-163.
- [14] Halpern M. Ergonomics [A]. NR William (ed). *Environmental and Occupational Medicine* [M]. 3rd (edn). Philadelphia: Lippincott-Raven Publisher, 1988. 1423-1435.
- [15] Ulin SS, Ways CM, Armstrong TJ, et al. Perceived exertion and discomfort versus work height with a pistol-shaped screwdriver [J]. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1990, 51 (11): 588-594.
- [16] Kumar S, Narayan Y, Bjomsdottir S. Comparison of the sensitivity of three psychophysical techniques to three manual materials handling task variables [J]. *Ergonomics*, 1999, 42 (1): 61-73.
- [17] ZHU ZX, ZHANG ZJ. Maximum acceptable repetitive lifting workload by Chinese subjects [J]. *Ergonomics*, 1990, 33 (7): 875-884.
- [18] Wu SP. Psychophysically determined infrequent lifting capacity of Chinese participants [J]. *Ergonomics*, 1999, 42 (7): 952-963.
- [19] Wu SP, Chen CC. Psychophysical determination of load carrying capacity for a 1-h work period by Chinese males [J]. *Ergonomics*, 2001, 44 (11): 1008-1023.
- [20] Snook SH, Campanelli RA, Hart JW. A study of three preventive approaches to low back injury [J]. *J Occup Med*, 1978, 20: 478-481.
- [21] Marras WS, Fine LJ. The effectiveness of commonly used lifting assessment methods to identify industrial jobs associated with elevated risk of low-back disorders [J]. *Ergonomics*, 1999, 42 (1): 229-245.
- [22] Mital A. *A Guide to Manual Materials Handling*. 2nd (edn), London: Taylor & Francis 1997: 14-57.
- [23] Snook SH. Psychophysical studies of materials handling [A]. F Violante (ed). *Occupational Ergonomics; Work related musculoskeletal disorders of the upper limb and back* [M]. London: Taylor & Francis 2000. 149-156.
- [24] Keyserling WM. Workplace risk factors and occupational musculoskeletal disorder, Part 1: A review of biomechanical and psychophysical research on risk factors association with low-back pain [J]. *AIHAJ*, 2000, 61: 39-50.
- [25] Karwowski WS, Fine LJ. The effectiveness of commonly used lifting assessment methods to identify industrial jobs associated with elevated risk of low-back disorders [J]. *Ergonomics*, 1999, 42 (1): 229-245.

(上接第228页)

- [11] 吴伟鸿, 李翠琼. 急性氟乙酰胺中毒 11 例临床分析 [J]. *劳动医学*, 2000, 17 (3): 141.
- [12] 王一敏, 叶遗星. 氟乙酰胺急性中毒 82 例救治体会 [J]. *新医学*, 1998, 29 (9): 488.
- [13] 张其连. 急性氟乙酰胺中毒 35 例救治体会 [J]. *中国工业医学杂志*, 1999, 12 (2): 95.
- [14] 孙长龙, 金玉芝. 氟乙酰胺中毒引起骨髓抑制 1 例报告 [J]. *急诊医学*, 1991, 8 (4): 229.
- [15] 王文欢, 彭重恩, 邹益友. 急性氟乙酰胺中毒 7 例临床分析 [J]. *中华内科杂志*, 1996, 35 (2): 132.
- [16] 李树强, 徐希娴, 史志澄. 服用邱氏杀鼠剂引起急性氟乙酰胺中毒 1 例报告 [J]. *中国工业医学杂志*, 1996, 5: 311.
- [17] 黄家文, 华明, 刘惠芳. 成功抢救 5 例急性重度氟乙酰胺中毒患者的体会 [J]. *中国职业医学*, 2001, 3: 36.
- [18] 孟祥方, 盛丰华, 于涛. 急性氟乙酰胺中毒患者的心肌酶测定及其意义 [J]. *中华内科杂志*, 2000, 5: 339.
- [19] 焦凤兰. 氟乙酰胺中毒 5 例报告 [J]. *职业与健康*, 2001, 7: 85.
- [20] 黄汉林, 唐小江, 刘师琪, 等. 乙酰胺对小鼠心肌酶的影响 [J]. *中国工业医学杂志*, 1999, 4: 217-218.
- [21] 王晓峰, 段亚清, 刘光跃, 等. 少量多次氟乙酰胺中毒临床诊断及法医学鉴定的探讨 [J]. *中国媒介生物学及控制杂志*, 1994, 5 (4): 269-271.
- [22] 李国民, 李曰东, 许鸿娥. 氟乙酰胺中毒 1 例病理报告 [J]. *中国工业医学杂志*, 1994, 2: 94.