

负性情绪和营养对废用性肌萎缩患者肌力与运动功能的链式中介作用*

哈丽米热·阿卜杜吉力力¹ 束娇娇¹ 张晶晶² 夏热帕·阿不都拉¹

杨芮琦¹ 阿斯古丽·图尔荪¹ 帕丽达·买买提^{1,3**}

¹新疆医科大学护理学院, 乌鲁木齐 830017; ²新疆医科大学第一附属医院康复科, 乌鲁木齐 830054;

³新疆区域人群疾病与健康照护研究中心, 乌鲁木齐 830017

[摘要] **目的** 探究负性情绪和营养对废用性肌萎缩患者肌力与运动功能的链式中介作用。**方法** 选取 2023 年 4 月—2024 年 7 月新疆医科大学第一附属医院康复科的 222 例废用性肌萎缩患者为研究对象。采用调查问卷、英国医学研究理事会肌力评分、抑郁-焦虑-压力量表、营养风险筛查 2002、Fugl-Meyer 运动功能评分量表进行评定。用 PROCESS 插件构建结构方程模型进行路径分析, 采用 Bootstrap 方法进行中介效应检验。**结果** 废用性肌萎缩患者的肌力总分为 42.00 (30.00, 50.25) 分, 负性情绪总分为 26 (16, 38) 分, 营养得分为 4 (3, 6) 分, 运动功能总分为 35.00 (16.50, 62.25) 分, 各变量间均具有相关性 ($P < 0.05$)。肌力对运动功能的间接效应成立, 总间接效应为 0.852, 其中负性情绪和营养的特定中介效应分别占 35.68% 和 45.42%, 两者的链式中介作用占 18.66%。**结论** 废用性肌萎缩患者肌力及负性情绪处于中等水平, 有较高的营养不良风险及严重运动功能障碍。负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者肌力与运动功能间发挥链式中介作用。

[关键词] 废用性肌萎缩; 肌力; 负性情绪; 营养; 运动功能

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2025.02.012

The chain-mediated effects of negative emotions and nutrition on muscle strength and motor function in patients with disuse muscle atrophy

Halimire · Abudujilili¹, Shu Jiaojiao¹, Zhang Jinnjing², Xiarepa · Abudula¹, Yang Ruiqi¹,

Asiguli · Tuersun¹, Palida · Maimaiti^{1,3**}

¹School of Nursing, Xinjiang Medical University, Urumqi 830017; ²Department of Rehabilitation, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054; ³Xinjiang Regional Research Center of Population Disease and Health Care, Urumqi 830017

** Corresponding author: Palida · Maimaiti, email: parida7301@126.com

[Abstract] **Objective** To investigate the chain-mediated effects of negative emotions and nutrition on muscle strength and motor function in patients with disuse muscle atrophy. **Methods** A total of 222 patients with disuse muscle atrophy in the rehabilitation department of a tertiary hospital in Urumqi City, Xinjiang, from April 2023 to July 2024 were selected for the survey. Questionnaires, Medical research council muscle strength score, Depression-Anxiety-Stress Scale, Nutritional Risk Screening 2002 and Fugl-Meyer Motor Function Rating Scale were used for evaluation. A structural equation model was built with PROCESS plug-in for path analysis, and Bootstrap method was used for mediation effect test. **Results** The total score of muscle strength in patients with disuse muscular atrophy was 42.00 (30.00, 50.25), the total score of negative emotion was 26 (16, 38), the total score of malnutrition risk was 4 (3, 6), and the total score of motor function was 35.00 (16.50, 62.25). There was a correlation between the variables ($P < 0.05$). The indirect effect of muscle strength on motor function was established, and the total indirect effect was 0.852. Among them, the specific mediating effects of negative emotions and nutrition accounted for 35.68% and 45.42%, respectively, and the chain mediating effect of the two accounted for 18.66%. **Conclusion** Patients with disuse muscle atrophy have intermediate levels of muscle strength and negative emotion, a high risk of malnutrition and severe motor dysfunction. Negative emotion and nutrition play a chain-mediated role between muscle strength and motor function in patients disuse muscle atrophy.

[Key words] Disuse muscle atrophy; Muscle strength; Negative emotions; Nutrition; Motor function

收稿日期: 2024-07-28 修回日期: 2024-09-12 录用日期: 2024-09-13

* 国家自然科学基金 (82060417)

** 通信作者: 帕丽达·买买提, 电子邮箱 parida7301@126.com

我国人口老龄化进程的加快导致各种老年相关性疾病呈逐年上升趋势,引起老年人体力活动减少甚至发展为长期卧床状态^[1]。然而,即便是短期休息和轻度制动也容易引起废用性肌萎缩,当过低的运动状态超过2~3周时,肌肉的最大力量可以减少到基础水平的25%~40%^[2-3]。有研究表明,任何肌肉力量的损失都会对运动功能产生严重的不利影响,20%~30%的肌力丧失足以转化为独立性的丧失,不仅影响患者的平衡及行走能力,使其在进行日常生活活动时更加困难,同时也是残疾、总体死亡率升高的主要因素^[4]。肌肉骨骼系统不仅能够为患者传递力量,还会储存和分泌调节全身代谢的关键物质,这与患者负性情绪的产生及营养状况密切相关,这两者也被证实是运动功能的预测变量^[5-6]。然而在临床治疗中,医护人员常将原发病作为治疗重点。对于因活动受限而无法通过康复锻炼提升肌力的患者,寻找肌力与运动功能障碍之间的可控因素进行干预尤为重要。故本研究旨在探讨废用性肌萎缩患者负性情绪及营养作为中介变量对肌力和运动功能的影响,为促进患者早日回归社会提供指导。

1 对象与方法

1.1 研究对象

采用便利抽样法,选取2023年4月—2024年7月新疆医科大学第一附属医院康复科的222例废用性肌萎缩患者为调查对象(由样本量计算公式^[7],考虑到10%~20%的失访率,计算样本量)。纳入标准:①因疾病原因卧床时间 ≥ 4 周;②日常生活活动能力(Activities of daily living, ADL) ≤ 60 分;③自愿参与且知情同意。排除标准:①合并器官衰竭者;②合并恶性肿瘤患者;③患有严重疾病者。其中男134例,女88例;平均年龄(55.91 \pm 16.91)岁,文化程度初中及以下99例,高中34例,大专65例,本科及以上24例;职业为职员40例,工人6例,个体48例,农民38例,退休77例,无业13例;婚姻状况为已婚196例,未婚15例,离异及丧偶者11例;医疗费用的支付方式为医疗保险209例,新农合9例,自费患者4例;家庭所在地为城镇140,农村82例。本研究经医院伦理委员会审批(20200326-03)。

1.2 调查工具

1.2.1 一般资料 研究者自行编制一般资料调查表,包括年龄、性别、职业、受教育程度、医疗费用支付方式、婚姻状况、家庭所在地等。

1.2.2 肌力评估 采用英国医学研究理事会(Medical research council, MRC)肌力评分进行肌力评估:无肌肉收缩计0分,可见或可触及肌肉收缩但无运动计1分,无法抵抗重力但可活动相关关节计2分,可抗重力运动但无法对抗阻力计3分,能够对抗中等程度阻力计4分,正常肌力计5分;

共12个肌群,总分60分,分数与肌力呈正相关^[8]。

1.2.3 负性情绪评估 采用龚栩等^[9]修订的抑郁-焦虑-压力量表(Depression anxiety stress scale, DASS-21)评估负性情绪。该量表分为抑郁、焦虑、压力3个维度,共21个条目,采用4点计分法,得分越高说明负性情绪越严重。

1.2.4 营养不良风险评估 采用营养风险筛查(Nutritional risk screening, NRS)2002进行营养评估,总分7分, ≥ 3 分提示存在营养不良风险^[10]。

1.2.5 肢体运动功能评估 采用Fugl-Meyer运动功能评分量表(Fugl Meyer assessment, FMA)进行评估,该量表包括上肢功能33项(共66分)和下肢功能17项(共34分),每项0~2分,总分100分,分数与运动功能呈正相关^[11]。

1.3 资料收集

本研究通过查询电子病历及调查问卷进行资料收集。收集问卷时由研究者向患者介绍研究目的及意义,获得其知情同意后采集电子病历资料。MRC肌力评分及FMA运动功能评分等资料,由研究者在治疗师的陪同下进行评定。现场回收所有评估问卷并及时检查有无遗漏等情况,以保证其完整性。本次调查共发放222份问卷,全部收回,有效回收率为100%。

1.4 统计学方法

采用SPSS27.0统计学软件进行数据分析。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布则用 $M(P_1, P_3)$ 表示。采用Spearman秩相关进行各变量间的相关性分析;用PROCESS插件构建结构方程模型进行路径分析,采用Bootstrap方法进行中介效应检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 废用性肌萎缩患者的肌力、负性情绪、营养与运动功能的得分及相关性分析

废用性肌萎缩患者的肌力总分为42.00(30.00, 50.25)分,负性情绪总分为26(16, 38)分,营养不良风险总分为4(3, 6)分,运动功能总分为35.00(16.50, 62.25)分。相关性分析结果显示,肌力与运动功能呈正相关($r=0.640, P<0.01$),与负性情绪、营养得分呈负相关($r=-0.476, -0.599, P<0.05$);负性情绪与营养得分呈正相关($r=0.554, P<0.05$),负性情绪、营养得分与运动功能呈负相关($r=-0.660, -0.677, P<0.05$)。

2.2 废用性肌萎缩患者的肌力、负性情绪、营养与运动功能的链式中介效应

以肌力为预测变量,负性情绪为结果变量,废用性肌萎缩患者的肌力能显著负向预测负性情绪($\beta=-0.579, P<0.001$)。以肌力、负性情绪为预测变量,营养为结局变量,废用性肌萎缩患者的肌力能够负向预测营养不良风险($\beta=-0.060, P<0.001$),负性情绪能够正向预测营养不良风险

($\beta=0.043$, $P<0.001$)。以肌力、负性情绪、营养作为预测变量, 运动功能作为结局变量, 废用性肌萎缩患者的肌力能够正向预测运动功能 ($\beta=$

0.577 , $P<0.001$), 负性情绪、营养能够负向预测运动功能 ($\beta=-0.526$ 、 -6.444 , $P<0.001$), 见表 1。

表 1 负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者肌力与运动功能间的链式中介效应

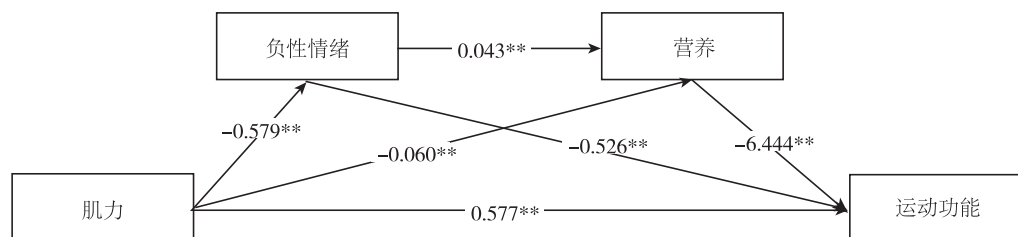
Tab. 1 Chain-mediated effects of negative emotions and nutrition on muscle strength and motor function in patients with disuse muscular atrophy

结果变量	预测变量	整体拟合指数			回归系数显著性		
		R	R ²	F 值	β	t 值	P 值
负性情绪	肌力	0.455	0.207	57.447	-0.579	-7.579	<0.001
营养	肌力	0.666	0.443	87.385	-0.060	-7.247	<0.001
	负性情绪				0.043	6.548	<0.001
运动功能	肌力	0.806	0.649	134.639	0.577	5.055	<0.001
	负性情绪				-0.526	-5.971	<0.001
	营养				-6.444	-7.731	<0.001

2.3 废用性肌萎缩患者的肌力、负性情绪、营养与运动功能的链式中介效应检验

以肌力为预测变量, 负性情绪、营养为中介变量, 运动功能为结果变量建立中介效应模型, 见图 1。按照 Hayes 提出的方法检验中介模型, 采用 Bootstrap 法重复抽取 5 000 次分别计算 95%CI。结果显示: 废用性肌萎缩患者的肌力对运动功能直接效

应值为 0.577, 占总效应的 40.41%, 负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者的肌力与运动功能的总间接效应为 0.852, 占总效应的 59.66%。间接效应说明负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者的肌力与运动功能中的中介效应及其链式中介效应均显著, 其特定中介效应分别占总间接效应的 35.68%和 45.42%, 两者的链式中介作用占 18.66%, 见表 2。



注: ** $P<0.001$

图 1 负性情绪、营养在肌力与运动功能之间的中介模型

Fig. 1 Mediation model of negative emotions and nutrition between muscle strength and motor function

表 2 负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者肌力与运动功能的中介效应分析

Tab. 2 Mediating effect of negative emotions and nutrition on muscle strength and motor function in patients with disuse muscular atrophy

效应类型	效应值	95%CI	相对中介效应占比 (%)
总效应	1.428	1.193~1.663	
直接效应	0.577	0.352~0.801	40.41
总间接效应	0.852	0.657~1.077	59.66
间接效应 1	0.304	0.171~0.461	21.29
间接效应 2	0.387	0.225~0.592	27.10
间接效应 3	0.159	0.082~0.263	11.13

3 讨论

本研究结果提示: 废用性肌萎缩患者肌力及负性情绪处于中等水平, 存在较高营养不良风险及严重运动功能障碍; 相关性分析结果显示患者的肌力越好, 负性情绪水平越低, 发生营养不良的风险越低, 运动功能越好。肌力损失的程度已被证明是患者住院所需时间的明确指标, 也严重影响老年人康复所需的时间^[12]。有研究表明, 仅两周的卧床休息就能够使肌力的测量值下降 20%~30%, 相当于每天损失 1.3%~2.0%的肌力^[13]。肌力的下降会使肌肉收缩功能减弱, 引起深部肌肉血流量减少以及肌纤维血供不足等生理功能减退, 从而加重肌萎缩^[14]。长期处于这种状态会促使肌膜硬化及肌肉的延展性丧失, 进而引起肌源性关节挛缩等运动功能障碍。运动功能障碍会导致患

者出现动态平衡能力下降、功能性移动异常等表现,并增加跌倒风险和残疾发生的概率,降低患者的生活独立性及生活质量,对患者身心健康带来严重不良影响^[15]。相关研究已证实运动功能与肌肉力量等躯体功能相关,但肌力的增加并不等同于肢体运动功能的增强^[16]。目前国内康复方案的制定大多集中在对肌力恢复正常水平的深入探索,但单一地追求肌力的增强,并不能使肢体功能性得到最佳发挥。因此,有必要更好地了解患者心理和生物因素形成的心理生物学模型,以期寻找肌力与运动功能障碍之间的可控因素加以干预,使患者的运动功能得到更好地提升。

本研究表明肌力对运动功能有正向预测作用,废用性肌萎缩患者的肌力不仅直接影响其运动功能,而且可通过负性情绪的中介效应间接影响运动功能。肌力是保持个体独立性的关键因素, Janssen 等^[17]通过对 14 818 名成年人进行调查,证实肌力低下与功能障碍和残疾的可能性增加独立相关。同时,肌力低下也是神经系统退化的早期标志,这会导致平衡受损从而增加患者跌倒的风险以及对跌倒的恐惧,使其心理行为发生改变,使个体因畏惧跌倒而减少活动时间、缩减活动范围,甚至避免参与日常生活活动^[18]。患者的独立性降低、社会参与减少,会导致患者出现社会疏离并减少其所获得的社会支持的途径,从而出现焦虑、抑郁等负性情绪。在负性情绪状态下,中枢神经系统可能会抑制运动神经元的活动、减少肌肉收缩时募集的运动神经元及运动单位,导致患者运动功能的下降^[19-20]。因此,本研究结果提示,临床医务工作者在加强废用性肌萎缩患者的肌力以期提高其运动功能时,还应多加关注患者的负性情绪。可以建议患者适当参加娱乐活动,培养对健康有益的兴趣爱好,这样不仅可以帮助患者更好地融入社会,对于提升其整体的治疗效果也具有重要意义。

本研究表明,营养在废用性肌萎缩患者肌力与运动功能间起到部分中介效应。骨骼肌是机体能量代谢的重要场所,即便是短期的骨骼肌废用都会降低肌肉对胰岛素的敏感性从而出现胰岛素抵抗,并诱导对营养物质的合成代谢抵抗^[21-22]。本研究人群均为卧床时间大于 1 个月的患者,此类患者的肌肉萎缩程度相对较为严重,肌力越低越会加剧全身多种代谢紊乱,引起严重的全身性胰岛素抵抗和合成代谢抵抗,这两者通过相互强化的恶性循环会加剧患者出现营养不良的风险^[23]。营养不良则会使患者运动功能障碍的状态难以得到好转,加剧其活动受限^[24-25]。因此,对于因活动受限而无法通过康复锻炼提升肌力的患者,应把握住营养摄入这一可控因素,在限制能量的同时使用口服营养补充剂或食品补充剂来补充蛋白质和其他关键营养素,给予其更均衡的膳食搭配以避免出现营养不良,使患者保持良好的精神状态,

积极参与到康复训练过程中,从而达到通过改善患者的营养间接改善其运动功能的目的。

负性情绪、营养在废用性肌萎缩患者的肌力与运动功能之间起到链式中介作用。有研究表明,与肌力正常者相比,肌力较低的患者出现焦虑等负性情绪的风险高出 24%^[26]。焦虑状态会引起患者交感神经系统兴奋,增加肾上腺素等激素的分泌;压力情绪则会增加皮质醇的分泌从而抑制下丘脑-垂体-肾上腺轴的功能,以上激素及机制都会使患者产生饱腹感而抑制其进食^[27]。有研究显示,抑郁、焦虑、压力等负性情绪往往同时共发于同一个体,且长期处于这种状态会影响自主神经系统的功能,导致胃肠道的蠕动和分泌出现异常^[20]。食欲不振导致患者对维生素、蛋白质、微量元素等营养物质摄入过少;而胃肠道功能紊乱又会导致患者消化不良,进而出现贫血、低蛋白血症等营养不良的表现。因营养不良所导致的微量元素缺乏又会对中枢神经系统产生重大影响,损害神经元之间的通信从而影响运动功能,导致运动控制能力丧失、运动速度下降以及难以完成复杂的运动任务^[28]。因此负性情绪及营养不仅对改善运动功能意义重大,对改善废用性肌萎缩患者的生活质量及生存结局也有不可忽视的影响。

综上所述,负性情绪和营养在废用性肌萎缩患者肌力与运动功能间具有链式中介效应,肌力不仅正向影响废用性肌萎缩患者的运动功能,还能够通过负性情绪及营养对运动功能产生影响。

参考文献

- [1] 周倩,杨胜慧. 积极应对人口老龄化政策背景下我国老年人口健康状况分析——基于第六次、第七次全国人口普查数据的比较分析[J]. 人口与健康,2023,(7):49-53. Zhou Q, Yang S H. Analysis of the health status of the elderly population in China under the background of active response to the aging policy - a comparative analysis based on the data of the sixth and seventh national censuses [J]. Populat Health, 2023, (7): 49-53.
- [2] Takemoto R, Sejima T, Han L K, et al. Disuse muscle atrophy-improving effect of ninjin'yoeito in a mouse model [J]. Neuropeptides, 2021,90:102199.
- [3] Arai H, Ikegawa N, Nozoe M, et al. Association between skeletal muscle mass index and convalescent rehabilitation ward achievement index in older patients[J]. Prog Rehabil Med, 2022,7:20220003.
- [4] 宗蓓蓓,李倩,许晓艳. 体育活动和负性心理状态在睡眠质量与脑卒中患者认知功能间的中介作用[J]. 中风与神经疾病杂志,2024,41(5):430-435. Zong B B, Li Q, Xu X Y. The mediating role of physical activity and negative psychological state between sleep quality and cognitive function in stroke patients [J]. J Apopl Nerv Dis, 2024,41(5):430-435.
- [5] Takano E, Maltais M, Kondo I, et al. Bidirectional relationship between depressive symptoms and physical performance in

- community-dwelling older people with subjective memory complaints[J]. *Eur Geriatr Med*, 2021,12(5):973-980.
- [6] Marques A, Gomez-Baya D, Peralta M, et al. The effect of muscular strength on depression symptoms in adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020,17(16):5674.
- [7] Preacher K J, Kelley K. Effect size measures for mediation models: quantitative strategies for communicating indirect effects[J]. *Psychol Methods*, 2011,16(2):93-115.
- [8] 孙晖, 孙明璇, 乔风华, 等. 早期肠内营养支持对有创机械通气 COPD 患者肺康复的疗效评价 [J]. *护理实践与研究*, 2023, 20(7):1037-1041.
- Sun H, Sun M X, Qiao F H, et al. Evaluation of the efficacy of early enteral nutrition support on pulmonary rehabilitation in COPD patients with invasive mechanical ventilation [J]. *Nurs Pract Res*, 2023, 20(7):1037-1041.
- [9] 龚栩, 谢熹瑶, 徐蕊, 等. 抑郁-焦虑-压力量表筒体中文版 (DASS-21) 在中国大学生中的测试报告 [J]. *中国临床心理学杂志*, 2010, 18(4):443-446.
- Gong X, Xie X Y, Xu R, et al. Psychometric properties of the Chinese versions of DASS-21 in Chinese college students [J]. *Chin J Clin Psychol*, 2010, 18(4):443-446.
- [10] 许静涌, 杨剑, 康维明, 等. 营养风险及营养风险筛查工具营养风险筛查 2002 临床应用专家共识 (2018 版) [J]. *中华临床营养杂志*, 2018, 26(3):131-135.
- Xu J Y, Yang J, Kang W M, et al. Expert consensus on the clinical application of nutritional risk screening tools for nutritional risk and nutritional risk screening 2002 (2018 edition) [J]. *Chin J Clin Nutr*, 2018, 26(3):131-135.
- [11] Ling S S, Pan R H, Zhan L C, et al. Ruyi Zhenbao pills for patients with motor and sensory dysfunction after stroke: a double-blinded, randomized placebo-controlled clinical trial [J]. *Chin J Integr Med*, 2022, 28(10):872-878.
- [12] Wall B T, Dirks M L, van Loon L J. Skeletal muscle atrophy during short-term disuse: implications for age-related sarcopenia [J]. *Ageing Res Rev*, 2013, 12(4):898-906.
- [13] Wall B T, Dirks M L, Snijders T, et al. Substantial skeletal muscle loss occurs during only 5 days of disuse [J]. *Acta Physiol (Oxf)*, 2014, 210(3):600-611.
- [14] Zhang Q B, Zhou Y, Zhong H Z, et al. Effect of stretching combined with ultrashort wave diathermy on joint function and its possible mechanism in a rabbit knee contracture model [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2018, 97(5):357-363.
- [15] 宋丰祥. 针刺联合运动康复训练对脑卒中偏瘫患者运动能力和生活质量影响的实验研究 [D]. 牡丹江: 牡丹江师范学院, 2023.
- Song F X. Experimental study on the effect of acupuncture combined with exercise rehabilitation training on motor ability and quality of life in stroke patients with hemiplegia [D]. Mudanjiang: Mudanjiang Normal University, 2023.
- [16] 颜丽清. 电针治疗缺血性脑卒中 (急性期) 下肢运动功能障碍的疗效观察 [D]. 福州: 福建中医药大学, 2022.
- Yan L Q. Efficacy observation of electroacupuncture on lower limb motor dysfunction in ischemic stroke (acute phase) [D]. Fuzhou: Fujian University of Traditional Chinese Medicine, 2022.
- [17] Janssen I, Heymsfield S B, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2002, 50(5):889-896.
- [18] Ashdown-Franks G, Stubbs B, Koyanagi A, et al. Hand-grip strength and depression among 34,129 adults aged 50 years and older in six low- and middle-income countries [J]. *J Affect Disord*, 2019, 243:448-454.
- [19] Arandjelović J, Santrač A, Batinić B, et al. Positive and negative selective allosteric modulators of $\alpha 5$ GABAA receptors: effects on emotionality, motivation, and motor function in the 5xFAD model of Alzheimer's disease [J]. *J Alzheimers Dis*, 2021, 84(3):1291-1302.
- [20] 张燕妮, 黄翔, 叶铁鹏, 等. 青少年负性情绪与力量素质的关联 [J]. *中国儿童保健杂志*, 2024, 32(7):725-731, 771.
- Zhang Y N, Huang X, Ye Y P, et al. Correlation between negative emotions and strength quality in high school students [J]. *Chin J Child Health Care*, 2024, 32(7):725-731, 771.
- [21] Nunes E A, Stokes T, McKendry J, et al. Disuse-induced skeletal muscle atrophy in disease and nondisease states in humans: mechanisms, prevention, and recovery strategies [J]. *Am J Physiol Cell Physiol*, 2022, 322(6):C1068-C1084.
- [22] Sylow L, Tokarz V L, Richter E A, et al. The many actions of insulin in skeletal muscle, the paramount tissue determining glycemia [J]. *Cell Metab*, 2021, 33(4):758-780.
- [23] Tamura Y, Omura T, Toyoshima K, et al. Nutrition management in older adults with diabetes: a review on the importance of shifting prevention strategies from metabolic syndrome to frailty [J]. *Nutrients*, 2020, 12(11):3367.
- [24] Quilliot D, Gérard M, Bonsack O, et al. Impact of severe SARS-CoV-2 infection on nutritional status and subjective functional loss in a prospective cohort of COVID-19 survivors [J]. *BMJ Open*, 2021, 11(7):e048948.
- [25] Hardy E, Inns T B, Hatt J, et al. The time course of disuse muscle atrophy of the lower limb in health and disease [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(6):2616-2629.
- [26] Cabanas-Sánchez V, Esteban-Cornejo I, Parra-Soto S, et al. Muscle strength and incidence of depression and anxiety: findings from the UK Biobank prospective cohort study [J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(4):1983-1994.
- [27] Schaeuble D, Myers B. Cortical-Hypothalamic Integration of Autonomic and Endocrine Stress Responses [J]. *Front Physiol*, 2022, 13:820398.
- [28] Dos Santos M, da Silva K G, da Silva Souza A P, et al. Relationship between vitamin B12 levels and motor development: a systematic review [J]. *Clin Nutr ESPEN*, 2024, 63:148-156.