· 综　述 ·

工作相关肌肉骨骼疾患与人体工效学负荷研究进展

张令硕[1,2]，张放[2]

（1. 济南大学/山东省医学科学院医学与生命科学学院，山东 济南　250062；2. 山东省职业卫生与职业病防治研究院/山东第一医科大学/山东省医学科学院，山东 济南　250062）

摘要：工作相关肌肉骨骼疾患（WMSDs）是常见的慢性非传染性疾病。WMSDs 已成为影响工人健康、降低工人生命质量和造成经济损失的重要因素，可见于多个行业、工种。本文对 WMSDs 流行现状及人体工效学负荷相关研究进行综述，以期找到职业人群保护的可行方法。

关键词：工作相关肌肉骨骼疾患（WMSDs）；人体工效学负荷

中图分类号：R685　**文献标识码**：A　**文章编号**：1002-221X(2019)04-0299-03　**DOI**：10.13631/j.cnki.zggyyx.2019.04.023

Research progress on work-related musculoskeletal disorders

ZHANG Ling-shuo*，ZHANG Fang

(*School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan/Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China)

Abstract: Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) are common chronic non-communicable diseases has become an important factor affecting workers' health, reducing their life quality and causing economic losses, which can be found in many industries and work types. This article will reviews the current status of WMSDs and related research on its ergonomic load thereby find a feasible method for the protection of occupational population.

Key words: work-related musculoskeletal disorders (WMSDs); ergonomic load

工作相关肌肉骨骼疾患（work-related musculoskeletal disorders，WMSDs）国内也称作职业性肌肉骨骼疾患，是由作业场所不良因素导致肌肉、骨骼、神经等系统损伤，影响身体状况、生活质量和机体功能的一组疾病。主要特点是疼痛、不适与活动受限，是常见的慢性非传染性疾病。WMSDs 最常见的为下背痛（low back pain，LBP）、颈肩腕综合征（neck-shoulder-wrist syndrome，NSWS）和腕管综合征（carpal tunnel syndrome，CTS），可见于多个行业的多个工种，成为影响工人健康、降低生命质量和造成经济损失的重要因素。本文针对 WMSDs 国内外流行现状及其工效学负荷研究进行分析，为预防及控制 WMSDs 提供参考。

1　重点行业 WMSDs 流行现状

在美国和北欧等发达国家，WMSDs 是引起职工缺勤和失去劳动能力的主要疾病之一，一些国家已将其列为赔偿性疾病[1,2]。评估表明，美国 WMSDs 费用为 130～540 亿美元/年[3]。美国疾病预防与控制中心分析了 2015 年国家卫生服务调查（national health interview survey，NHIS）职业健康增补（occupational health supplement，OHS）中有关现职成年人的数据状态，建筑业和开采职业人群中 WMSDs 患病率最高（76.9%）[4]。我国“十一五”期间的调查发现，在煤炭、石油和冶金等 8 个行业中 WMSDs 患病率达 76.2%，其中腰部损伤最为多见[5]。煤矿工人是肌肉骨骼损伤（MSDs）的高危人群，有调查显示[6]，煤矿工人 WMSDs 年患病率为 65.6%，年患病率前四位的为腰部（50.7%）、颈部（39.8%）、肩部（33.8%）、膝部（33.8%），腰部 WMSDs 的患病率高于其他部位的原因可能是由于煤矿作业的特殊环境、工作体位和繁重的体力劳作等因素。流水线作业劳动者中，各部位损伤出现症状较高的为背部（39.02%）、肩肘部（38.21%），膝盖及以下部位最低（5.89%）。坐姿劳动者在颈部、手腕、手掌等部位症状阳性率高于非坐姿劳动者，膝盖及以下部位阳性率低于非坐姿劳动者，背部、肩肘部阳性率差异无统计学意义[7]。汽车装配作业广泛存在低负荷、快节奏、高重复、强迫体位等不良工效学问题，WMSDs 已成为主要职业危害。调查发现，汽车装配人群 WMSDs 发生率高达 84%，各部位发生率在 8.8%～50.6%之间，其中肩部（50.6%）最为严重，其次为颈部（49.7%）、下背（43.4%）、手腕和小腿（均为 38.4%）[8]。此结果与多数研究认为汽车行业 WMSDs 一般多以下背部最为严重的结论存在差异[9]，可能与所选人群的年龄、工龄以及 WMSDs 确认标准有关。农业作为劳动密集型产业，尤其受到 MSDs 的影响，包括腰、背、膝关节、肩关节、颈椎等的疼痛，已成为影响农业作业人员生命质量的常见疾病。大棚工作人员作业时背部姿势构成主要为直立（50.4%）、前倾（31.1%）、前曲（10.4%）；上肢姿势构成主要是单手高于肘（47.2%）、单手高于肩（32.3%）、双手高于肘（15.1%）；下肢姿势构成主要为伸直（60.3%）、单脚重心（20.9%）、蹲（14.4%）[10]。护士是 WMSDs 高危人群，搬运和转移病人为发生 WMSDs 的主要原因，超负荷的职业特点也易使护士出现职业紧张。研究发现，我国护士

收稿日期：2019-01-04；**修回日期**：2019-03-19

基金项目：山东省重点研发计划（编号：2016GSF201233）

作者简介：张令硕（1993—），男，硕士研究生，主要从事职业卫生研究。

通信作者：张放，副研究员，硕士研究生导师，E-mail：zhangfang2816@sina.com。

WMSDs 年患病率最高部位是颈（82.4%）、腰（80.6%）、肩（77.4%）[11]，国外学者对护士的调查结果中这三个部位年患病率分别为颈（52.0%）、腰（56.1%）、肩（21.3%）[12]，患病率水平不同，可能与护理操作内容、工作制度差异以及 WMSDs 阳性判断标准有关。我国视屏显示终端（VDT）使用人群众多。现场调查发现，办公室白领人群的键盘和鼠标使用的重复性、WMSDs 症状、职业紧张三者呈显著相关，VDT 日使用时长增加，疾病症状阳性率显著增加。鼠标每周使用时长增加 25%，急性颈部、肩部痛症状分别增加 4% 和 10%，每增加 10 h 高重复性动作，腕管综合征症状明显增加[13]。在人体工效学危害方面，职业团体之间存在显著差异，表明需要采取减少工作场所暴露的针对性干预措施。

2 工效学负荷对 WMSDs 的影响

2.1 力量负荷

生物力学研究表明，手腕部长期密集、反复地屈曲或伸展，可导致腕管内压力增大，流入神经外膜的血液减少，引发正中神经缺血，出现手腕部疼痛、麻木和肌肉无力感等一系列 MSDs 症状[14]。有研究显示[15]，通过手持方式接听电话的女性工作人员在 7 d 和 12 个月期间比佩戴头戴式耳机接听者出现更多不适，颈部、肩部、上背部和腰部是受影响最严重的区域，颈部、腰部和膝盖的不适使大多数受访者无法进行日常工作。谌玉红等[16]通过应用修订版 Borg 量表研究发现，随负荷量增加，心率、呼吸率、通气量、摄氧量等生理参数呈逐步增大趋势，人体局部及全身的疲劳感也逐渐增强。国内学者经过实验研究，总结出 99% 的中国成年男子可接受的搬运重量为 24.8 kg，搬运时手掌和肩部在同一水平高度，重复实验得出一致结论，并以此结果验证了虚拟维修仿真分析系统的可行性[17]。汽车装配作业工人颈部、肩膀、手腕部和下背/腰部各工效学负荷水平等级与相应部位 WMSDs 发生率之间存在较明显的负荷水平-反应关系，发病风险随着负荷水平增高而增加，即两者存在量效关系[18]。

2.2 姿势负荷

长时间处于不舒服的姿势和高静态肌肉负荷，可能意味着发生 WMSDs 的风险增加，工人从背、颈部疾患发展到严重的身体疾病，不正确的作业姿势是造成肌肉骨骼系统失常的一个最重要因素。长期伏案工作、持续固定体位使用电脑或长时间驾驶等，导致颈部肌肉处于长期非协调受力状态，颈后部韧带和肌肉易受到牵拉和劳损，椎体前缘由于相互磨损增生，出现颈椎间盘老化，并出现慢性劳损，从而继发一系列症状。在跪姿工作的劳动者中，发生症状性胫骨-股骨骨关节炎的风险总体上增加，可采取适合于减少跪姿比例的预防措施，例如通过以站立工作位置使用工具来替代跪姿工作[19]；为工人配备腰椎保护带，以满足工人在不同工作姿态下维持骨骼系统正常的生理姿态，避免弯腰和身体扭曲，使肌肉骨骼负荷减至最低程度，工人可以更加高效、安全和舒适地工作[20]。调查研究表明，经验水平、工作任务和肌肉类别对专业技工和初学技工的肌肉负荷的影响存在显著差异，调整作业姿势对降低肌肉负荷具有改善作用[21]。目前，表面肌电图技术已成为研究和量化肌肉活动的主要测量方法，一次性高频经皮电刺激神经疗法可能有助于改善 WMSDs，高频经皮电刺激神经疗法可能会在减轻肌肉骨骼疼痛和疲劳方面发挥积极作用，并立即增加患者的功能活动[22]。在肌肉骨骼疾病与人体测量指标之间关系的研究中，MSDs 与身高、年龄和身体质量指数（BMI）之间存在显着相关性[23]，我们要了解身体负荷、笨拙姿势和人工搬运工作，尤其是 WMSDs 方面的影响，需要进行更多的现场测量和体检。

2.3 心理负荷

国内外学者在研究社会心理因素对 MSDs 的影响时发现，工作紧张已成为导致 MSDs 的危险因素，人体在职业紧张应激状态下分泌肾上腺因子皮质激素，使心率、血压、肌肉活动发生变化，过度或长期的应激状态会引发 MSDs[24]。研究显示，影响工作压力的因素包括发生 WMSDs 的身体部位数量、工作场所、工作时间和年龄等，职业紧张可导致如精疲力竭、倦怠等状态，进而可能严重损害职业人群工作能力与社会功能[25]。工作组织可能对 WMSDs 的发生具有全面影响，执行重复工作、现场工作人员短缺、每天进行相同的工作、缺乏奖励和工作不安全等都会增加 WMSDs 的风险[26]。持续的关注任务导致生理压力反应，包括过度通气和增加的上斜方肌活动，增大了压力与 WMSDs 之间的关系，使用简单的腹式呼吸技术可以减弱过度通气对这种关系的影响[27]。多方面的人体工程学干预计划，包括改善工作条件、确定人体工程学危险因素、定期锻炼和小组会议，可以减少肌肉骨骼疾病的患病率。

2.4 其他负荷

研究发现[28]，上臂共振频率为 7~12 Hz，肩部共振频率为 7~9 Hz，背部与颈部共振频率为 6~7 Hz，工人多使用重型动力手动工具，机械负荷和振动接触组合是导致 WMSDs 的主要因素之一。持续暴露在噪声环境易导致工作人员注意力分散、沟通有效性降低、对仪器报警的敏感性下降[29]。寒冷对 WMSDs 具有促进作用，冷库作业工人 WMSDs 的患病率明显高于一般人群[30]。包括低压低氧、低温、日光辐射和高紫外线在内的严酷高原环境对作业人员的生理功能和神经认知功能均产生很大的影响，降低工作效率[31]。作业环境既包括工作场所整体的环境，也包括相对独立的微观环境，是影响劳动者心理、生理健康及感官舒适性的因素。

WMSDs 与职业人群息息相关，不仅要从改善工作环境、控制不良姿势、静态负荷等物理因素方面降低 WMSDs 的发生，还要重视创造和谐的劳动组织关系，从促进社会心理因素健康发展等方面进行有效的引导和干预。

参考文献：

[1] Theodoee B, Mayer T, Gatchel R. Cost-effectiveness of early versus delayed functional restoration for chronic disabling occupational musculoskeletal disorders [J]. J Occup Rehabil, 2015, 25 (2): 303-315.

[2] Hutting N, Oswald W, Staal J, *et al*. Physical therapists and importance of work participation in patients with musculoskeletal disorders: A focus group study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2017, 18 (1): 196.

[3] 雷玲，金克峙，梁友信. 美国 2001—2010 年职业性肌肉骨骼疾患的研究方向 [J]. 环境与职业医学，2002，19 (2)：128.
[4] Shockey TM, Luckhaupt SE, Groenewold MR. Frequent exertion and frequent standing at work, by Industry and Occupation Group-United States, 2015 [J]. Morbidity and Mortality Weekly Report, 2018, 67 (1): 1-6.
[5] 何丽华，王生，杨磊，等. 职业性肌肉骨骼损伤的流行病学研究 [A]. 中国职业安全健康协会 2013 年学术年会论文集 [C]，2013：466-470.
[6] 李富业，何鼎盛，崔长勇，等. 新疆煤矿工人职业性肌肉骨骼疾患调查分析 [J]. 新疆医科大学学报，2017，40 (9)：1218-1221，1227.
[7] 李汉锋，陈建，郑晓钧，等. 深圳市 20 家企业人类工效学及劳动者职业性肌肉骨骼疾患现状调查 [J]. 职业与健康，2014，30 (16)：2230-2232.
[8] 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.
[9] 凌瑞杰，孙敬智，杨磊，等. 某汽车铸造厂作业工人肌肉骨骼疾患调查分析 [J]. 中国工业医学杂志，2010，23 (1)：18-21.
[10] 王东武，么鸿雁，郑文静，等. 温室大棚作业人员肌肉骨骼疾患工效学影响因素的定性研究 [J]. 职业与健康，2016，32 (12)：1713-1716.
[11] 郑国巧，朱国红，徐洁，等. 血液透析护理岗位工效学评价 [J]. 环境与职业医学，2014，31 (11)：822-827.
[12] Freimann T, Coggon D, Merisalu E, *et al*. Risk factors for musculoskeletal pain amongst nurses in Estonia: A crosssectional study [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2013, 14 (1): 334.
[13] Eijckelhof BHW, Huysmans MA, Blatter BM, *et al*. Office workers' computer use patterns are associated with workplace stressors [J]. App Erg, 2014, 45 (6): 1660-1667.
[14] Petit A, Ha C, Bodin J, *et al*. Risk factors for carpal tunnel syndrome related to the work organization: A prospective surveillance study in a large working population [J]. Appl Ergon, 2015, 47: 1-10.
[15] Odebiyi DO, Akanle OT, Akinbo SR, *et al*. Prevalence and impact of work-related musculoskeletal disorders on job performance of call center operators in Nigeria [J]. The International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2016, 7 (2): 98-106.
[16] 谌玉红，郑捷文，李晨明. 不同负荷模拟行走时的生理、生物力学信号分析 [J]. 北京生物医学工程杂志，2014，33 (6)：603-608.
[17] 李淳芃，张建达，宋强. 基于人机工效分析的虚拟人运动评价 [J]. 系统仿真学报，http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3092.V.20180322.1446.064.html
[18] 李玉珍，李珏，李刚，等. 汽车装配作业工人肌肉骨骼损伤与工效学负荷水平的相关性 [J]. 环境与职业医学，2015，32 (5)：393-398.
[19] Jensen LK, Rytter S. Symptomatic knee disorders in floor layers and graphic designers. A cross-sectional study [J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2012, 13 (9): 188.
[20] 贾宁，凌瑞杰，王伟，等. 汽车装配工人工效学负荷与工作相关肌肉骨骼损伤的相关性研究 [J]. 环境与职业医学，2017，34 (10)：858-863.
[21] 裴卉宁，余隋怀，田保珍，等. 木工上半身肌肉负荷影响的差异性定量研究 [J]. 人类工效学，2017，23 (1)：24-28.
[22] Suh HR, Kim TH. The effects of high-frequency transcutaneous electrical nerve stimulation for dental professionals with work-related musculoskeletal disorders: A single-blind randomized placebo-controlled trial [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2015 (11): 327486.
[23] Raffler N, Ellegast R, Kraus T. Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: An analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders [J]. Ergonomics, 2016, 59 (1): 48-60.
[24] Widanarko B, Legg S, Devereux J, *et al*. The combined effect of physical, psychosocial/organizational and/or environmental risk factors on the presence of work-related musculoskeletal symptoms and its consequences [J]. Appl Ergon, 2014, 45 (6): 1610-1621.
[25] Bae YH. Associations between work-related musculoskeletal disorders, quality of life, and workplace stress in physical therapists [J]. Industrial Health, 2016, 54 (4): 347-353.
[26] Liu L, Chen SG, Tang SC, *et al*. How work organization affects the prevalence of OMSDs: A case-control study [J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2015, 28 (9): 627-633.
[27] Wixted F, O'riordan C. Inhibiting the physiological stress effects of a sustained attention task on shoulder muscle activity [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15 (1): 115.
[28] Xu XS, Dong RG, Welcome DE, *et al*. Vibrations transmitted from human hands to upper arm, shoulder, back, neck, and head [J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2017, 62: 1-12.
[29] 周姓良，胡靖青，刘爱侠，等. ICU 预防报警疲劳的研究进展 [J]. 中华护理杂志，2014，49 (6)：712-715.
[30] Abou-elwafa HS, El-bestar SF, El-gilany AH, *et al*. Musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Mansoura, Egypt: A cross-sectional study [J]. BMJ Open, 2012, 2 (5): 1-8.
[31] PU Qiran, Wang YH, Zhou QX. Impact on soldiers' work efficiency at high altitude [J]. Chinese Journal of Biomedical Engineering, 2015, 24 (2): 51-57.

(上接第 298 页)

[7] Martin S, Lappin MB, Kohler J, *et al*. Peptide immunization indicates that CD_8^+ T cells are the dominant effector cells in trinitrophenyl-specific contact hypersensitivity [J]. The Journal of Investigative Dermatology, 2000, 115 (2): 260-266.
[8] Cavani A, Nasorri F, Prezzi C, *et al*. Human CD_4^+ T lymphocytes with remarkable regulatory functions on dendritic cells and nickel-specific Th1 immune responses [J]. The Journal of Investigative Dermatology, 2000, 114 (2): 295-302.
[9] Mizukawa Y, Yamazaki Y, Shiohara T. In vivo dynamics of intraepidermal CD_8^+T cells and CD_4^+T cells during the evolution of fixed drug eruption [J]. Br J Dermatal, 2008, 158 (6): 1230-1238.
[10] Malbec O, Daeron M. The mast cell IgG receptors and their roles in tissue inflammation [J]. Immunological Reviews, 2007, 217 (1): 206-221.
[11] Averbeck M, Gebhardt C, Emmrich F, *et al*. Immunologic principles of allergic disease [J]. J Dtsch Dermatolges, 2007, 5 (11): 1015-1028.