

DOI: 10.20098/j.cnki.1001-5132.2024.0812

不同悬吊练习动作对躯干核心肌肉激活程度的影响

毛亚琪¹, 余艺娜², 王健^{3*}

(1.宁波大学 体育学院, 浙江 宁波 315211; 2.杭州青少年活动中心, 浙江 杭州 310000;
3.浙江大学 教育学院, 浙江 杭州 310000)

摘要: 研究旨在探究不同悬吊练习对核心肌肉激活的影响, 为腰痛患者的康复干预和运动员的体能训练提供科学依据。研究对象为 19 名健康男性大学生, 采集他们在进行不同悬吊练习动作时的腹直肌、竖脊肌和多裂肌的表面肌电信号, 并提取平均表面肌电值(Average EMG, AEMG)作为评估肌肉活动水平的指标。结果显示, 与静态悬吊练习相比, 动态悬吊练习显著增强了核心肌肉的激活程度。具体而言, 在动态俯卧撑桥悬吊动作中, 右侧竖脊肌的 AEMG 显著增加($P<0.05$), 双侧腹直肌和多裂肌的 AEMG 显著增加($P<0.01$); 在动态仰卧撑桥悬吊动作中, 左侧腹直肌的 AEMG 显著增加($P<0.05$), 双侧竖脊肌和多裂肌的 AEMG 显著增加($P<0.01$); 同样, 动态左侧和右侧卧撑桥悬吊动作的双侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的 AEMG 都显著增加($P<0.01$ 和 $P<0.05$)。不同类型的悬吊练习对核心肌肉的激活水平有明显影响, 且动态练习对肌肉的激活效果优于静态练习。

关键词: 悬吊练习; 腹直肌; 竖脊肌; 多裂肌; 表面肌电; 肌肉激活

中图分类号: G804.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2025) 01-0107-07

躯干核心肌肉在日常活动中对维持和优化躯干稳定性起着重要作用。悬吊练习是一种有效增强运动员核心力量的训练方式^[1]。悬吊练习在不稳定条件下进行, 基于现代康复健身理论, 通常通过绳索将人体的某些部位悬吊, 或者增加瑞士球、平衡垫等器材, 使人体处于非人为支撑的不稳定状态, 以此激发神经肌肉紧张反应, 进而实现运动效果^[2]。与传统训练不同, 悬吊训练并不以大肌群为主要目标, 而是重视躯干核心肌肉和小肌群部位的练习, 更重视力量的支配、传递和组合能力, 强调肌肉的收缩与放松、身体的平衡与不平衡之间的迅速转变, 以提高神经对肌肉的控制能力^[3-4]。

悬吊练习作为近几年引进的新兴训练法, 在促进腰痛患者康复以及提升运动员的身体素质方面展现了显著效果^[1]。大多数研究表明, 悬吊练习能显著改善身体平衡性和肌肉能力。对于腰痛患

者, 悬吊练习在减轻疼痛程度、改善功能障碍和增强躯干肌力方面效果显著^[5-6]。一项针对慢性腰痛患者的研究表明, 经过 4 周的悬吊练习, 其功能改善效果优于传统力量训练, 且核心稳定性的提升在训练结束后一个月仍能减少疼痛并改善功能^[7]。相比传统负重或使用运动器材的肌肉训练, 悬吊训练在提升妇女肌肉强度和身体功能方面也具有明显优势^[8]。此外, 针对乒乓球运动员的 12 周悬吊练习发现, 其核心肌肉力量、身体平衡稳定性、力量传递及整体协调能力均有显著提升^[9]。然而, 现有研究主要集中在悬吊练习的训练效果评价, 关于具体动作的研究较少, 特别是对腰腹部肌肉的评估尚不充分。

本研究基于固定脊柱形态、不改变脊柱姿态的运动方式, 选取了 8 种悬吊练习方法(包括 4 种静态和 4 种动态), 通过表面肌电技术定量研究躯干核

收稿日期: 2024-08-23.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 军科委 2022—2024 基础加强计划 (2022-JCJQ-JJ-0864)。

第一作者: 毛亚琪, 助教, 主要研究方向: 运动人体科学。E-mail: maoyaqi@nbu.edu.cn

*通信作者: 王健, 教授, 主要研究方向: 运动人体科学。E-mail: pclabeeg@zju.edu.cn

心肌肉的激活程度. 本研究旨在探究不同悬吊练习对左右侧竖脊肌、多裂肌、腹直肌肌电活动模式的影响, 为悬吊练习的设计和实施提供科学依据.

1 研究方法

1.1 研究对象

19 名健康的男性大学生, 年龄(19.4 ± 2.8)岁, 身高(181.7 ± 4.4)cm, 体重(70.6 ± 5.8)kg, 实验前告知受试者实验目的和基本要求, 受试者签署知情同意书.

1.2 仪器设备

通过 ME6000 表面肌电信号收集和分析系统 (MEGA 公司, 芬兰) 以及 Ag-AgCl 心电电极 (杭州

迅达无线电器材有限公司, 中国) 采集受试者在不同悬吊练习方法下的竖脊肌、多裂肌、腹直肌肌电活动特征, 采样率为 2 000 Hz. 通过 IsoMed2000 等速测试训练仪器 (D&R Ferstl 公司, 德国) 采集最大自主收缩力 (Maximal Voluntary Contraction, MVC).

1.3 测试流程

测试前, 测量每名受试者的 MVC, 测量过程持续 5 s. 每名受试者共进行 3 次测量, 取 3 次 MVC 的均值. 受试者在进行肌电数据采集之前至少休息 5 min, 以消除疲劳. 在正式开始各项动作前, 指导受试者动作要领, 使受试者熟悉悬吊练习的动作. 悬吊练习动作主要涉及静态和动态等 8 种不同动作 (图 1 和图 2).

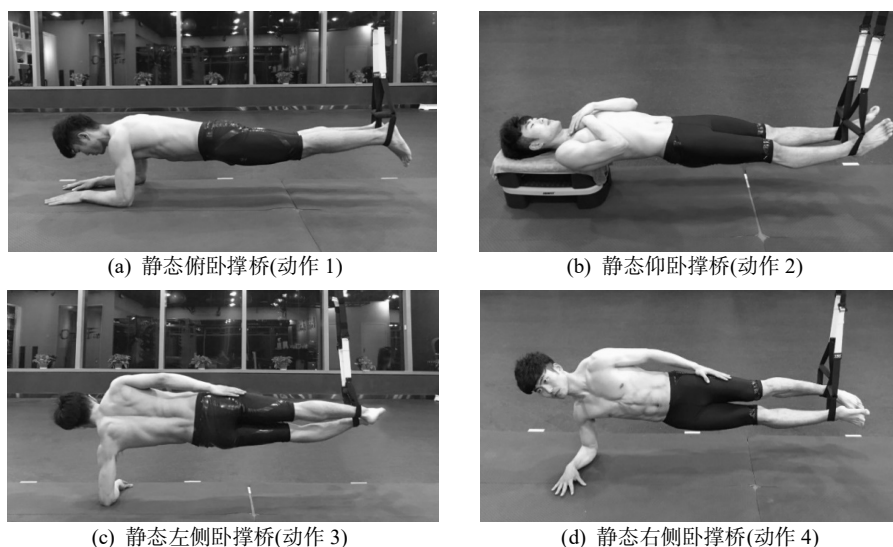


图 1 静态练习动作示意

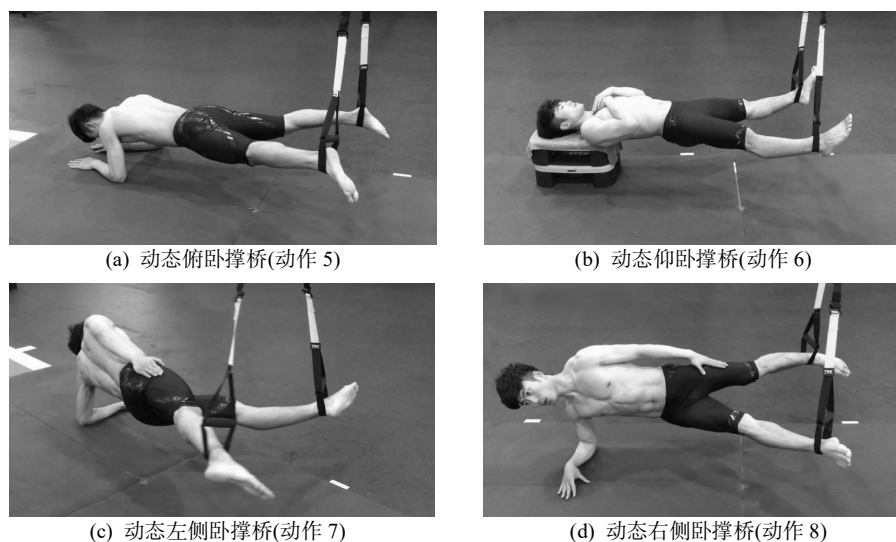


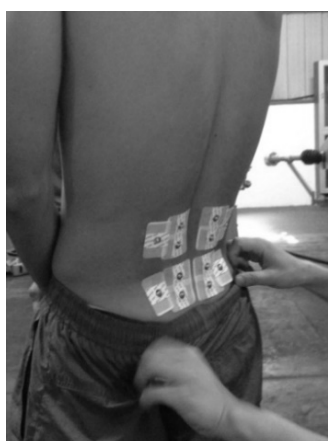
图 2 动态练习动作示意

静态方面: 俯卧时, 小臂支撑于地面, 与大臂呈 90° , 双脚并拢, 脚踝悬挂, 背、腰、腿呈一条水平线; 仰卧时, 头、肩、颈背贴靠在凳子上, 凳子边缘在胸椎位置(两乳头连线), 双手自然放胸前, 双脚并拢, 脚踝悬挂, 背、腰、腿呈一条水平线; 侧卧时, 支撑手的小臂与大臂呈 90° 支撑于地面, 对侧手自然放于体侧, 双脚并拢, 脚踝悬挂, 背、腰、腿呈一条水平线. 动态方面, 在静态动作的基础上, 双脚脚踝缓慢用力向左右分开至 60° 后缓慢并拢回到起始动作, 整个过程中上肢、躯干保持起始动作不变, 背、腰、腿保持水平状态.

表面肌电电极的放置位置如图3所示. 为保证数据的准确性, 所有肌电仪参数和各种电极在信号采集前均进行校准. 实验正式开始后, 进行静态悬吊练习动作时, 采集平衡状态下5s的肌电信号; 进行动态悬吊练习动作时, 采集3次平稳状态下连续动作的肌电信号.



(a) 腹直肌电极位置



(b) 竖脊肌、多裂肌电极位置

图3 表面肌电电极位置示意

1.4 数据处理

运用 MegaWin 2.01 软件(MEGA 公司, 芬兰)进行肌电信号处理. 首先对表面肌电信号进行滤

波、全波整流, 然后通过滑窗平均计算每一个通道肌电数据的包络线(分析窗口为 1024 个时间步长, 交叠度(overlap)为 50%), 进而计算反映肌电信号振幅变化的平均肌电值(Average EMG, AEMG)指标. 此外, 为了消除个体差异以及比较不同悬吊练习方法对肌肉激活程度的影响, 对 AEMG 进行标准化处理. 以最大自主收缩(Maximum Voluntary Contraction, MVC)时的 AEMG 为基准, 计算腹直肌、竖脊肌和多裂肌在完成相应动作时的 AEMG 占 MVC 时 AEMG 的百分比, 用于表示肌肉在完成不同悬吊练习动作下的激活度.

$$N = A / A_{MVC}, \quad (1)$$

式中: N 为标准化后用以量化各肌肉在完成不同悬吊练习动作下的激活程度; A 为各肌肉在不同悬吊练习动作下的平均肌电值; A_{MVC} 为肌肉进行 3 次 MVC 的平均肌电值.

1.5 统计分析

采用 Shapiro-Wilk 检验各组数据的正态分布性, Leneve 检验各组数据的方差齐性, 结果显示各组数据均满足正态分布($P > 0.05$), 但显示方差不齐性($P > 0.05$). 采用修正后的单因素方差分析(Welch 方差分析)比较不同悬吊练习对左右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌激活程度的差异; 采用配对样本 t 检验比较分析相同姿势下静态和动态悬吊练习方法对不同肌肉激活程度的差异以及不同悬吊练习方法下相同肌肉左右侧激活程度的差异. 所有统计分析使用 SPSS 19 软件(IBM/SPSS Inc., Armonk, 美国)进行. 显著性水平设置在 $\alpha = 0.05$.

2 结果

单因素方差分析显示, 不同悬吊练习方法下的左右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的平均肌电活动差异具有统计学意义($P < 0.01$), 见表1.

相同肌肉 AEMG 比较如图4所示. 在俯卧体位下悬吊练习动作中, 与动作1(静态俯卧撑桥)相比, 动作5(动态俯卧撑桥)中不同肌肉的 AEMG 均有不同程度增长(图4(a)). 配对样本 t 检验显示, 相对于动作1, 动作5右侧竖脊肌的 AEMG 显著增加($P < 0.05$), 双侧腹直肌和多裂肌的 AEMG 显著增加($P < 0.01$), 见表2. 此外, 在动作1和5中, 腹直肌激活程度较大, 而竖脊肌和多裂肌激活程度较小.

表 1 腹直肌、竖脊肌、多裂肌的不同悬吊练习单因素方差分析结果

动作	腹直肌 L	腹直肌 R	竖脊肌 L	竖脊肌 R	多裂肌 L	多裂肌 R
动作 1	0.55±0.16	0.55±0.16	0.04±0.02	0.04±0.01	0.04±0.02	0.04±0.02
动作 2	0.02±0.01	0.02±0.01	0.43±0.14	0.46±0.15	0.51±0.20	0.49±0.19
动作 3	0.33±0.22	0.07±0.05	0.24±0.11	0.05±0.03	0.23±0.13	0.07±0.02
动作 4	0.05±0.03	0.31±0.12	0.05±0.02	0.27±0.15	0.06±0.04	0.24±0.18
动作 5	0.67±0.17	0.62±0.18	0.05±0.03	0.05±0.02	0.06±0.03	0.06±0.03
动作 6	0.03±0.03	0.03±0.02	0.54±0.19	0.55±0.19	0.58±0.22	0.57±0.21
动作 7	0.40±0.26	0.08±0.05	0.33±0.13	0.07±0.03	0.33±0.16	0.09±0.03
动作 8	0.09±0.07	0.41±0.17	0.07±0.04	0.33±0.16	0.09±0.04	0.30±0.18
<i>F</i>	76.768	81.849	53.495	54.093	42.320	41.467
<i>P</i>	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**

注: L 代表左侧, R 代表右侧, *代表 $P < 0.05$, **代表 $P < 0.01$. 下同.

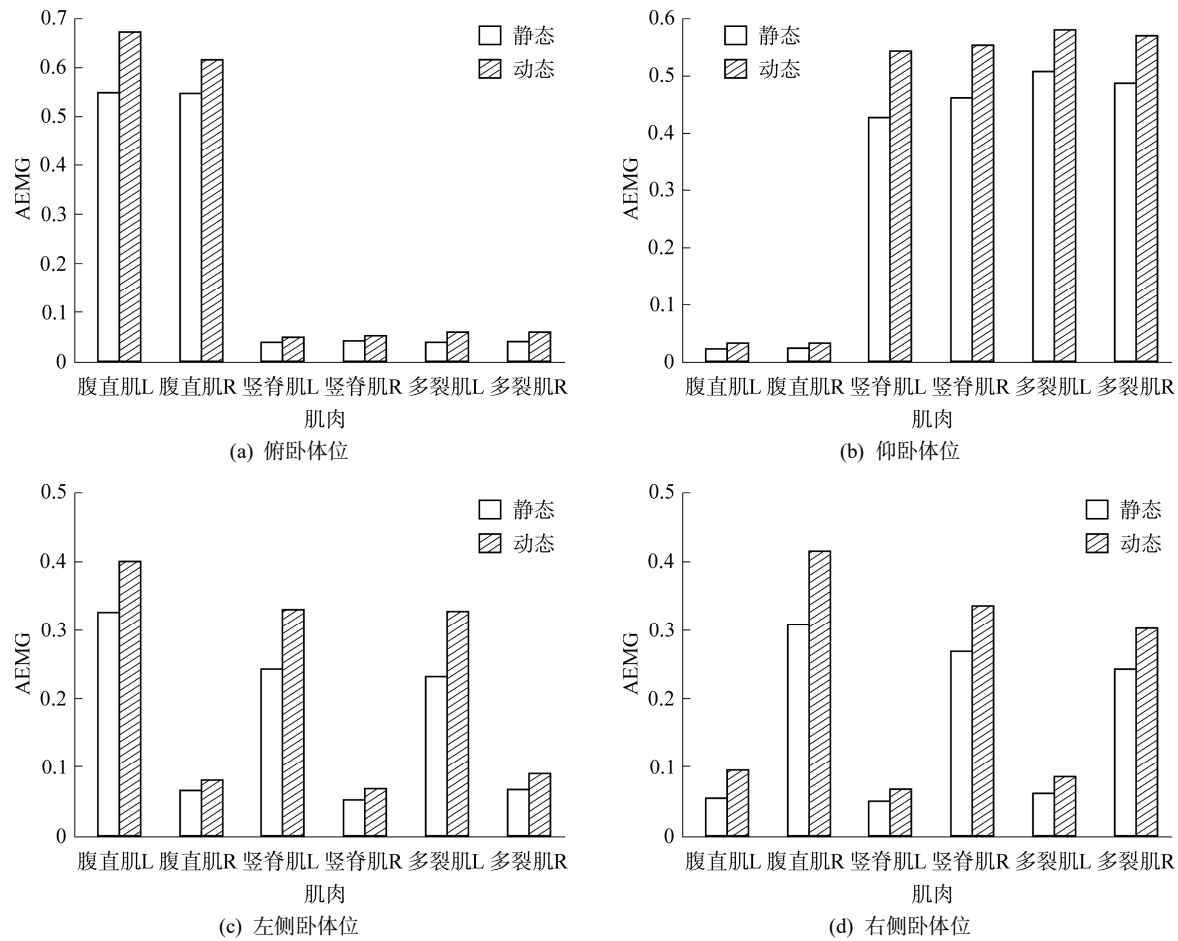


图 4 不同体位下相同肌肉静态与动态 AEMG 的比较

表 2 静态和动态俯卧体位下不同肌肉 AEMG 的比较

肌肉	动作 1	动作 5	<i>t</i>	<i>P</i>	肌肉	动作 1	动作 5	<i>t</i>	<i>P</i>
腹直肌 L	0.55±0.16	0.67±0.17	-4.29	0.000**	竖脊肌 R	0.04±0.01	0.05±0.02	-2.32	0.033*
腹直肌 R	0.55±0.16	0.62±0.18	-4.19	0.001**	多裂肌 L	0.04±0.02	0.06±0.03	-5.13	0.000**
竖脊肌 L	0.04±0.02	0.05±0.03	-1.81	0.088	多裂肌 R	0.04±0.02	0.06±0.03	-4.38	0.000**

在仰卧体位下静态与动态悬吊练习动作中, 相对于动作 2(静态仰卧撑桥), 动作 6(动态仰卧撑桥)中不同肌肉的 AEMG 都有所增加, 如图 4(b)所示. 配对样本 t 检验显示, 相对于动作 2, 动作 6 左侧腹直肌的 AEMG 显著增加($P<0.05$), 双侧竖脊肌和多裂肌的 AEMG 显著增加($P<0.01$), 见表 3. 此外, 在动作 2 和动作 6 中, 竖脊肌和多裂肌的激活程度都较大, 而腹直肌的激活程度较小.

表 3 静态和动态仰卧体位下不同肌肉 AEMG 的比较

肌肉	动作 1	动作 5	t	P
腹直肌 L	0.02±0.01	0.03±0.02	-2.13	0.048*
腹直肌 R	0.02±0.01	0.03±0.02	-2.10	0.050
竖脊肌 L	0.43±0.14	0.54±0.19	-5.51	0.000**
竖脊肌 R	0.46±0.15	0.55±0.19	-4.96	0.000**
多裂肌 L	0.51±0.20	0.58±0.22	-4.59	0.000**
多裂肌 R	0.49±0.20	0.57±0.21	-5.59	0.000**

在左侧卧体位下静态与动态悬吊练习动作中, 配对样本 t 检验显示, 相对于动作 3(静态左侧卧撑桥), 动作 7(动态左侧卧撑桥)中的双侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的 AEMG 都显著增加($P<0.01$), 见表 4. 此外, 在动作 3 和动作 7 中, 左侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度都较大, 而右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度较小, 如图 4(c)所示.

表 4 静态和动态左侧卧体位下不同肌肉 AEMG 的比较

肌肉	动作 1	动作 5	t	P
腹直肌 L	0.33±0.22	0.40±0.26	-4.03	0.001**
腹直肌 R	0.07±0.05	0.08±0.05	-4.23	0.000**
竖脊肌 L	0.24±0.11	0.33±0.13	-5.20	0.000**
竖脊肌 R	0.05±0.03	0.07±0.03	-3.68	0.002**
多裂肌 L	0.23±0.13	0.33±0.16	-4.22	0.001**
多裂肌 R	0.07±0.02	0.09±0.03	-4.37	0.000**

在右侧卧体位下静态与动态悬吊练习动作中, 配对样本 t 检验显示, 相对于动作 4(静态右侧卧撑桥), 动作 8(动态右侧卧撑桥)中的双侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的 AEMG 都显著增加($P<0.05$), 见表 5. 此外, 在动作 4 和动作 8 中, 右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度均较大, 而左侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度均较小, 如图 4(d)所示.

表 5 静态和动态右侧卧体位下不同肌肉 AEMG 的比较

肌肉	动作 1	动作 5	t	P
腹直肌 L	0.05±0.03	0.09±0.07	-2.57	0.019*
腹直肌 R	0.31±0.12	0.41±0.17	-3.95	0.001**
竖脊肌 L	0.05±0.02	0.07±0.04	-3.48	0.003**
竖脊肌 R	0.27±0.15	0.33±0.16	-5.44	0.000**
多裂肌 L	0.06±0.04	0.09±0.04	-6.24	0.000**
多裂肌 R	0.24±0.18	0.30±0.18	-5.05	0.000**

3 讨论

本研究选择了静态和动态条件下的不同悬吊练习方法, 这是不改变脊柱形态的动作, 也是目前国内外在不稳定身体状态下进行核心肌肉锻炼比较经典的人体姿势动作. 结果显示, 不同悬吊练习和肌肉收缩方式对腰椎稳定肌(腹直肌、多裂肌和竖脊肌)激活水平均有明显影响, 动态练习激活作用大于静态练习. 在静态和动态俯卧撑桥悬吊动作中, 腹直肌的激活程度都较大, 而竖脊肌和多裂肌的激活程度较小. 在静态和动态仰卧撑桥悬吊动作中, 竖脊肌和多裂肌的激活程度都较大, 而腹直肌的激活程度较小. 在静态和动态左侧卧悬吊动作中, 左侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度都较大, 而右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度较小. 在静态和动态右侧卧悬吊动作中, 右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度均较大, 而左侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活程度均较小.

魏永敬^[10]将悬吊动作归类为 8 种类型, 包括静态与动态开链练习(支点固定与不固定)以及静态与动态闭链练习(支点固定与不固定). 这些悬吊练习主要激活了以腹横肌、多裂肌为主的腰椎稳定肌群^[11]. 此外, 万月红等^[12]设计了仰卧位、俯卧位和侧卧位 3 种悬吊练习, 并应用于运动训练, 研究表明, 这些练习提高了散打运动员在下潜抱摔动作中相关肌肉的爆发力. 然而, 该研究未涉及悬吊练习动作对肌肉电生理特征影响的评估.

本研究结果表明, 在进行不同悬吊动作时, 核心肌群通过产生拉力对抗重力以维持身体平衡. 当支撑面减少时, 肌肉的募集增加, 反复调节肌肉的紧张度以维持平衡. 在动态动作中, 除了维持重心平衡的条件外, 双腿还需进行动态移动, 从而进一步增加对核心肌群的刺激. 因此, 悬吊练习需要

大脑快速释放神经信号以调控肌肉紧张度,有助于提高神经肌肉的协调性与控制能力。

有研究认为悬吊练习有助于慢性腰痛患者的恢复^[7]。因为悬吊练习相比于一般练习对躯干核心肌肉的激活以及减轻疼痛更加有效^[5,13-14]。悬吊练习可以通过高水平的神经肌肉刺激恢复功能运动的模式^[15]。在仰卧位下,使用吊带支撑面可以显著增加下背疼痛患者腹横肌的厚度和活动^[16-17]。而仰卧和俯卧的悬吊桥式运动可以激活多裂肌、腹直肌和竖脊肌^[18-19]。这与本文结果相类似,在悬吊练习的仰卧撑桥姿势中,动态练习时的核心肌肉(腹直肌、竖脊肌和多裂肌)相对静态练习都有所增加,其中,左右侧竖脊肌和多裂肌显著增加。在悬吊练习的侧卧撑桥姿势中,同侧姿势的动态练习核心肌肉比静态练习更为明显。而在左侧卧姿势中,左侧腹直肌、左侧竖脊肌、左侧多裂肌在动态练习时的激活程度显著增加,但右侧肌肉激活程度较小。同样,在右侧卧姿势中,右侧腹直肌、右侧竖脊肌和右侧多裂肌在动态练习时的激活程度显著增加,但左侧肌肉激活程度较小。

此外,在运动训练方面,悬吊训练能有效增强运动员的本体感觉、控制能力、身体稳定性及核心静力力量^[20]。郭健^[21]通过对排球专项学生的8周悬吊训练干预发现,悬吊训练提高了动态平衡能力,对核心能力的改善也有促进作用。而孙霞等^[22]发现悬吊练习对改善排球运动员的静态平衡能力具有积极的效果。这些研究结果都表明了悬吊训练能够有效增强运动员的核心力量。而核心力量训练在增强运动员的肌肉控制能力、保持身体姿态、发挥核心区在运动链中的传递作用和提高核心稳定性等方面具有较为重要的价值^[23]。

综上,本文探究了8种不同悬吊练习方法对核心肌群中腹直肌、多裂肌和竖脊肌的激活程度,研究结果为腰疼患者的康复干预以及运动员的训练方案提供了科学依据。本文的局限性在于:(1)研究仅针对腹直肌、多裂肌和竖脊肌3块核心肌群的激活情况,未涉及其他核心肌群;(2)量化核心肌肉激活的电生理指标较为单一,仅使用标准化后的AEMG作为评估标准。未来研究将尝试结合肌肉骨骼模型和电生理学评估,进一步探讨不同悬吊练习与核心肌群及腰椎负荷之间的关系。

4 结论

悬吊练习的类型和方式对腹直肌、竖脊肌、多裂肌的激活程度具有显著影响。动态与静态俯卧撑桥在左右侧腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活方面效果最好。总体而言,相比于静态悬吊练习,同一位位下的动态悬吊练习对腹直肌、竖脊肌和多裂肌的激活效果更好。本研究结果可为腰痛患者的康复干预及运动员训练方案的制定提供重要参考。

参考文献:

- [1] 赵永舜,阮开俊,张春伟.悬吊训练法在体育运动中的功能及应用现状研究综述[J].体育视野,2021,34(22):75-76.
- [2] 周大亮.悬吊训练在网球正手击球教学中的应用研究[J].当代体育科技,2015,5(11):31.
- [3] 李新发,杜建强.悬吊训练对青少年短跑运动员身体素质训练中的作用[J].青少年体育,2014(4):54.
- [4] 彭云钊,秦子来,王攀,等.武术专项力量训练引入核心稳定力量训练的实验研究[J].山东体育学院学报,2009,25(3):62-65.
- [5] YOU Y L, SU T K, LIAW L J, et al. The effect of six weeks of sling exercise training on trunk muscular strength and endurance for clients with low back pain[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2015, 27(8):2591-2596.
- [6] PARK H, JEONG T, LEE J. Effects of sling exercise on flexibility, balance ability, body form, and pain in patients with chronic low back pain[J]. Rehabilitation Nursing, 2017, 42(6):E1-E8.
- [7] 卢玮.悬吊运动训练对慢性腰痛患者疼痛及静态平衡能力的影响[D].北京:北京体育大学,2009.
- [8] DANNELLY B D, OTEY S C, CROY T, et al. The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in women[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2011, 25(2):464-471.
- [9] 李颖,张云龙. S-E-T 悬吊训练对提高乒乓球运动员平衡能力的实效分析[J].运动,2014(5):35-36.
- [10] 魏永敬.悬吊训练动作分类及生物力学原理的研究[D].石家庄:河北师范大学,2010.
- [11] STUGE B, VEIERØD M B, LAERUM E, et al. The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy: a two-year follow-up of a randomized clinical trial[J]. Spine, 2004, 29(10):E197-E203.
- [12] 万月红,郭晓琴.悬吊训练对散打运动员下潜抱摔动作的影响[J].湖北体育科技,2013,32(10):872-873.

- [13] GROOTEN W J A, BOSTRÖM C, DEDERING Å, et al. Summarizing the effects of different exercise types in chronic low back pain: a systematic review of systematic reviews[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2022, 23(1): 801.
- [14] DRUMMOND C, LEBEDEVA V, KIRKER K, et al. Sling exercise in the management of chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2024, 38(10):1822-1833.
- [15] DE CARVALHO D, MACKEY S, TO D, et al. A systematic review and meta analysis of measurement properties for the flexion relaxation ratio in people with and without non specific spine pain[J]. Scientific Reports, 2024, 14:3260.
- [16] DAFKOU K, KELLIS E, ELLINOUDIS A, et al. The effect of additional external resistance on inter-set changes in abdominal muscle thickness during bridging exercise[J]. Journal of Sports Science & Medicine, 2020, 19(1):102-111.
- [17] CATANIA B, ROSS T, SANDELLA B, et al. Clinical assessment and thickness changes of the oblique and multifidus muscles using a novel screening tool and exercise program: a randomized controlled trial[J]. Journal of Sport Rehabilitation, 2020, 30(3):384-394.
- [18] CHOI S A, CYNN H S, YI C H, et al. Isometric hip abduction using a Thera-Band alters gluteus maximus muscle activity and the anterior pelvic tilt angle during bridging exercise[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2015, 25(2):310-315.
- [19] PARK H J, OH D W, KIM S Y. Effects of integrating hip movements into bridge exercises on electromyographic activities of selected trunk muscles in healthy individuals [J]. Manual Therapy, 2014, 19(3):246-251.
- [20] 王骏昇, 丁立鹏, 尹军. 悬吊训练对国家队女子手枪运动员身体稳定性的影响[J]. 天津体育学院学报, 2016, 31(2):174-178.
- [21] 郭健, 悬吊训练对排球专选学生动态平衡能力影响的研究[D]. 北京: 首都体育学院, 2023.
- [22] 孙霞, 高峰, 孙越颖. 悬吊训练对排球运动员平衡能力的影响[J]. 天津体育学院学报, 2010, 25(1):54-56.
- [23] 牛严君, 乔玉成. 核心力量训练效果的系统评价[J]. 首都体育学院学报, 2018, 30(4):352-361.

The effects of different suspension exercises on the activation level of trunk core muscles

MAO Yaqi¹, YU Yina², WANG Jian³

(1.Faculty of Sports Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Hangzhou Youth Activity Center, Hangzhou 310000, China; 3.Colledge of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310000, China)

Abstract: This study aims to explore the effects of different suspension exercises on core muscle activation, providing scientific evidence for rehabilitation interventions in patients with low back pain and physical fitness training for athletes. Nineteen healthy male university students were voluntarily participated in this study, and the surface electromyography (sEMG) signals were collected from their rectus abdominis, erector spinae, and multifidus muscles during various suspension exercises. The average surface EMG value (AEMG) was extracted as an indicator of muscle activity level. The results showed that, compared to static suspension exercises, dynamic suspension exercises significantly enhanced core muscle activation. Specifically, during dynamic prone bridge suspension exercises, the AEMG of the right erector spinae significantly increased ($P<0.05$), and the AEMG of both the rectus abdominis and multifidus muscles significantly increased bilaterally ($P<0.01$). In dynamic supine bridge suspension exercises, the AEMG of the left rectus abdominis significantly increased ($P<0.05$), while the AEMG of the erector spinae and multifidus muscles significantly increased bilaterally ($P<0.01$). Similarly, in dynamic left and right side bridge suspension exercises, the AEMG of the rectus abdominis, erector spinae, and multifidus muscles all significantly increased bilaterally ($P<0.01$ and $P<0.05$, respectively). All suspension exercises studied have significant effects on core muscle activation, with dynamic exercises demonstrating superior activation as compared to static ones.

Key words: suspension exercises; rectus abdominis; erector spinae; multifidus; surface electromyography; muscle activation

(责任编辑 韩 超)