

# 家具制造企业工人下背部肌肉骨骼疾患危险因素的结构方程模型分析

杨秋月,王海椒,刘丽华,张雪娟,邹晓雪,刘泽权,伍家琪

国家卫生健康委职业安全卫生研究中心,北京 102308

**摘要:**目的 研究某家具制造企业工人下背部肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)的危险因素及其影响程度。方法 通过横断面调查,对某家具制造企业工人 WMSDs 现况进行调研,采用结构方程模型对工人下背部肌肉骨骼疾患的危险因素进行分析。结果 回收有效问卷 437 份。该家具制造企业工人 2017 年下背部 WMSDs 年患病率为 11.21%,因下背部 WMSDs 病缺勤率为 14.29%。基本路径假设为:姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 均有直接效应,工作环境负荷还可通过姿势负荷对下背部 WMSDs 产生间接效应。对构建的结构方程模型进行验证性因子分析,结果为:平均提取方差(AVE)为 50.0%~75.7%,表示提取的潜变量代表显变量程度高;组合信度为 0.715~0.851,非标准拟合指数(TLI)=0.968,比较拟合指数(CFI)=0.972,近似误差均方根(RMSEA)=0.045, $\chi^2/df=2.56$ ,模型拟合较好。结构方程模型显示:三类潜自变量(姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷)可解释下背部 WMSDs 原因的 34.8%;姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 存在直接效应,结构系数分别为 0.247( $P<0.05$ )、0.277( $P<0.05$ )。姿势负荷还可通过工作环境负荷对下背部 WMSDs 产生间接效应(结构系数=0.225, $P<0.01$ )。结论 姿势负荷和工作环境负荷是下背部肌肉骨骼疾患的危险因素,姿势负荷可通过工作环境负荷对下背部 WMSDs 产生间接效应。建议家具制造企业调整工作组织制度、加快生产设备升级、加强岗前和在岗培训,降低 WMSDs 发生风险。

**关键词:**下背部;肌肉骨骼疾患;家具企业;结构方程模型;危险因素;姿势负荷;心理负荷;工作环境负荷

**中图分类号:** R135 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2020)05-0457-05

**引用:**杨秋月,王海椒,刘丽华,等. 家具制造企业工人下背部肌肉骨骼疾患危险因素的结构方程模型分析 [J]. 职业卫生与应急救援,2020,38(5):457-461.

**Analysis of workers' low back musculoskeletal disorders among a furniture manufacture with structural equation model** YANG Qiuyue, WANG Haijiao, LIU Lihua, ZHANG Xuejuan, ZOU Xiaoxue, LIU Zequan, WU Jiaqi (National Center of Occupational Safety and Health, NHC, Beijing 102308, China)

**Abstract:** **Objective** To explore the current situation of low back work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) and their influencing factors among furniture manufacture workers. **Methods** The cross-sectional study was designed and structural equation model was constructed to analyze the prevalence of WMSDs and the influencing factors of low back WMSDs among the workers in furniture manufacture. **Results** A total of 437 valid questionnaires were collected. The prevalence of low back WMSDs in this furniture manufacture was 11.21% in 2017. The absence rate due to lower back disease was 14.29%. The basic path hypothesis was that posture load, psychological load and working environment load had direct effect on low back WMSDs, and that working environment load could also had indirect effect on WMSDs of low back WMSDs. The average extraction variance (AVE) was 50.0% to 75.7%, indicating that the latent variables could represent observed variables; the composite reliability was 0.715 to 0.851, Tucker Lewis index (TLI) was 0.968, comparative fitting index (CFI) was 0.972, root mean square error (RMSEA) was 0.045, and  $\chi^2/df$  was 2.56, indicating that the model fitted well. The structural equation model showed that three latent variables (posture load, psychological load and work environment load) could explain 34.8% of the causes of low back WMSDs. Postural load and working environmental load had direct effect on low back WMSDs (path coefficients were 0.247 and 0.277 respectively,  $P<0.05$ ), and postural load had an indirect effect on low back WMSDs through working environmental load (path coefficient was 0.225,  $P<0.01$ ). **Conclusion** Posture load and work environmental

**基金项目:**国家重点研发计划(2016YFC0801700)

**作者简介:**杨秋月(1990—),女,硕士

**通信作者:**王海椒,副主任医师, E-mail: wanghaijiao2006@163.com

load were risk factors of workers' low back WMSDs in furniture manufacture, posture load had indirect effect on low back WMSD through working environment load. It is suggested that furniture manufacturing enterprises should improve the work organization system, speed up the upgrading of production equipment, and strengthen pre job and on-the-job training to reduce the risk of WMSDs.

**Key words:** low back; work-related musculoskeletal disorders; furniture manufacture; structural equation modeling; risk factors; posture load; psychological load; work environment load

近些年来,大量的研究表明职业性肌肉骨骼疾患(work-related musculoskeletal disorders, WMSDs)的患病率处于较高水平,正严重威胁着职业人群的健康。伴随着国内工业产业的发展,WMSDs已经成为我国职业健康领域新的研究方向<sup>[1-3]</sup>。WMSDs的可疑危险因素众多,调查显示此类疾患与局部肌肉负荷(包括用力负荷、不良姿势、重复性作业等)、个体因素、社会心理因素等显著相关,而且局部肌肉负荷和个体因素、社会心理因素等之间可能相互影响,对WMSDs产生间接效应<sup>[4-5]</sup>。由于现场调查中较难量化各个风险因素的间接效应及相对水平,如社会心理因素等即是不可直接观测的变量,但是结构方程模型(structural equation model, SEM)可分析不可直接观测的变量,以及多个研究变量之间的直接关系和间接关系,因此适合WMSDs的病因学研究。

家具制造业作业人员长期暴露于不良工效学环境下,极易发生WMSDs。但针对家具制造业工人WMSDs现况研究的报道较少。本研究拟对家具制造业作业人员开展横断面流行病学调查,并运用业内较少使用的结构方程模型法分析家具制造业作业人员下背部肌肉骨骼疾患的危险因素,以期今后的管理干预提供方向和依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

2017年11—12月,选择北京某家居用品有限公司参与体检的所有628名作业工人,以现场专门问询的方式,调查其WMSDs情况,所有被调查对象均知情同意。研究对象纳入标准:(1)肩、颈、上背部、下背部、肘部、手腕、臀或大腿、膝和踝或足等任一部位无外伤史或疾病致残史;(2)工龄>1年。排除有效信息填写不完整的问卷,获得有效问卷437份。经事后验证,其他191人(递交无效问卷)的人口学特征与437人接近,并无明显偏差。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 调查内容

采取调查员询问和自填相结合的方法进行问卷调查,调查内容包括:(1)一般人口学特征,包括年

龄、性别、身高、体重、文化水平等。(2)肌肉骨骼系统症状,包括过去1年内(2016年11月—2017年11月)下背部不适或疼痛的发生情况、发生频率、疼痛分值、因病缺勤情况及意外损伤情况,疼痛分值为0~10分,0分为无痛,10分为最痛,由被调查者比照疼痛评分标尺进行选择;肌肉骨骼疾患标准为身体各部位出现疼痛和活动受限等,且症状持续时间超过24h,下班休息后未能恢复,同时排除身体残疾或其他内科急症等。肌肉骨骼系统症状评价参考北京大学公共卫生学院根据北欧肌肉骨骼疾患所改编的肌肉骨骼问卷<sup>[6]</sup>来测定,该问卷经过了信度和效度检验,具体见参考文献[7]。(3)姿势负荷情况<sup>[4]</sup>,包括频繁身体后仰、频繁转身、频繁侧弯、频繁弯腰、长时间保持身体后仰、长时间保持转身、长时间保持侧弯、长时间保持弯腰,此处频繁指>4次/min,长时间指超过1min,选项为从不、偶尔、有时、经常和总是,分值分别为1、2、3、4和5分,分值越大表示越严重。(4)心理负荷情况,包括是否经常和领导沟通想法、从领导处获得支持和帮助、同事友善、发挥自己的才能、可以自己决定如何完成工作任务、要求做事很快和工作要求很努力等,选项为从不、偶尔、有时、经常和总是,分值分别为1、2、3、4和5分,分值越大表示越严重。(5)工作环境负荷情况,包括工作环境、薪酬制度、晋升制度、工作组织制度、是否需要加班等,以工作环境满意度为例,选项为很不满意、不满意、一般、满意和很满意,分值分别为5、4、3、2和1分,分值越大表示越不满意。

#### 1.2.2 相关定义

年患病率指过去12个月内,工作中下背部不适者或疼痛人数占调查总人数的比例。患病缺勤率指过去12个月内,因下背部不适者或疼痛而请假人数占总患病人数的比例。

#### 1.2.3 统计学分析

利用EpiData建立数据库,首先对资料进行描述性统计分析。SEM包括测量模型和结构模型,首选构建测量模型,描述无法直接测量的外生潜变量与其系列指示变量X间的关系,以及内生潜变量与其系列指示变量Y之间的关系(X与Y均可直接测量);在测量模型基础上构建结构模型,描述潜变量之间的关

系。根据文献综述和前期研究基础,使用 Mplus 7.1 构建模型。参数的估计选用稳健加权最小二乘 (WLSMV)法。模型拟合评价指标包括 $\chi^2$ 自由度比( $\chi^2/df$ )、比较拟合指数(comparative fit index, CFI)、近似误差均方根 (root mean square error of approximation, RMSEA)、非标准拟合指数(Tucker–Lewis index, TLI)、加权残差均方根 (weighted root mean square residual, WRMR) 等; 如果 TLI 和 CFI > 0.90, RMSEA < 0.08,  $\chi^2/df$  < 3, 则说明模型的拟合度较好。双侧  $P$  < 0.05 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

在被调查的 437 人中,男性 370 人,女性 67 人; 工龄 1.0 ~ 40.0 年,平均(7.87 ± 7.09)年;年龄 18 ~ 60 岁,平均(37.71 ± 9.08)岁。下背部 WMSDs 的患病人数为 49 人,患病率 11.21%,因下背部疾病病缺勤率为 14.29%,其他基本情况见前期文献报道<sup>[8]</sup>。

2.2 模型构建

本研究以 WMSDs 流行病学调查研究为基础,建立初始测量模型,见图 1。基本路径假设:(1) 姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 均有直接效应;(2) 工作环境负荷还可通过姿势负荷对下背部 WMSDs 产生间接效应。

以上述测量模型为基础,将条目进行潜在类别分析:以下背部 WMSDs 为内生潜变量潜因变量(Y),包含疼痛程度(以分值计算)和疼痛频率 2 个观测变量;姿势负荷(Z)、心理负荷(S)和工作环境负荷(H)为外生潜变量潜自变量,姿势负荷(Z1 ~ Z4)主要包含频繁弯腰、长时间保持转身、长时间保持侧弯和长时间保持弯腰 4 个观测变量,心理负荷(S1 ~ S4)包含工作中可以自己做很多决定、工作中自己的意见有影响力、工作中可以发挥自己的特殊才能和工作中可以自己决定如何完成工作任务 4 个观测变量,工作环境负荷(H1 ~ H5)包括工作环境、薪酬制度、晋升制度、工作组织制度和工作总体情况 5 个观测变量。见表 1。

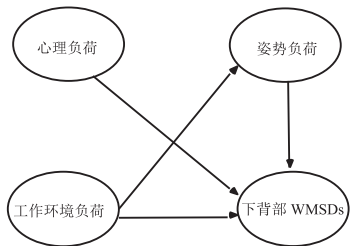


图 1 某家具制造企业工人下背部 WMSDs 影响因素的结构方程模型

表 1 下背部疾患潜变量、显变量和条目

潜变量	显变量	条目
疾患程度(Y)	Y1	疼痛分值
	Y2	疼痛频率
姿势负荷(Z)	Z1	频繁弯腰
	Z2	长时间保持转身
	Z3	长时间保持侧弯
	Z4	长时间保持弯腰
心理负荷(S)	S1	工作中可以自己做很多决定
	S2	工作中自己的意见有影响力
	S3	工作中可以发挥自己的特殊才能
	S4	可以自己决定如何完成工作任务
工作环境负荷(H)	H1	工作环境
	H2	薪酬制度
	H3	晋升制度
	H4	工作组织制度
	H5	工作总体情况

2.3 模型总体情况

对模型进行验证性因子分析,模型相关参数见表 2。平均提取方差(AVE)为 50.0% ~ 75.7%,表示提取的潜变量代表显变量程度高; 组合信度为 0.715 ~ 0.851,均 > 0.7,表示潜变量信度较高。本模型 TLI = 0.968 > 0.9, CFI = 0.972 > 0.9, RMSEA = 0.045 < 0.05,  $\chi^2/df$  = 2.56, 以上数据表示模型拟合较好。

表 2 模型参数

潜变量	显变量	检验参数				题目信度 (SMC)	组合信度 (CR)	解释能力 (AVE/%)
		Est 值	SE 值	Z 值 (Est/SE)	P 值			
Y	Y1	0.723	0.055	13.058	< 0.01	0.381	0.715	50.0
	Y2	1.039	0.078	13.314	< 0.01	0.472		
Z	Z1	0.826	0.025	32.928	< 0.01	0.561	0.851	58.5
	Z2	0.681	0.034	20.321	< 0.01	0.558		
	Z3	0.499	0.044	11.33	< 0.01	0.705		
	Z4	0.935	0.024	39.45	< 0.01	0.450		
H	H1	0.765	0.017	45.525	< 0.01	0.587	0.792	75.7
	H2	0.799	0.014	55.787	< 0.01	0.887		
	H3	0.841	0.014	61.235	< 0.01	0.768		
	H4	0.942	0.009	101.281	< 0.01	0.725		
	H5	0.981	0.012	83.33	< 0.01	0.937		
S	S1	0.700	0.029	24.146	< 0.01	0.474	0.771	67.5
	S2	0.832	0.020	41.36	< 0.01	0.579		
	S3	0.847	0.020	41.827	< 0.01	0.778		
	S4	0.810	0.020	39.714	< 0.01	0.550		

2.4 模型假设检验

以家具制造业作业人员下背部 WMSDs 作为潜因变量(Y),潜自变量分别为姿势负荷(Z)、心理负荷(S)和工作环境负荷(H),分析潜因变量与潜自变量



的相关性及潜自变量间的间接效应。依据原假设,家具制造业作业人员下背部 WMSDs 的决定系数 ( $R^2$ )=0.348,表示引起下背部 WMSDs 的原因中由所筛选的三类潜自变量(姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷)可解释的比例占 34.8%;姿势负荷、心理负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 的结构系数分别为 0.247 ( $P < 0.05$ )、0.121 ( $P > 0.05$ )和 0.277 ( $P < 0.05$ ),即姿势负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 的影响有统计学意义,两者呈低度相关。姿势负荷可通过心理负

荷和工作环境负荷影响下背部 WMSDs 的决定系数 ( $R^2$ )= 0.252,即可解释的比例占 25.2%,姿势负荷通过心理负荷和工作环境负荷对下背部 WMSDs 的结构系数分别为 0.225 ( $P < 0.05$ )和 0.077 ( $P > 0.05$ ),表明姿势负荷可通过影响工作环境负荷而间接影响家具制造业作业人员下背部 WMSDs,即工作环境负荷每增加 1 个单位,姿势负荷增加 0.225 个单位,进而对家具制造业作业人员下背部 WMSDs 产生的影响,但效应较弱。见图 2 和表 3。

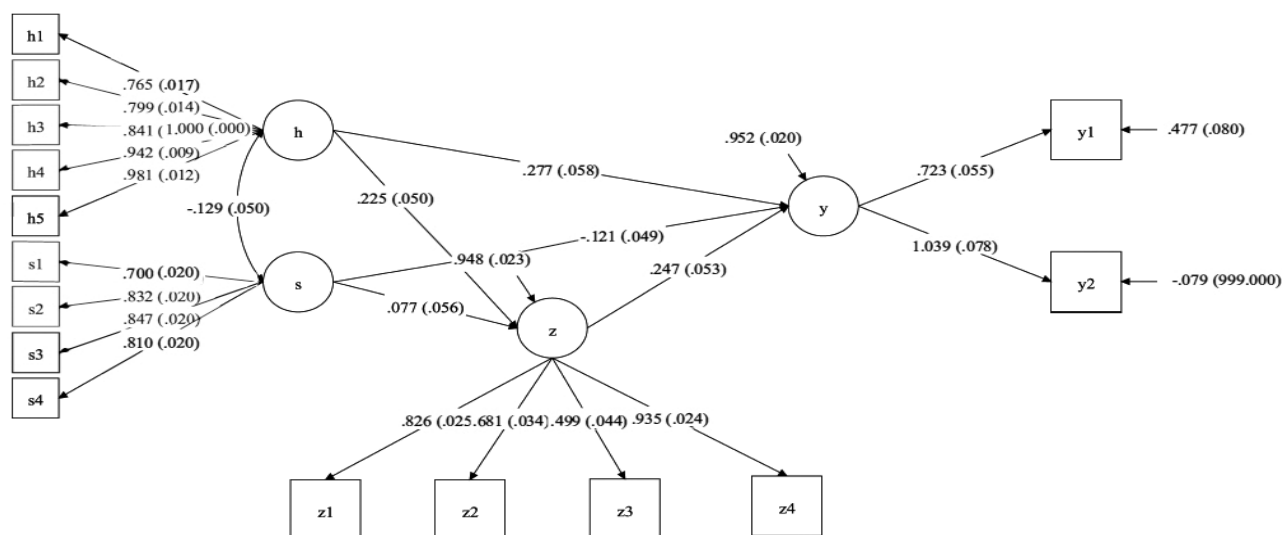


图 2 路径分析图(原软件截图)

表 3 模型假设分析

潜因变量	潜自变量	Est 值	SE 值	Est/SE	P 值	R <sup>2</sup> 值	假设
Y	Z	0.247	0.053	2.774	0.006		有意义
	S	0.121	0.058	1.322	0.186	0.348	无意义
	H	0.277	0.049	2.488	0.013		有意义
Z	H	0.225	0.050	4.467	< 0.01	0.252	有意义
	S	0.077	0.056	1.387	0.166		无意义

### 3 讨论

本研究调查结果显示,某家具制造企业工人下背部 WMSDs 年患病率为 11.21%。查阅文献可知我国职业人群中下背部 WMSDs 相对突出,如某船舶制造厂工人下背部 WMSDs 年患病率为 39.4%<sup>[2]</sup>,某供电企业工作人员下背部 WMSDs 年患病率为 56.9%<sup>[9]</sup>,但本研究下背部 WMSDs 的年患病率较以上行业低,可能是因为与其他行业相比,家具制造行业工作任务相对较轻。通过对家具制造业工人的缺勤情况分析发现,由下背部 WMSDs 造成的缺勤率为 14.29%<sup>[8]</sup>,缺勤从侧面反映了疼痛给工人健康带来的损伤和工时损失。

本研究采用结构方程模型分析下背部 WMSDs 的

危险因素及其影响程度。运用该模型能够分析隐含在观测变量中的潜变量(如工作环境负荷和心理负荷)及这些潜变量间的效应<sup>[10]</sup>。董红运<sup>[11]</sup>、王菁菁等<sup>[4]</sup>采用结构方程模型分别对大棚菜农颈部 WMSDs 和机场搬运人员下背部 WMSDs 危险因素进行研究,发现姿势负荷和工作环境负荷会影响下背部 WMSDs,与本研究结果相似。本研究表明姿势负荷和工作环境负荷是下背部肌肉骨骼疾患的影响因素,整体解释能力为 34.8%,属于中度效应,此次调查的家具制造企业工种包括家具厂浆工、木工、面漆工、包装工、修色工、开料主机手、组装工等,他们大部分从事单调重复的手工流水线作业,工作过程中存在弯腰、转身等不良作业姿势。生物力学研究表明,长时间或反复转身和弯腰易导致下背部血液循环障碍,造成该区域供血量不足,易导致肌肉骨骼疲劳,进而罹患 WMSDs<sup>[12]</sup>。本研究显示对薪酬、晋升、工作组织制度等满意度高的工人,WMSDs 患病降低,罗孝文等<sup>[13]</sup>对机械加工、珠宝加工等企业员工调查显示,员工对薪酬等满意度高,则表现出配合协调性好及技术提高较快等现象,有助于降低 WMSDs 发生。此外,本研究还发现姿势负荷

通过工作环境负荷对下背部 WMSDs 产生较弱的间接效应:工作环境负荷每增加 1 个单位,姿势负荷增加 0.225 个单位,进而对家具制造业作业人员下背部 WMSDs 产生影响。从本次的调查结果看,可能是由于不良的姿势负荷引起身体不适,导致员工对工作环境满意度降低或者对薪酬产生抱怨,从而进一步引起 WMSDs,但其具体生理学机制还需更多基础性研究进行论证。

综上所述,下背部 WMSDs 的危险因素包括姿势负荷和工作环境负荷,建议家具制造企业调整工作组织制度、加快生产设备升级、加强岗前和在岗培训,以降低 WMSDs 发生风险。但本次研究构建的模型对下背部 WMSDs 发生风险解释不足,其原因可能是由于纳入的研究条目有限,遗漏某些危险因素。我们拟在下一步的研究中科学合理地完善问卷条目,增加样本量,更全面地探讨 WMSDs 发生风险。

**作者声明** 本文无实际或潜在的利益冲突

#### 参考文献

- [1] 沈波,许旭艳,罗秀凤,等.制鞋业生产工人肌肉骨骼疾患的流行病学调查[J].中国工业医学杂志,2016,29(5):329-332.
- [2] 贾宁,陈西峰,郑成彬,等.某船舶制造厂工人工作相关肌肉骨骼疾患的发生情况及危险因素[J].环境与职业医学,2018,35(5):377-383.
- [3] 秦东亮,王菁菁,金宪宁,等.某轨道客车制造企业工人心理负荷对其工作相关肌肉骨骼疾患的影响[J].中国职业医学,2018,45(3):285-289.
- [4] 王菁菁,曹扬,金宪宁,等.某机场搬运人员下背部肌肉骨骼疾患影响因素分析[J].中国职业医学,2018,45(2):168-172.
- [5] BRULIN C, GERDLE B, GRANLUND B, et al. Physical and psychosocial work-related risk factors associated with musculoskeletal symptoms among home care personnel [J]. Scand J Caring Sci, 2013, 12(2):104-110.
- [6] 杨磊, HILDEBRANDT V H, 余善法, 等. 肌肉骨骼疾患调查表介绍附调查表[J]. 工业卫生与职业病, 2009, 35(1):25-31.
- [7] 杜巍巍, 王生, 王建新, 等. 肌肉骨骼疾患问卷的信度与效度评价[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 30(5):335-338.
- [8] 杨秋月, 王海椒, 刘丽华, 等. 某家具制造企业工人职业性肌肉骨骼疾患调查分析[J]. 职业卫生与应急救援, 2018, 36(6):497-500.
- [9] 张丹, 陈涛, 孙成勋, 等. 某供电企业运检人员工作相关肌肉骨骼疾患及其危险因素研究[J]. 中国工业医学杂志, 2018, 31(6):403-407;474.
- [10] 徐秀娟. 结构方程模型及其在医学研究中的应用[D]. 太原:山西医科大学, 2004.
- [11] 董红运. 大棚菜农 MSDs 及影响因素的结构方程模型分析[D]. 济南:山东大学, 2013.
- [12] NELSON-WONG E, CALLAGHAN J P. The impact of a sloped surface on low back pain during prolonged standing work: a biomechanical analysis [J]. Appl Ergon, 2010, 41(6):787-795.
- [13] 罗孝文, 沙焱, 于洋, 等. 职业性肌肉骨骼疾患与社会心理因素相关性调查分析[J]. 中国职业医学, 2012, 39(3):202-205.
- [11] 张淑萍. 护士心理承受力与工作压力源的相关性[J]. 护理研究, 2017, 31(9):1124-1126.
- [12] 林影, 江琴. 医学生情绪调节自我效能感与社会支持、应对方式的关系[J]. 中国健康心理学杂志, 2016, 24(7):1017-1020.
- [13] 臧刚顺, 宋之杰, 赵岩, 等. 心理一致感对中国消防员创伤后应激反应的影响:应对方式的双重中介作用[J]. 中国健康心理学杂志, 2020, 28(4):544-548.
- [14] LAZARUS R S. Toward better research on stress and coping [J]. Am Psychol, 2000, 55(6):665-673.
- [15] 钟霞, 姜乾金, 钱丽菊, 等. 医务人员压力反应与社会支持、生活事件、应对方式的相关研究[J]. 中国临床心理学杂志, 2005, 13(1):70-72.
- [16] 袁慧, 罗琳, 吴建元, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情影响中医务人员心理状态分析及应对建议[J/OL]. 武汉大学学报(医学版):1-6[2020-04-19]. <https://doi.org/10.14188/j.1671-8852.2020.0229>.
- [17] 王晓妹, 王章泽, 江燕, 等. 498 名医务人员心理应激相关影响因素分析[J]. 中国社会医学杂志, 2012, 29(6):414-416.
- [18] KRAUSE N. Assessing the relationships among stress, god-mediated control, and psychological distress/well-being: does the level of education matter? [J]. J Soc Psychol, 2019, 159(1):2-14.
- [19] FOLKMAN S, LAZARUS R S, DUNKEL-SCHETTER C, et al. Dynamics of a stressful encounter: cognitive appraisal, coping, and encounter outcomes [J]. J Pers Soc Psychol, 1986, 50(5):992-1003.
- [20] JOHNSON J, PANAGIOTI M, BASS J, et al. Resilience to emotional distress in response to failure, error or mistakes: a systematic review [J]. Clin Psychol Rev, 2017, 52:19-42.
- [21] 邵华, 陈奕荣, 郝思哲. 日常生活中的压力与应对:一项生态瞬时评估研究[J]. 中国临床心理学杂志, 2019, 27(3):561-565.

收稿日期:2020-01-10

收稿日期:2020-04-21