

卧推非对称负荷对篮球运动员两侧肌肉训练效果及主观疲劳度的影响

李媛媛

(武汉体育学院 体育教育学院, 武汉 430079)

摘要: 分析卧推非对称负荷训练对篮球运动员上肢及核心肌肉训练效果和主观疲劳度的影响。招募10名大学生男子篮球运动员, 分别在非对称不同负荷以及无负荷下进行卧推训练。采集卧推时优势侧和非优势侧肱三头肌(TB)等8块肌肉的肌电信号, 并在卧推结束后采用RPE量表进行主观疲劳度测试, 对所获肌电数据进行2因素重复测量方差分析, 对主观疲劳度进行单因素重复测量方差分析。结果表明卧推非对称负荷可以提高非优势侧腹外斜肌的激活程度, 非对称负荷对核心肌肉激活程度的影响大于上肢肌群, 中等程度(4%)的非对称负荷干预效果最佳, 并且非对称负荷造成的主观疲劳度更强。

关键词: 卧推; 肌电; 非对称负荷; 肌肉激活程度; 篮球

中图分类号: G804.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-2367(2025)05-0131-07

肢体间非对称性指身体两侧肢体结构、运动能力及动作模式的诸多差异^[1-2]。竞技运动员由于长期的专项训练, 身体两侧呈现较为明显的肌肉力量、形态及运动功能的差异, 尤其存在于单侧性机械负荷刺激为主的网球^[3]、篮球运动^[4-8]等项目。从力学和生物学视角来看, 这种非对称性反映了运动员在该专项训练、比赛过程中特定肌肉、骨骼为克服机械负荷所展现出专项运动特征^[9]。然而, 运动员发力主导侧关节的过度使用、机械负荷压力日益增大、肌肉炎症反应加剧, 以及非主导侧肢体机能退化, 均可能增加损伤风险, 并会导致比赛成绩和竞技水平的下滑。

篮球作为一项高度依赖上肢力量和协调性的运动, 其技术动作具有明显的非对称性特征。运动员在投篮、传球和对抗等过程中, 常常需要依赖一侧上肢进行发力和控制, 这使得非对称训练在篮球运动中显得尤为重要。研究表明, 通常篮球运动员上肢优势侧与非优势侧相比, 肌肉的运动表现以及爆发力更佳, 投篮技巧更好, 且准度更高^[5-8]。文献^[7]指出, 长期进行“非优势手”投篮专项训练, 能够改善运动员上肢双侧肢体间的技能差异, 有利于战术的变化及竞技水平的提高。然而, 这些研究关注的是技术层面的改进, 而对于如何通过训练改善上肢优势侧和非优势侧的动作发力模式及神经肌肉控制, 目前的研究还相对较少。

力量素质是篮球技术的基础, 直接影响控球能力、投射距离、传球力度及身体对抗能力。卧推是多关节和多肌肉群共同参与的抗阻训练, 是运动员提高上肢力量及爆发力的常用训练手段。GOLAS等^[10]研究发现, 卧推训练使精英运动员上肢优势侧肌肉激活程度显著高于非优势侧。这提示神经肌肉控制也存在非对称性。文献^[11-12]指出, 实施卧推非对称负荷干预会显著影响优势侧及非优势侧上肢肌肉激活程度, 5%和10%的非对称负荷干预分别增加了非优势侧(加载侧)腹外斜肌(核心肌群)280%和320%的肌肉激活, 但研究还

收稿日期: 2024-09-25; **修回日期:** 2024-11-01.

基金项目: 国家社会科学基金(21BTY039); 湖北省教育科学规划一般课题(2024GB210).

作者简介(通信作者): 李媛媛(1982—), 女, 河北唐山人, 武汉体育学院讲师, 研究方向为篮球教学与训练, E-mail: 543530695@qq.com.

引用本文: 李媛媛. 卧推非对称负荷对篮球运动员两侧肌肉训练效果及主观疲劳度的影响[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2025, 53(5): 131-137. (Li Yuanyuan. Effects of bench press training with asymmetric load on muscle activation and rating of perceived exertion in basketball players[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 2025, 53(5): 131-137. DOI: 10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.09.25.0002.)

发现过大的非对称负荷会导致卧推动作的失衡,致使杠铃杆横移现象发生,造成动作变形。

综上,本研究旨在通过非对称负荷干预,探索不同程度非对称负荷卧推训练的效果,以期找到一种能够有效改善上肢优势侧和非优势侧动作发力模式及神经肌肉控制的新型训练方式,为篮球运动员上肢非对称力量训练提供理论依据。在负荷选择上,为避免卧推非对称负荷的不稳定性弊端^[12],在 JAROSZ 等^[11]实验设计的基础上(2.5%、5.0%和 7.5%的非对称负荷),针对篮球运动员设计 2%、4%和 6%的非对称负荷卧推训练,较低的不对称负荷差异既有助于降低在训练过程中由于失衡而受伤的风险,又能更精确地控制和观察不对称负荷对肌肉活动的影响。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

利用 G-power 软件估算样本量,采用 2×4 重复测量方差分析,参数设置如下:效应量为 0.6,α=0.05,统计功效为 0.85,估算样本量为 6,故招募 10 名被试以满足统计检验力。招募某体育院校 10 名男子篮球专项运动员,招募条件为:1)卧推的 1 RM(1 次可以举起的最大质量)(repetition maximum)水平至少达到自身体质量的 1.2 倍;2)3 年以上力量训练经验,熟悉卧推动作技术;3)2 月内无运动伤病^[13]。受试者在整个实验周期内要避免额外的大强度运动训练,饮食和作息基本保持一致。同时在正式实验过程中禁止使用任何补剂及腰带、护腕、护肘等辅助装备,以达到实验数据的客观准确性。此研究获得武汉体育学院伦理委员会批准(2022026),所有受试者均自愿参与本研究,同时被告知试验过程中的安全注意事项和应急措施,签署知情同意书,受试者信息见表 1。

表 1 受试者基本情况
Tab. 1 Basic information of subjects

年龄/岁	身高/cm	体质量/kg	肩峰宽/cm	握距/cm	1 RM/kg
21.84±2.33	185.41±3.51	76±4.23	42.61±2.41	83.07±6.41	84.21±12.51

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计与运动方案

本实验采用 2(偏侧性:优势侧,非优势侧)×4(负荷差异:对称负荷 0,非对称负荷 2%、4%、6%)的 2 因素被试内实验设计。

实验共进行 4 种不同负荷干预模式的卧推训练,受试者分别在对称负荷(0),非对称负荷 2%、4%和 6%干预下进行平板卧推训练。不同模式之间的先后顺序采取随机原则,由于抗阻训练会造成延迟性肌肉酸痛,不同模式卧推训练的时间间隔设为 72 h。

不同模式的卧推负荷都为 70% RM(精确到 0.5 kg)^[13]。将篮球运动员投掷球的首选手臂定义为优势侧^[12],另一侧为非优势侧,进行优势侧减负载、非优势侧加负载的非对称性负荷干预。受试者在每种干预模式下均进行 7 次卧推^[11],4 种干预模式分别为对称负荷(0),非对称负荷 2%、4%和 6%(如 70 kg 的 2%非对称负荷优势侧杠铃片为 24.75 kg,非优势侧杠铃片为 25.25 kg,依此类推,精度为 0.25 kg,杠铃杆为 20 kg)。

在正式实验 72 h 前进行卧推 1 RM 测试。正式实验当天,要求受试者进行热身,包括 5 min 标准热身,5 min 专项热身,3 min 目标肌群牵拉。实验步骤:1)目标肌肉最大等长自主收缩(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)时的肌电测试,包括优势侧和非优势侧的上肢肌肉肱三头肌(triceps brachii, TB)、三角肌前束(anterior deltoid, AD)、核心肌肉胸大肌(pectoralis major, PM)和腹外斜肌(external oblique, EO)共 8 块肌肉;2)5 min 后进行不同模式的卧推表面肌电测试;3)卧推测试结束后即刻进行主观疲劳度测试(rating of perceived exertion, RPE)。每位受试者单次实验时长约 60 min、其中训练时长约 20 min(包含热身及卧推训练),实验流程如图 1。

1.2.2 实验相关指标测试

卧推 1 RM 测试。所有受试者在实验前 72 h 进行卧推 1 RM 测试。①受试者先以口头报告 1 RM 的 80%负荷开始进行首次卧推,保守完成 3~5 次重复,组间休息 3 min 后进行递增负荷卧推训练。②测试人员在预

估 80% 的 1 RM 负荷的基础上增加 4~10 kg,受试者进行第 2 次推举,保守完成 2~3 次重复,组间休息 3 min.③重复上述 2~3 次递增负荷卧推后,测试人员将负荷继续增加 4~10 kg 后要求受试者进行首次卧推口头报告的 1 RM 试举,若成功举起则继续重复递增负荷卧推测试,若推举失败则减少 2~4 kg,并再次试举卧推,最终确定每位受试者的 1 RM.

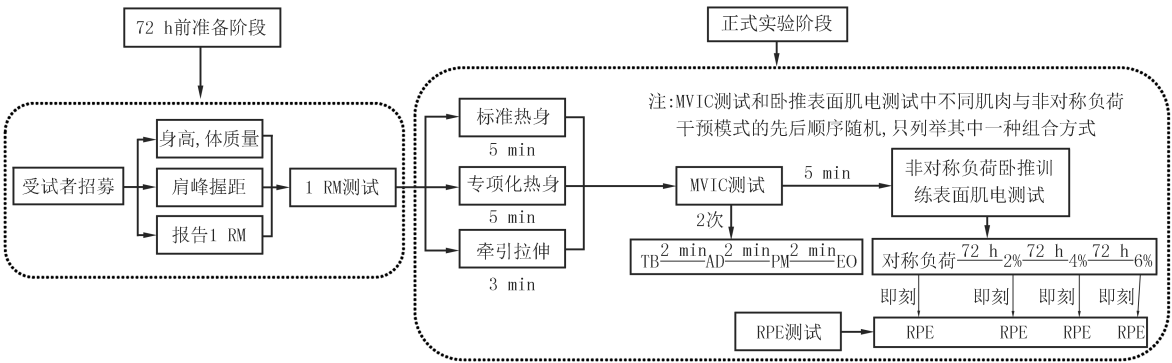


图1 实验流程图
Fig.1 Flow diagram of experiment

卧推时均采用统一的标准动作要求:受试者处于仰卧位,头部、肩膀和臀部必须始终与长凳接触,杠铃运动过程中必须要求受试者以恒定的运动节奏以及运动轨迹进行卧推,测试人员运用节拍器控制受试者整体节奏,离心阶段(A 点→B 点)持续 2 s,向心阶段(B 点→C 点)以最快速度完成,尽量保证动作时效的一致性;杠铃下落需接触胸部,推起时肘部完全伸展,以达到卧推动作的完整规范(见附录图 S1).测试时两侧上肢的抓握位置必须对称,且整个测试过程中杠铃杆需始终保持水平,整个实验过程中均由 2 名经验丰富的体能训练专家进行全程指导监督.

MVIC 测试在实验中前 10 min 内进行,利用 Delsys 无线表面肌电信号采集系统对目标肌群进行 MVIC 肌电信号采集.在放置凝胶涂层自粘电极之前,将覆盖在肌腹的毛发剃光,并用酒精清洗,以降低皮肤抗阻,保持传感器良好附着.肌电电极放置于受试者优势侧和非优势侧肱三头肌、三角肌前束、胸大肌和腹外斜肌共 8 块肌肉上,具体位置参考文献[14](见附录图 S2).每块肌肉进行 2 次测试,每次保持持续发力 3~5 s 的 MVIC 测试,每块目标肌肉的 MVIC 具体测试方法根据 SENIAM 程序^[15]进行,测试方法见附录图 S3.

1)肱三头肌(长头)MVIC:受试者处于俯身位进行龙门架钢线臂屈伸动作,保持大臂小臂呈 120°夹角,大臂夹住身体不动,然后用全力伸小臂,同时测试人员在侧后方施加对抗力,坚持 3~5 s,采集肱三头肌肌电数据.2)三角肌前束 MVIC:受试者仰卧在卧推凳上,双手握距稍宽于肩,调整好杠铃杆位置后测试人员在上方施加向下的对抗力,受试者尽全力进行向上推举,坚持 3~5 s,采集三角肌前束肌电数据.3)胸大肌 MVIC:受试者直立坐在蝴蝶夹胸机上,挺胸收腹,手臂微曲,在极限负荷下以 170°的肘角进行尽全力夹胸并坚持 3~5 s,采集胸大肌肌电数据.4)腹外斜肌 MVIC:受试者站立位于龙门架,手持钢线进行俯身侧屈身,在产生最大力的同时将上半身旋转大约 45°,同时测试人员在侧后方施加向外旋的对抗力,坚持 3~5 s,采集腹外斜肌肌电数据.

卧推训练表面肌电测试采用与 MVIC 测试中相同的表面肌电程序,记录不同程度的非对称负荷及对称负荷卧推时,优势侧及非优势侧 8 块目标肌肉的表面肌电信号.卧推训练过程视频同步采集.利用 EMG works Analysis 4.0 分析软件,将采集到的原始肌电信号进行 8~450 Hz 的带通滤波处理和全波整流,并计算各目标肌肉的表面肌电的均方根(root mean square,RMS),将卧推时所得的肌电 RMS 除以 MVIC 的 RMS 进行肌电标准化处理.

RPE 主观疲劳度测试.在卧推训练后,立即对受试者进行 RPE(主观感知疲劳度评分)(CR-10 量表).RPE 是一种广泛应用于运动科学中的工具,用于评估个体在运动过程中所感受到的疲劳程度.根据 Borg 提出的 RPE 量表,受试者可以根据自身感受在 0~10 的范围内进行评分,其中 0 表示“非常轻松”,而 10 则表示“几乎无法继续运动”,个体的主观感知疲劳度评分能够反映其生理负荷和心理状态,因而可以有效地监测

运动强度^[16].

1.3 数据统计法

本研究采用 SPSS 26.0 对数据进行统计分析.正态性检验采用 Shapiro-Wilk 检验,计量资料符合正态分布,以 $(\bar{x} \pm \sigma)$ 表示.通过 2(偏侧性:优势侧,非优势侧) $\times$ 4(负荷差异:对称负荷 0,非对称负荷 2%、4%、6%)重复测量方差分析对肌肉激活程度进行统计学分析,采用单因素重复测量方差分析对主观疲劳度测试结果进行统计分析,显著性水平都设定为 $\alpha=0.05$.

2 结果

2.1 肌肉激活程度变化

由表 2 可知,对于 EO 激活程度:偏侧性($F=6.754, p=0.002$)和非对称程度($F=5.542, p=0.043$)的主效应显著,非优势侧激活程度显著大于优势侧激活程度($p<0.05$),非对称负荷激活程度显著大于对称负荷激活程度($p<0.05$);交互作用显著($F=3.270, p=0.036$),简单效应分析显示,当非对称性负荷程度增加时,非优势侧激活程度有增加趋势($p<0.05$);而优势侧激活程度呈下降趋势,4%、6%负荷的激活程度均低于 0($p<0.05$).AD 和 PM 激活程度的偏侧性(AD: $F=2.472, p=0.15$;PM: $F=2.234, p=0.169$)和非对称程度(AD: $F=1.863, p=0.16$;PM: $F=1.727, p=0.221$)主效应,及交互作用(AD: $F=1.132, p=0.354$;PM: $F=1.076, p=0.376$)都不显著,但只考虑优势侧时,非对称负荷程度会影响肌肉激活程度,具体表现为 0 负荷时优势侧 AD 激活程度高于 4%和 6%($p<0.05$),且 4%负荷高于 2%($p<0.05$),0 负荷时优势侧 PM 激活程度高于 4%和 6%($p<0.05$),而非优势侧非对负荷程度的肌肉激活程度无显著差异($p>0.05$).TB 激活程度的偏侧性($F=1.38, p=0.227$)和非对称程度($F=1.538, p=0.246$)主效应,及交互作用($F=0.537, p=0.741$)都不显著.

表 2 不同负荷干预下卧推训练中肌肉激活程度的变化

Tab. 2 Changes in muscle activation during bench press training under different load interventions						
肌肉名称	干预方式	激活程度		<i>F, p</i>		
		非优势侧($\bar{x} \pm \sigma$)	优势侧($\bar{x} \pm \sigma$)	偏侧	干预方式	偏侧 $\times$ 干预方式
肱三头肌(TB)	0 对称负荷	0.753 $\pm$ 0.110	0.682 $\pm$ 0.123	1.680,0.227	1.538,0.246	0.537,0.741
	2%不对称	0.802 $\pm$ 0.121	0.661 $\pm$ 0.120			
	4%不对称	0.702 $\pm$ 0.125	0.633 $\pm$ 0.115			
	6%不对称	0.664 $\pm$ 0.117	0.601 $\pm$ 0.098			
三角肌前束(AD)	0 对称负荷	0.789 $\pm$ 0.106	0.943 $\pm$ 0.137	2.472,0.150	1.863,0.160	1.132,0.354
	2%不对称	0.886 $\pm$ 0.102	0.838 $\pm$ 0.127 ^a			
	4%不对称	0.824 $\pm$ 0.10	0.731 $\pm$ 0.099 ^{ab}			
	6%不对称	0.783 $\pm$ 0.097	0.738 $\pm$ 0.109 ^a			
胸大肌(PM)	0 对称负荷	0.95 $\pm$ 0.121	0.936 $\pm$ 0.082	2.234,0.169	1.727,0.221	1.076,0.376
	2%不对称	0.988 $\pm$ 0.146	0.914 $\pm$ 0.115			
	4%不对称	0.956 $\pm$ 0.162	0.886 $\pm$ 0.110 ^a			
	6%不对称	0.949 $\pm$ 0.154	0.799 $\pm$ 0.115 ^a			
腹外斜肌(EO)	0 对称负荷	0.274 $\pm$ 0.039	0.336 $\pm$ 0.049	6.754,0.002	5.542,0.043	3.270,0.036
	2%不对称	0.473 $\pm$ 0.056 ^a	0.229 $\pm$ 0.030 [#]			
	4%不对称	0.577 $\pm$ 0.066 ^{ab}	0.208 $\pm$ 0.031 ^{a#}			
	6%不对称	0.752 $\pm$ 0.047 ^{abc}	0.17 $\pm$ 0.026 ^{a#}			

注: $p<0.05$ 时表示有显著性差异(a表示 0 干预与 2%、4%、6%非对称负荷干预比较;b表示 2%非对称负荷干预与 4%、6%非对称负荷干预比较;c表示 4%非对称负荷干预与 6%非对称负荷比较,#表示同一非对称负荷干预下优势侧与非优势侧比较.

2.2 主观疲劳度测试结果

单因素方差分析结果(表 3)表明,非对称负荷程度显著影响卧推结束后的主观疲劳度($F=50.64, p<0.001$),具体表现为主观疲劳度随非对称负荷程度的增加而增加,6%非对称负荷干预后主观疲劳度显著大于 2%($F=1.58, p<0.05$)和 4%非对称负荷干预($F=1.49, p<0.05$),但 2%和 4%非对称负荷干预彼此间无显著差异($F=0.09, p=0.98$).

表 3 受试者主观疲劳度评分
Tab. 3 Subjective fatigue score during the experiment

干预方式	对称负荷	2%非对称	4%非对称	6%非对称
$\bar{x} \pm \sigma$	4.68±0.42	7.39±0.66 ^a	7.64±0.57 ^a	9.28±0.59 ^{ab}

注: $p<0.05$ 时表示有显著性差异(a表示对称负荷干预与 2%、4%、6%非对称负荷干预比较;b表示 6%非对称负荷干预与 2%、4%非对称负荷干预比较).

3 讨 论

本研究从卧推非对称负荷训练出发,分析这种训练方式对篮球运动员两侧肌肉激活程度及主观疲劳度的影响,探索 4 种卧推训练的效果差异.总体而言,卧推非对称负荷可以提高非优势侧腹外斜肌的激活程度,非对称负荷对核心肌肉激活程度的影响大于上肢肌群.中等程度(4%)的非对称负荷干预效果最佳.

3.1 卧推上肢肌群 MVIC 变化分析

卧推非对称负荷后,双侧 TB 激活程度无显著变化.然而,文献[11—12]的研究表明,非对称负荷干预显著影响 TB 的激活程度.这种差异可能与握距的不同有关,窄握距会增加肘部净关节力矩,从而导致 TB 激活程度增加,而宽握距则伴随着肩关节净关节力矩的增大,造成肩部肌群活动更大^[17].LARSEN 等^[18]采用中等握距(1.4 倍肩峰距离)和窄握距(1 倍肩峰距离)进行卧推训练,发现 TB 肌肉激活程度显著高于使用宽握距(1.7 倍肩峰距离)时的激活程度,且在宽握距下,TB 对负荷变化的刺激不敏感.此外,对同侧 AD 和 PM 肌肉激活程度的变化情况发现,优势侧(卸载侧)AD 和 PM 激活程度随着非对称负荷干预水平的增加而降低.前人研究也显示,5%和 10%的非对称负荷干预分别使卸载侧 AD 激活程度显著下降 15.0%和 32.4%,PM 分别显著下降 20.3%和 80.4%^[12].对于篮球运动员,无论是进行投篮动作,还是传球动作,或者身体对抗等过程中,对 AD 和 PM 需求都较高.因此,在卧推训练中,AD 及 PM 的神经肌肉控制越高,肌电信号对于非对称负荷干预的刺激越敏感.尽管在完成相同负荷的卧推训练后,非优势侧神经肌肉激活程度未有显著变化,但优势侧的肌肉激活程度呈降低趋势,且在 4%的非对称负荷下,AD 肌肉激活显著低于 2%的负荷.这表明,4%的非对称负荷干预能够有效减少上肢两侧的神神经肌肉控制及肌力差异.

3.2 卧推核心肌群 MVIC 变化分析

对核心肌群 EO 激活情况的分析表明,非优势侧(加载侧)EO 激活程度随着非对称负荷干预水平的增加而显著提高,这与前人研究的发现一致^[12].核心肌群激活程度与卧推躯干的状态相关,研究显示卧推时主动屈髋可提高核心肌肉的激活程度^[19].非对称负荷的干预使机体优势侧及非优势侧所受外力出现差异,从而引起躯干状态的变化,表现为躯干向加载侧侧屈和侧旋.研究表明,躯干的稳定性依赖于肌肉的协同收缩,而这种协同收缩又需要腹部筋膜系统的稳定^[20].EO 持续发力是通过提高腹部筋膜的张力来提升腹内压,从而增强屈曲、侧屈和旋转运动的能力,并控制脊柱的伸展、屈曲和旋转,以增加脊柱的稳定性^[21].因此,加载侧 EO 激活程度的增加与机体克服非对称外力所导致的躯干侧屈、侧旋有关,EO 的持续发力能够增强核心区域的稳定性,以此保持或重新获得正确的躯干位置,从而为完成正确的动作提供必要条件.

本研究显示,4%和 6%的卧推非对称负荷使优势侧(卸载侧)EO 激活程度显著低于对称负荷,而非优势侧(加载侧)EO 激活水平显著高于优势侧.这一结果与 SAETERBAKKEN 等^[12]的研究结果不同,后者在进行 5%和 10%卧推非对称负荷后发现,卸载侧 EO 激活程度均无显著差异.不同之处在于,本研究采用的是非优势侧加负荷,优势侧减负荷,并以 70%1 RM 的负荷强度进行训练;而 Saeterbakken 仅对非优势侧减负荷,采用 5 RM 负荷强度进行卧推训练,实验干预手段的差异可能是造成结果不同的原因.篮球运动属于间

歇性运动,其运动特点包括每 2~3 s 改变一次动作,无论是腾空、转向、对抗等动作的执行过程中都需要稳定强大的核心肌群作为支撑.提高核心肌群的神经肌肉控制不仅能加强运动中脊柱和骨盆的稳定,还能提高核心肌群与其他肌群之间的协调配合.研究表明,非对称卧推对非优势侧核心肌群 EO 激活程度的影响最大.

3.3 主观疲劳度测试结果分析

在抗阻训练中,RPE 是一种监测和调节运动强度的有效方法^[22].结果表明,随着非对称负荷干预的增加,RPE 值逐渐增加,其中 6%非对称负荷干预后 RPE 值均显著大于 2%和 4%非对称负荷干预,但 4%和 2%非对称负荷干预后的 RPE 值之间无显著差异.尽管 6%非对称负荷干预下能够产生更高的肌肉激活程度,对神经肌肉适应更好,但不适感明显强于 2%、4%的非对称负荷干预.这可能是非对称负荷干预程度已达到受试者神经肌肉稳定控制能力的临界值,导致动作的稳定性变差^[12].非对称负荷训练既需要有效提升加载侧神经肌肉适应,达到保持和提高加载侧肌肉维度和肌肉力量的目的,又需要降低训练过程中的主观疲劳度以满足训练模式的可适用性.因此,应采用 RPE 值较小但对肌肉激活影响程度较大的非对称负荷干预方式.鉴于 2%和 4%非对称负荷干预 RPE 值无显著差异,4%非对称负荷干预对肌肉激活程度的影响更大.因此,采用 4%非对称负荷干预对于篮球运动员而言更为有利.

4 结论与展望

本文结论如下:1)卧推非对称负荷干预可以提高篮球运动员非优势侧(加载侧)腹外斜肌的激活程度,降低优势侧(卸载侧)三角肌前束、胸大肌以及腹外斜肌的激活程度,有助于双侧肌力的均衡发展,从而提高神经肌肉稳定控制能力.2)从整体训练效果来看,卧推非对称负荷训练对核心肌肉激活程度的影响大于上肢肌群,且中等程度(4%)的非对称负荷干预效果最佳.3)从主观疲劳感来看,非对称负荷卧推训练后的主观疲劳感强于对称负荷卧推训练.

本研究存在以下局限性:1)研究仅涉及男子运动员,不同性别的肌肉力量存在差异.2)样本量仅为 10 名篮球运动员,未考虑不同水平运动员的肌肉差异性.3)未探讨长期训练效应.后续仍需进一步研究,探讨其他项目运动员改善肢体的不对称性问题.

附录见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.09.25.0002).

参 考 文 献

[1] MALONEY S J.The relationship between asymmetry and athletic performance;a critical review[J].Journal of Strength and Conditioning Research,2019,33(9):2579-2593.

[2] BISHOP C,TURNER A,READ P.Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance;a systematic review[J].Journal of Sports Sciences,2018,36(10):1135-1144.

[3] 吕海龙,张春合,向祖兵.网球运动员身体形态的非对称性适应及损伤监控研究进展[J].体育科学,2017,37(9):87-97.

LYU H L,ZHANG C H,XIANG Z B.The asymmetric adpation of tennis players'body morphology and research progress in injury monitoring[J].China Sport Science,2017,37(9):87-97.

[4] GONZALO-SKOK O,SERNA J,RHEA M R,et al.Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players[J].International Journal of Sports Physical Therapy,2015,10(5):628-638.

[5] TOUSI M M,EMAMI T,HOSEINI S M.The effect of initial practice with dominant and non-dominant hand on acquisition,retention and transfer of a complex motor task[J].Biosciences,Biotechnology Research Asia,2017,14(3):1067-1074.

[6] STÖCKEL T,WEIGELT M.Platicity of human handedness;decreased one-hand bias and inter-manual performance asymmetry in expert basketball players[J].Journal of Sports Sciences,2012,30(10):1037-1045.

[7] AKPINAR S.Decreased interlimb differences in female basketball players[J].The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,2016,56(12):1448-1454.

[8] VERHOEVEN F M,NEWELL K M.Coordination and control of posture and ball release in basketball free-throw shooting[J].Human Movement Science,2016,49:216-224.

[9] 魏宏文,向镜.快速伸缩复合练习伴随血流限制的激活后增强效应研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2022,50(1):144-149.

WEI H W,XIANG J.Effect of post-activation potentiation induced by combining plyometrics and blood flow restriction[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2022,50(1):144-149.

[10] GOLAS A,MASZCZYK A,STASTNY P,et al.A new approach to EMG analysis of closed-circuit movements such as the flat bench press [J].Sports,2018,6(2):27.

[11] JAROSZ J,GOLAŚ A,KRZYSZTOFIK M,et al.Changes in muscle pattern activity during the asymmetric flat bench press(offset training)[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(11):3912.

[12] SAETERBAKKEN A H,SOLSTAD T E J,BEHM D G,et al.Muscle activity in asymmetric bench press among resistance-trained individuals[J].European Journal of Applied Physiology,2020,120(11):2517-2524.

[13] STRONSKA K,GOLAS A,WILK M,et al.The effect of targeted resistance training on bench press performance and the alternation of prime mover muscle activation patterns[J].Sports Biomechanics,2022,21(10):1262-1276.

[14] KONRAD P.The ABC of EMG:A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography[M].Scottsdale:Noraxon INC,2015.

[15] HERMENS H J,FRERIKS B,DISSELHORST-KLUG C,et al.Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures[J].Journal of Electromyography and Kinesiology,2000,10(5):361-374.

[16] VAN DEN BRANDT F A P,MENTING S G P,HETTINGA F J,et al.Drafting in long-track speed skating team pursuit on the ice rink [J].Journal of Sports Sciences,2023,41(5):456-462.

[17] MAUSEHUND L,WERKHAUSEN A,BARTSCH J,et al.Understanding bench press biomechanics-the necessity of measuring lateral barbell forces[J].Journal of Strength and Conditioning Research,2022,36(10):2685-2695.

[18] LARSEN S,GOMO O,VAN DEN TILLAAR R.A biomechanical analysis of wide,medium,and narrow grip width effects on kinematics, horizontal kinetics,and muscle activity on the sticking region in recreationally trained males during 1-RM bench pressing[J].Frontiers in Sports and Active Living,2021,2:637066.

[19] MUYOR J M,RODRIGUEZ-RIDAO D,MARTÍN-FUENTES I,et al.Evaluation and comparison of electromyographic activity in bench press with feet on the ground and active hip flexion[J].PLoS One,2019,14(6):e0218209.

[20] BORGHUIS J,HOF A L,LEMMINK K A P M.The importance of sensory-motor control in providing core stability;implications for measurement and training[J].Sports Medicine,2008,38(11):893-916.

[21] HIBBS A E,THOMPSON K G,FRENCH D,et al.Optimizing performance by improving core stability and core strength[J].Sports Medicine,2008,38(12):995-1008.

[22] SUCHOMEL T J,NIMPHIUS S,BELLON C R,et al.Training for muscular strength;methods for monitoring and adjusting training intensity[J].Sports Medicine,2021,51(10):2051-2066.

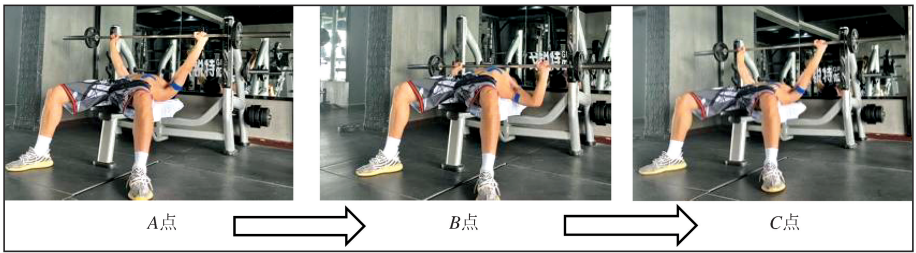
Effects of bench press training with asymmetric load on muscle activation and rating of perceived exertion in basketball players

Li Yuanyuan

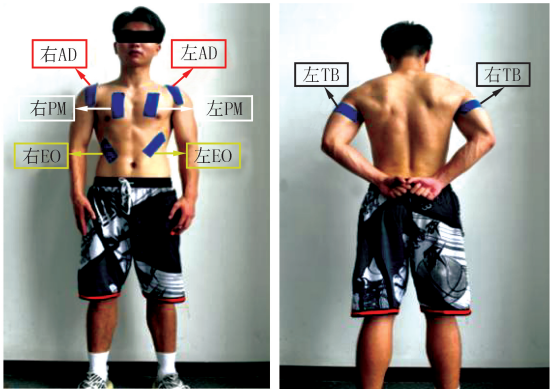
(School of Physical Education, Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China)

Abstract: To analyze the effect of asymmetric load bench press training on the muscle activation degree and subjective fatigue of the upper limbs and the core muscles of basketball players on their dominant and non-dominant sides. Ten male basketball athletes were recruited for repeated crossover experiments in which they underwent bench press training with asymmetric load and no load interventions, respectively. The Delsys wireless surface EMG signal acquisition system was used to record the muscle activity of the dominant and non-dominant triceps(TB), anterior deltoid(AD), pectoralis major(PM), and external oblique(EO)muscles during the bench press. EMG signals from eight muscles and subjective fatigue were assessed using the RPE scale after the bench press. A two-way repeated measures ANOVA was performed on the obtained EMG data, and a one-way repeated measures ANOVA was performed for subjective fatigue. The results show that the asymmetric load intervention has a more significant impact on the activation of the core muscles than the upper limbs' muscles. The moderate(4%)asymmetric intervention load performs the best.

Keywords: bench press; electromyography; asymmetric load; muscle activation; basketball



图S1 卧推离心、向心阶段
Fig.S1 The eccentric and concentric phase of the flat bench press



图S2 表面肌电电极放置的位置示意图
Fig.S2 Schematic diagram of the placement of surface



(a) 胸大肌优势侧以及非优势侧; (b) 三角肌前束优势侧以及非优势侧; (c) 肱三头肌非优势侧; (d) 肱三头肌优势侧MVIC测试; (e) 腹外斜肌非优势侧; (f) 腹外斜肌优势侧.

图S3 卧推过程中身体两侧8块肌肉MVIC测试示意图
Fig.S3 Schematic diagram of MVIC test for eight muscles on both sides of the body during the bench press