

疲劳状态下男子自由跤运动员的肌力衰减特征及训练启示

袁雷^{1,2}, 孙卓², 俞大伟³

[1. 吉林大学体育学院, 吉林 长春 130012; 2. 吉林大学哲学社会学院, 吉林 长春 130012;
3. 台州学院教师教育(体育)学院, 浙江 台州 317000]

【摘要】目的: 对男子自由跤运动员在疲劳状态下的主要关节肌群进行动态肌力衰减诊断, 提高力量训练的科学研究。方法: 对男子自由跤运动员进行VO₂max测试、WinGate无氧功率试验(产生疲劳)以及关节肌力测试。结果: ①无论疲劳与否, 运动员肩、肘及膝关节肌群均表现出右侧优于左侧, 伸肌优于屈肌的特征; ②疲劳状态下的肩、肘及膝关节肌群肌力指标表现出不同程度的衰减显著性, 导致F/E、L/R明显降低, 超出合理范围; ③高VO₂max组运动员的肌群肌力衰减指标、衰减幅度小于低VO₂max组运动员; ④高水平运动员的肌群肌力衰减指标、衰减幅度小于低水平运动员。启示: 运动员在疲劳状态下应实施不同部位针对性训练, 弥补运动员不同肌群在动态变化下的“薄弱力量”形式; 重视身体肌群的对称性发展, 提高运动员在高强度技术进攻时的“力量防守”能力; 强化多因素关系规律下的“动态转换”模式, 形成合理的有氧、无氧训练比例结构。

【关键词】无氧功率; 自由式摔跤; 关节肌群; 肌力衰减; 力量训练

【中图分类号】G886.2 **【文献标志码】**A **【文章编号】**2096-5656(2024)05-0079-17

DOI: 10.15877/j.cnki.nsic.20241031.001

男子自由式摔跤运动是我国的潜优势项目, 但与国外优秀对手对抗时常因“屈服”于“起始阶段脚步移动的被动牵制”“僵持阶段动作变换的主动不足”以及“得分阶段关键动作的难以实施”, 导致该项目运动员在国际大赛中节节失利, 无缘奖牌。除了技术上的原因, 还应从运动员的体能素质上查找致因, 毕竟现代体能训练理论仍落后于实践^[1-2]。自由式摔跤运动员只有具备良好的体能素质才能在比赛中克服对手的被动牵制, 并在持续的力量僵持中通过即时转换技术动作抢占有利身体把位, 实现技战术意图, 从而将被动转为主动, 最终完成关键技术动作^[3]。学界和实践领域普遍关注体能的重要基础作用, 上述现象是否与该项目运动员在与对手“对抗”或“僵持”过程中所表现出的体能动态变化有关值得再次审视。

目前, 我国男子自由跤运动员的体能素质通过几个大训练周期的弥补已逐渐达到了国外优秀运动员的专项体能表征, 尤其是在许多力量素质上已不逊于后者^[4-7]。若运动员的力量素质是体能状态的

一种外显特征, 那么身体机能则是体能状态的内在源泉, 因此, 力量素质这种机械能便是身体机能这种生物能实现转换的外在表现形式。人体运动是一个生物能向机械能转换的动态过程^[8-10]。随着男子自由跤运动项目观赏性的提高以及比赛规则的改变, 不仅需要运动员在比赛中具有极强的力量素质, 还需要他们在赛时3 min和赛间30 s具有极高的机体恢复能力。恢复能力越快的运动员, 其抗疲劳能力越高, 在比赛中更容易使其力量能力坚持到比赛的最后阶段^[11]。

Ohya等^[12]研究指出, 运动员的力量测评指标已不能很好地区分优秀运动员之间的实际差异, 但在疲劳状态下测试的这些力量指标与运动水平的关系还有待明确。基于这一疑惑, Serhat等^[13]通过对运

收稿日期: 2024-08-17

基金项目: 国家体育总局奥运攻关项目(2016HT052)。

第一作者: 袁雷(1968—), 男, 吉林集安人, 博士, 教授, 研究方向: 竞技运动理论、体育社会学。

通信作者: 俞大伟(1977—), 男, 辽宁沈阳人, 博士, 教授, 研究方向: 竞技运动与体育外交。

动员进行强度功率测试实验,测试运动员疲劳状态下的卧推、下蹲、握力、引体向上以及俯卧撑等力量指标,发现这些指标对不同级别摔跤运动员的正确预测率从65.4%提高到了92.3%。

由此,尽管许多研究已表明运动员疲劳状态下能够导致跳跃高度^[14]、最大速度以及动作表现等素质降低^[15],并已针对运动员疲劳状态下的训练学指标进行了分析,但针对男子自由跤运动员从生物力学的角度探讨疲劳状态下的肌力表现却相对较少。基于此,研究探讨运动员在疲劳状态下的肌力差异、衰减特征以及训练启示,选取部分省队男子自由跤运动员作为测试对象,对他们的身体机能与力量素质进行关联性测试,以期进一步评价该项目男子运动员的力量素质是否在机体疲劳状态下表现出一系列动态变化,从而挖掘其不同部位肌群的肌力缺陷,提出针对性的应对策略,为该项目运动员未来的体能训练提供重要理论依据及训练启示。

1 测试对象与方法

1.1 测试对象

选取省男子自由跤运动员为测试对象,涵盖3个运动等级(表1)。

表1 男子自由跤运动员基本情况一览表

Tab.1 Basic information of male freestyle wrestlers

| 运动等级 | N | 年龄/岁 | 训练年限/年 | 体重/kg |
|------|----|--------------|--------------|---------------|
| 健将 | 6 | 26.52 ± 5.43 | 11.21 ± 4.32 | 76.08 ± 11.35 |
| 一级 | 10 | 23.87 ± 5.22 | 8.11 ± 2.15 | 75.35 ± 9.89 |
| 二级 | 16 | 20.44 ± 3.13 | 5.58 ± 1.59 | 69.85 ± 9.75 |

1.2 测试方法

1.2.1 测试方案

研究测试过程(图1),即在适应性练习24 h后开始最大摄氧量VO₂max评定测试,过72 h后进行关节肌力测试,再过72 h进行WinGate无氧功率试验使运动员上肢和下肢机体产生疲劳,做完无氧功率30 s后让运动员在身体疲劳的状态下进行“肩”“膝”“肘”等关节肌力测试,由于肌肉乳酸通常在2~3天消除,因此每个关节测试间隔时间为72 h。第一,适应性练习。运动员在正式测试前一天进行所有测试仪器的适应性练习,以保证正式测试时的流畅性,包括:Jaeger Oxycon Pro心肺功能仪和功率自行车、ISOMED 2000肌力测试系统、

Monark Ergonomic 839 E 功率自行车以及Monark Ergonomic 891 E上肢无氧功率器等测试仪器。第二,有氧能力测试。为后续便于运动员的有氧能力分组(代表能量恢复能力),采用Jaeger Oxycon Pro心肺功能仪和功率自行车对运动员进行测试。第三,肌力测试Pre(WinGate干预导致疲劳前测,下文简称“WG干预Pre”)。研究采用无氧功率试验来使运动员机体产生疲劳,而无氧功率试验假定的是人体无氧供能消耗是局部的而非系统的。遵循与以往研究的可比性原则,结合多数研究所认可的自由跤运动员肩、肘以及膝关节是重要的发力、对抗以及损伤部位^[2,5],选取该项目运动员的肩、肘及膝关节作为主要测试关节,采用ISOMED 2000肌力测试系统进行肌力测试。第四,WinGate无氧功率试验。无氧能力是指人体肌肉在无氧供能代谢状态下的身体工作能力^[16],由于难以模拟运动员在比赛中相似比率的无氧能量供应消耗,同时考虑运动员肌力测试诊断需要力竭状态的一致性、身体动作活动的统一性以及测试方法的可操作性,统一采用WinGate 30 s无氧功率试验使运动员产生疲劳(由于该项目运动员是以体重来进行分级的,因此负重需要具有统一口径,研究设定负荷为:每名运动员自身的8.5%身体负重)。第五,肌力测试Post(WinGate干预导致疲劳后测,下文简称“WG干预Post”)。对运动员在疲劳状态下进行肌力诊断,因为该项目运动员通常存在赛间30 s间歇性的特点,研究对运动员在测试完WinGate无氧功率试验后,立即到提前准备就绪的ISOMED 2000肌力测试系统上进行相应关节测试(开始时控制在30 s间隔)。如在结束上肢WinGate无氧功率导致疲劳干预时,30 s后在肌力测试系统开始肩关节肌力测试,间隔72 h之后,再进行下肢WinGate无氧功率导致疲劳干预,30 s后在肌力测试系统开始膝关节肌力测试。

1.2.2 测试内容

第一,有氧能力测试。VO₂max作为评价运动员有氧代谢的重要指标,能够较为准确地反映人体极限运动时心肺系统的储备供能以及恢复能力。为便于不同重量级别运动员相关指标的整合及VO₂max分组后的比较,研究采用相对VO₂max指标。相对VO₂max指标的获得通过Jaeger Oxycon Pro心肺功能仪和功率自行车结合测试所得^[17]。VO₂max测试

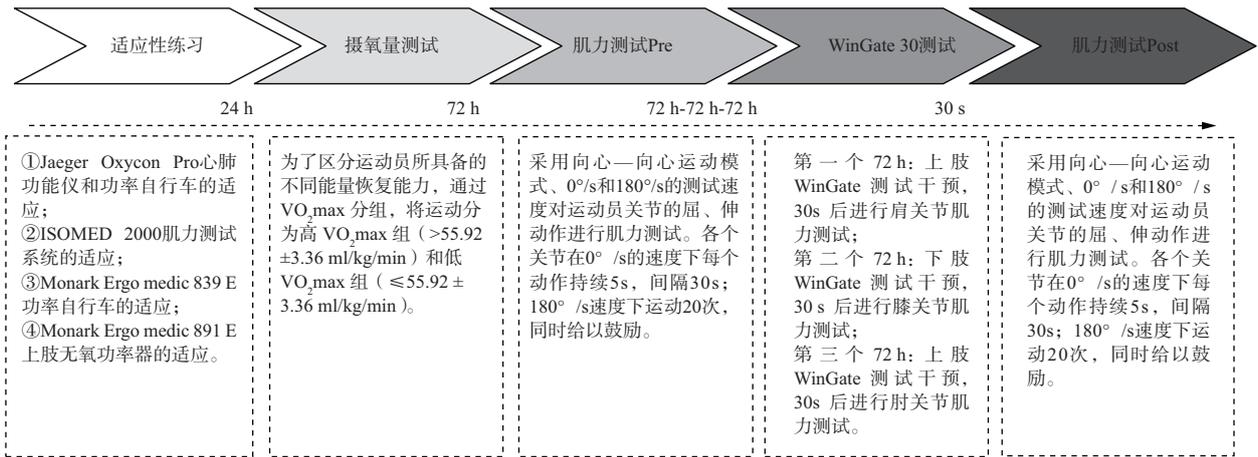


图1 研究测试流程示意图

Fig.1 Flow chart of testing process

前,将心率遥测仪器(HR)和面罩戴好,运动员在功率自行车上进行5 min的蹬踏准备活动(100 W),休息5 min进行正式测试。起始设定负荷为100 W,每3 min增加50 W,直到力竭。达到力竭标准如下(温度:20℃左右;湿度:50%左右):VO₂max不再随负荷增加而增加(幅度±5%);心率≥180 b/min;呼吸商>1;经测试人员激励,仍然无法进行预定负荷^[18]。

第二,关节肌力测试。选择针对力量评定最理想的等速肌力测试方法对运动员肩、肘以及膝关节肌群进行测试。运动员每个关节涉及两次肌力测试,第一次测试为判定运动员在WinGate无氧功率导致疲劳前的肌力状态(WG干预Pre),第二次测试为在WinGate无氧功率导致疲劳后的肌力状态(WG

干预Post)。测试方法均如下:采用ISOMED 2000肌力测试系统,测试关节包括:肩关节、膝关节以及肘关节^①,按照仪器测试标准,采用“向心—向心”运动模式、0°/s和180°/s的测试速度对运动员关节的屈、伸动作进行肌力测试。各关节在0°/s的速度下每个动作持续5 s,间隔30 s;180°/s速度下运动20次,同时给予鼓励。测试完成时,将数据存盘,解绑并打印报告。选取并计算相对平均峰力矩(0°/s时的相对平均峰力矩代表最大力量;180°/s时的相对平均峰力矩代表快速力量,由前4次最大力矩与体重相比获得)、功疲劳指数(采用前5次与后5次力矩均值之差,除以前5次力矩均值,乘以100所得,代表力量耐力)、同侧屈伸力矩比、异侧同名肌力比(代表稳定性力量)等相关指标^[18-21]。

表2 关节肌力测试及参数一览表

Tab.2 List of joint muscle strength testing and parameters

| 测试部位 | 测试肌群 | 运动模式 | 活动范围 | 测试速度 | 选取指标 |
|------|------|-------|------|----------------------------|--|
| 肩关节 | 屈、伸 | 向心—向心 | ±35° | 测试次序为先进行0°/s测试,再进行180°/s测试 | PT/BW ^{0°/s} 、APT/BW ^{0°/s} PT/BW ^{180°/s} 、AP ^{180°/s} |
| 膝关节 | | | | | WF ^{180°/s} 、F/E ^{0°/s} 、F/E ^{180°/s} |
| 肘关节 | | | | | L/R ^{0°/s} 、L/R ^{180°/s} |

注:PT/BW^{0°/s}代表0°/s测试下的相对峰力矩,APT/BW^{0°/s}代表0°/s测试下的相对平均峰力矩,为最大力量肌力指标;PT/BW^{180°/s}代表180°/s测试下的相对峰力矩,AP^{180°/s}代表180°/s测试下的相对平均功率,为快速力量肌力指标;WF^{180°/s}代表功疲劳指数,为力量耐力肌力指标;F/E、L/R代表屈伸力矩比,异侧同名肌群比,为稳定性力量肌力指标,下同

第三,WinGate无氧功率试验。使用模拟摔跤比赛来制造疲劳,会因为运动员攻击、防御、技战术的不同,而导致运动员不同程度的疲劳。WinGate无氧功率试验中的负荷按照人体8.5%身体负重进行设计,同时,由于功率车具有动作模式一致性的特点,通常被相关研究作为干预手段进行方案设计^[22]。WinGate无氧功率试验需要运动员全力以赴

蹬踏和摇动功率车,通过无氧供能产生疲劳,这与摔跤项目运动员比赛时通过无氧供能产生疲劳状态相似,因此,研究采用WinGate无氧功率试验干预来使运动员处于疲劳状态下进行男子自由跤运动员上、下肢的肌力测试(表3)。第一步:对运动员上肢进行WinGate无氧功率试验干预,30 s后实施肩关节肌力测试流程;第二步:72 h之后再对运动员

的下肢进行WinGate无氧功率试验干预,30 s后实施膝关节肌力测试流程;第三步:再过72 h,对运动员上肢再次进行WinGate无氧功试验干预,30 s后实施肘关节肌力测试流程。WinGate无氧功率测试前,计算好每名运动员8.5%身体负重,运动员经过

2~4 min的准备活动,休息3~5 min,正式开始时,运动员全力以赴地完成30 s上肢或下肢运动的规定负荷,从而代表对运动员主要关节肌力测试前,进行了统一的能量消耗干预^[23],有助于发现男子自由跤运动员主要关节肌群的薄弱力量。

表3 不同级别运动员无氧功率试验部分指标结果
Tab.3 Partial index results of anaerobic power test for athletes of different levels

| 等级 | 统一负荷 | 统一动作形式 | 统一时间 | 相对最大功率 | 相对平均功率 | 功率下降率 |
|----|--------|--------------------------|------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 健将 | 8.5%WT | 上肢:全力摇动功率器 下肢:全力蹬踏功率器 | 30 s | 7.89 ± 1.24 12.05 ± 1.35 | 6.34 ± 0.86 7.52 ± 0.42 | 68.15 ± 2.10 69.82 ± 2.55 |
| 一级 | 8.5%WT | 上肢:全力摇动功率器 下肢:全力蹬踏功率器 | 30 s | 7.43 ± 1.10 11.54 ± 1.41 | 5.62 ± 0.71 7.23 ± 0.32 | 70.55 ± 2.64 74.12 ± 2.77 |
| 二级 | 8.5%WT | 上肢:全力摇动功率器 下肢:全力蹬踏功率器 | 30 s | 7.01 ± 1.05 10.59 ± 1.50 | 5.14 ± 0.57 6.36 ± 0.30 | 73.10 ± 2.80 75.89 ± 2.98 |

1.3 数据统计分析

研究主要采用SPSS 26.0进行均值检验,并以平均值 ± 标准差表示(M ± SD)。在WG干预Pre、WG干预Post的各自对比中分别对肩关节、肘关节以及膝关节肌群的不同肌力差异状况采用独立样本t检验进行统计学分析(显著性水平取 $p < 0.05$); WG干预Pre与WG干预Post之间(干预前后的对比)的肩关节、肘关节以及膝关节肌群的不同肌力差异状况采用配对样本t检验进行统计学分析(显著性水平取 $p < 0.05$)。同时,为兼具示图的佐证性,在相应部分提取了不同运动水平运动员的wingate30 s无氧功率、关节肌力等原始报告,并通过报告进行数据分析与逻辑论证,结合以往学者的研究结果来佐证研究的部分观点。

2 研究结果

2.1 运动员主要关节肌力衰减结果比较

2.1.1 运动员肩关节肌力测试结果

无论是WG干预前还是WG干预导致疲劳后,右侧肩关节肌力通常优于左侧,但并未表现出显著性差异($p > 0.05$),而在屈伸肌群力矩的比较中,PT/BW、APT/BW以及AP/BW等肌力指标均表现出伸肌优于屈肌的特征($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$),尽管WF^{180°/s}伸肌小于屈肌,但该指标为低劣指标(数值越小,力量耐力越好),因此也代表肩关节伸肌的WF^{180°/s}更优(表4)。

虽然在WG干预前运动员肩关节肌群的F/E和L/R数值(F/E: 67.03 ± 9.69 ~ 73.74 ± 11.11;

L/R: 93.94 ± 10.73 ~ 103.35 ± 11.07)基本在合理范围之内(F/E=2: 3≈66.67%,不超过10%; L/R=90%~110%^[24-25]),但在WG干预导致疲劳后发现,运动员肩关节屈肌肌群的L/R^{0°/s}指标跨出了合理范围(88.01 ± 11.22),超出了90%~110%的标准,表明在WG干预后,运动员的左侧肩关节屈肌肌群肌力衰减幅度较高,并在PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s}指标上表现出显著性差异($p < 0.05$)。

进一步的显著性指标变化柱状图显示(图2),左肩屈肌的APT/BW^{0°/s}衰减幅度最大,降低12.82%,其次是左肩屈肌的PT/BW^{0°/s},降低11.76%,而左肩F/E^{0°/s}与肩部屈肌的L/R^{0°/s}则分别下降8.80%与8.49%。由此可见,运动员在WG干预后,肩部肌群再次做功时的最大力量以及两侧肩部的稳定性力量弱化明显,尤其是对运动员再次发挥最大力量的能力有待于进一步提高。

2.1.2 运动员膝关节肌力测试结果

与肩关节相似,无论是WG干预前还是WG干预导致疲劳状态后,男子自由跤运动员膝关节肌群也均表现出各肌力指标伸肌优于屈肌的特征($p < 0.01$ 或 $p < 0.001$),且同名肌群右侧优于左侧,但仅在AP^{180°/s}指标上具有显著性差异($p < 0.05$)(表5)。值得注意的是,膝关节在0°/s下的F/E比值仅保持在40%左右,与合理范围相差较大(50%~80%)^[26]。同时,尽管膝关节肌群在WG干预前0°/s和180°/s速度下的L/R指标均在合理范围之内(93.28 ± 12.86 ~ 97.94 ± 16.08),但在WG干预后发现,运动员膝关节的异侧屈肌、异侧伸

表4 男子自由跤运动员肩关节肌群肌力比较一览表
Tab.4 Comparison of shoulder muscle strength of male freestyle wrestlers

| 力量素质 | 力矩指标 | 左侧 | | 右侧 | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|
| | | 屈 | 伸 | 屈 | 伸 | |
| 最大力量 | PT/BW ^{0°/s} | 1.26 ± 0.36 ^{***#} | 1.86 ± 0.29 | 1.31 ± 0.35 [*] | 1.80 ± 0.39 | |
| | APT/BW ^{0°/s} | 1.17 ± 0.09 ^{***#} | 1.79 ± 0.16 | 1.21 ± 0.14 [*] | 1.71 ± 0.11 | |
| 快速力量 | PT/BW ^{180°/s} | 1.24 ± 0.32 ^{**} | 1.85 ± 0.11 | 1.32 ± 0.12 [*] | 1.79 ± 0.06 | |
| | AP ^{180°/s} | 1.27 ± 0.19 ^{**} | 1.77 ± 0.15 | 1.29 ± 0.21 ^{**} | 1.86 ± 0.25 | |
| WG干预 Pre | 力量耐力 | WF ^{180°/s} | 11.57 ± 2.38 ^{**} | 9.39 ± 1.88 | 11.29 ± 1.93 [*] | 9.18 ± 1.67 |
| | 稳定性力量 | F/E ^{0°/s} | 67.75 ± 10.77 [#] | | 72.78 ± 13.19 | |
| F/E ^{180°/s} | | 67.03 ± 9.69 | | 73.74 ± 11.11 | | |
| L/R ^{0°/s} | | — | 103.33 ± 12.16 | 96.18 ± 11.22 [#] | — | |
| L/R ^{180°/s} | | — | 103.35 ± 11.07 | 93.94 ± 10.73 | — | |
| 最大力量 | PT/BW ^{0°/s} | 1.10 ± 0.22 ^{**} | 1.78 ± 0.20 | 1.25 ± 0.29 [*] | 1.77 ± 0.32 | |
| | APT/BW ^{0°/s} | 1.02 ± 0.05 ^{**} | 1.61 ± 0.10 | 1.05 ± 0.09 [*] | 1.65 ± 0.08 | |
| 快速力量 | PT/BW ^{180°/s} | 1.18 ± 0.27 ^{**} | 1.75 ± 0.07 | 1.24 ± 0.10 [*] | 1.72 ± 0.04 | |
| | AP ^{180°/s} | 1.20 ± 0.15 ^{**} | 1.69 ± 0.11 | 1.21 ± 0.17 ^{**} | 1.82 ± 0.22 | |
| WG干预 Post | 力量耐力 | WF ^{180°/s} | 11.71 ± 2.17 ^{**} | 9.52 ± 1.56 | 11.46 ± 1.84 [*] | 9.33 ± 1.59 |
| | 稳定性力量 | F/E ^{0°/s} | 61.79 ± 10.77 | | 70.62 ± 13.19 | |
| F/E ^{180°/s} | | 67.43 ± 9.69 | | 72.09 ± 11.03 | | |
| L/R ^{0°/s} | | — | 100.56 ± 12.16 | 88.01 ± 11.22 | — | |
| L/R ^{180°/s} | | — | 101.74 ± 11.07 | 95.16 ± 10.73 | — | |

注: 同侧屈伸肌群比较存在显著性差异“*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ ”;异侧同名肌群比较存在显著性差异“△: $p < 0.05$, △△: $p < 0.01$, △△△: $p < 0.001$ ”;能量消耗前后比较存在显著性差异“#: $p < 0.05$, ##: $p < 0.01$, ###: $p < 0.001$ ”,下同

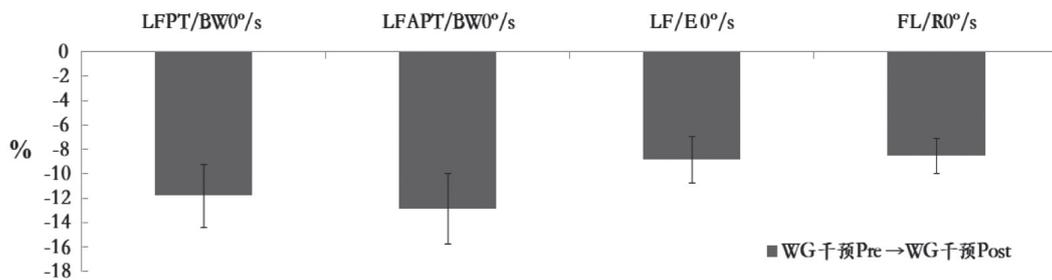


图2 运动员在WG干预前、后肩部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.2 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in shoulder muscle groups before and after wg intervention

注: LFPT/BW^{0°/s}: 左肩屈肌相对峰力矩; LFAPT/BW^{0°/s}: 左肩屈肌相对平均峰力矩; LF/E^{0°/s}: 左肩屈伸力矩比; FL/R^{0°/s}: 异侧肩部屈肌肌力比

肌比值(L/R^{180°/s})均超出了合理范围(伸肌L/R^{180°/s}: 88.55 ± 7.32; 屈肌L/R^{180°/s}: 89.63 ± 11.89),表明运动员非优势侧的快速肌力衰减幅度明显,并在PT/BW^{180°/s}、APT/BW^{180°/s}指标上表现出显著性差异($p < 0.05$)。

进一步的指标衰减幅度显示(图3),左膝屈肌的PT/BW^{180°/s}衰减幅度最大,达到15.38%,其次是左膝屈肌的AP/BW^{180°/s},衰减11.21%,表明男子自由跤运动员左膝屈肌肌群快速力量水平受无氧能力的限制较为明显。从L/R^{180°/s}可见,正是由于运动

表5 男子自由跤运动员膝关节肌群肌力比较一览表
Tab.5 Comparison of knee muscle strength of male freestyle wrestlers

| WG 干预 | 力量素质 | 力矩指标 | 左侧 | | 右侧 | |
|----------------------|-------|-------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | | 屈 | 伸 | 屈 | 伸 |
| | 最大力量 | PT/BW ^{0°/s} | 1.71 ± 0.35*** | 4.08 ± 0.58 | 1.78 ± 0.36*** | 4.25 ± 0.62 |
| | | APT/BW ^{0°/s} | 1.51 ± 0.31*** | 3.50 ± 0.49 | 1.59 ± 0.25*** | 3.64 ± 0.57 |
| | 快速力量 | PT/BW ^{180°/s} | 1.43 ± 0.22***# | 2.22 ± 0.23# | 1.46 ± 0.13*** | 2.38 ± 0.20 |
| | | AP ^{180°/s} | 2.14 ± 0.33***# | 3.82 ± 0.51 △ # | 2.30 ± 0.25***# | 4.15 ± 0.35 |
| WG 干预 Pre | 力量耐力 | WF ^{180°/s} | 12.08 ± 2.54** | 10.12 ± 2.03 | 11.94 ± 2.47** | 10.08 ± 1.91 |
| | | F/E ^{0°/s} | 41.91 ± 7.56 | | 41.88 ± 6.58 | |
| | 稳定性力量 | F/E ^{180°/s} | 64.41 ± 6.81 | | 61.34 ± 5.08 | |
| | | L/R ^{0°/s} | — | 96.00 ± 14.92 | 96.07 ± 15.57 | — |
| | | L/R ^{180°/s} | — | 93.28 ± 12.86# | 97.94 ± 16.08# | — |
| | | 最大力量 | PT/BW ^{0°/s} | 1.59 ± 0.29*** | 3.90 ± 0.66 | 1.63 ± 0.29*** |
| | 快速力量 | APT/BW ^{0°/s} | 1.44 ± 0.27*** | 3.36 ± 0.57 | 1.42 ± 0.20*** | 3.50 ± 0.51 |
| | | PT/BW ^{180°/s} | 1.21 ± 0.09*** | 2.01 ± 0.21 | 1.35 ± 0.08*** | 2.27 ± 0.21 |
| AP ^{180°/s} | | 1.90 ± 0.27** | 3.58 ± 0.44 △ | 2.11 ± 0.18** | 3.96 ± 0.33 | |
| | | | | | | |
| WG 干预 Post | 力量耐力 | WF ^{180°/s} | 12.19 ± 2.68** | 10.29 ± 2.36 | 12.13 ± 2.73** | 10.19 ± 2.04 |
| | 稳定性力量 | F/E ^{0°/s} | 40.76 ± 7.06 | | 40.25 ± 6.22 | |
| | | F/E ^{180°/s} | 60.20 ± 7.81 | | 59.47 ± 4.64 | |
| | | L/R ^{0°/s} | — | 96.30 ± 12.95 | 97.56 ± 17.37 | — |
| | | L/R ^{180°/s} | — | 88.55 ± 7.32 | 89.63 ± 11.89 | — |

员在能量消耗后左膝屈肌的肌群力量快速衰减,导致该指标数值跨出合理范围,呈现不稳定特征。当然,从图3中还可以发现,除运动员左侧伸肌存在一定的问题之外(PT/BW^{180°/s} 衰减幅度: 9.46%、AP/BW^{180°/s} 衰减幅度: 6.28%),右膝屈肌部分指标也表现出了较为明显的肌力水平下降,如AP/BW^{180°/s} 衰

减8.26%。由此可见,运动员膝关节肌群要想在比赛中持续表现快速移动能力,不仅需要关注左右膝关节肌群的屈肌力量,还需要重视左膝关节伸肌肌群的肌力。

2.1.3 运动员肘关节肌力测试结果

肘关节同肩、膝关节的肌力特征类似,均表现出

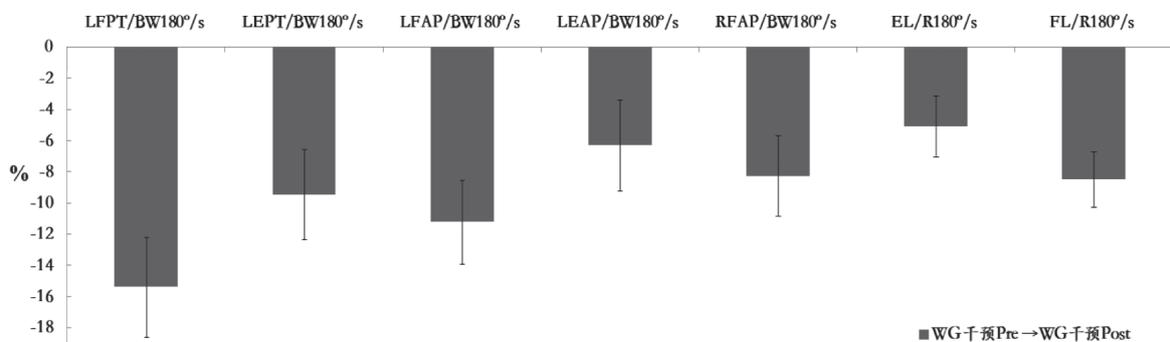


图3 运动员在WG干预前、后膝部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.3 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in knee muscle groups before and after WG intervention

注: LFPT/BW^{180°/s}: 左膝屈肌相对峰力矩; LEPT/BW^{180°/s}: 左膝伸肌相对峰力矩; LFAP/BW^{180°/s}: 左膝屈肌相对平均功率; LEAP/BW^{180°/s}: 左膝伸肌相对平均功率; RFAP/BW^{180°/s}: 右膝屈肌相对平均功率; EL/R^{180°/s}: 异侧膝部伸肌肌力比; FL/R^{180°/s}: 异侧膝部屈肌肌力比

伸肌优于屈肌($PT/BW^{180^\circ/s}$ 、 $AP^{180^\circ/s}$ 以及 $WF^{180^\circ/s}$ 等指标均存在显著性差异, $p < 0.05$ 或 $p < 0.01$), 右侧优于左侧(仅在WG干预导致疲劳后的 $WF^{180^\circ/s}$ 指标上具有显著性, $p < 0.05$)的肌力特征(表6)。同时, 无论是WG干预前还是WG干预后, 运动员肘关节的异侧同名肌群力矩比 $F/E^{180^\circ/s}$ 指标一直跨出合理范围(超出了15%的标准), 对称性力量不足。WG干预后, 自由跤运动员肘关节肌群的部分肌力指标出现了明显变化, 尤其是左侧肘关节屈肌肌群的 $PT/BW^{0^\circ/s}$ 、 $APT/BW^{0^\circ/s}$ 以及 $WF^{180^\circ/s}$ ($p < 0.05$), 其中左侧肘部屈、伸肌群的 $WF^{180^\circ/s}$ 出现了双弱化的现象, 力量耐力能力丢失严重。

就肘关节肌群的肌力指标变化幅度而言, 左肘屈肌的 $PT/BW^{0^\circ/s}$ 、 $APT/BW^{0^\circ/s}$ 、 $WF^{180^\circ/s}$ 以及左肘伸肌的 $WF^{180^\circ/s}$ 等指标存在显著性变化($p < 0.05$), 其中, $APT/BW^{0^\circ/s}$ 衰减幅度最大, 衰减14.12%, 其次是 $PT/BW^{0^\circ/s}$ 指标, 衰减13.83%, 这两个指标均代表最大力量指标, 说明男子自由跤运

动员在与对手对抗时, 左肘关节肌群容易出现高强度对抗后的最大力量不足。而左肘屈肌 $WF^{180^\circ/s}$ (低优指标, 提升10.19%)、左肘伸肌 $WF^{180^\circ/s}$ (提升12.79%)等指标的显著变化, 说明了该项目运动员在能量消耗之后, 由于疲劳状态的出现, 导致力量耐力素质明显下滑, 难以满足持续的发力能力。

2.2 不同摄氧量运动员的关节肌力衰减比较

2.2.1 运动员肩关节肌力对比结果

基于 VO_{2max} 将运动员划分为两个组别(平均值为: 55.92 ± 3.36 ml/kg/min): 高 VO_{2max} 组($> 55.92 \pm 3.36$ ml/kg/min)与低 VO_{2max} 组($\leq 55.92 \pm 3.36$ ml/kg/min), 表7展示了存在显著性差异的肌力指标对比及变化结果。结果显示, 高 VO_{2max} 组的运动员无论是在显著性变化指标数量上, 还是相同指标的降低幅度上, 均优于低 VO_{2max} 组的运动员。具体表现为: 高 VO_{2max} 组仅在左屈 $PT/BW^{0^\circ/s}$ 、左屈 $APT/BW^{0^\circ/s}$ 以及左肩 $F/E^{0^\circ/s}$ 指标上存在显著性差异($p < 0.05$), 而低 VO_{2max} 组则在以上指标的基础上,

表6 男子自由跤运动员肘关节肌群肌力比较一览表

Tab.6 Comparison of elbow muscle strength of male freestyle wrestlers

| WG 干预 | 力量素质 | 力矩指标 | 左侧 | | 右侧 | |
|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | | 屈 | 伸 | 屈 | 伸 |
| WG 干预 Pre | 最大力量 | $PT/BW^{0^\circ/s}$ | $0.94 \pm 0.12\#$ | 0.99 ± 0.20 | 0.95 ± 0.12 | 1.03 ± 0.17 |
| | | $APT/BW^{0^\circ/s}$ | $0.85 \pm 0.10\#$ | 0.89 ± 0.19 | 0.87 ± 0.13 | 0.92 ± 0.19 |
| | 快速力量 | $PT/BW^{180^\circ/s}$ | $0.70 \pm 0.09^*$ | 0.78 ± 0.08 | $0.77 \pm 0.17^*$ | 0.85 ± 0.16 |
| | | $AP^{180^\circ/s}$ | $1.05 \pm 0.21^{**}$ | 1.38 ± 0.25 | $1.15 \pm 0.16^*$ | 1.46 ± 0.29 |
| | 力量耐力 | $WF^{180^\circ/s}$ | $11.58 \pm 2.18^*\#$ | $10.01 \pm 1.90\#$ | $11.39 \pm 2.08^*$ | 9.97 ± 1.87 |
| | | $F/E^{0^\circ/s}$ | | 94.95 ± 16.89 | | 92.23 ± 15.61 |
| | | $F/E^{180^\circ/s}$ | | 89.74 ± 9.54 | | 90.59 ± 14.25 |
| | | 稳定性力量 | $L/R^{0^\circ/s}$ | — | 96.12 ± 15.57 | 98.95 ± 16.34 |
| | $L/R^{180^\circ/s}$ | | — | 91.76 ± 12.46 | 90.91 ± 15.89 | — |
| | WG 干预 Post | 最大力量 | $PT/BW^{0^\circ/s}$ | 0.81 ± 0.09 | 0.89 ± 0.16 | 0.88 ± 0.11 |
| $APT/BW^{0^\circ/s}$ | | | $0.73 \pm 0.07^*$ | 0.85 ± 0.18 | 0.80 ± 0.09 | 0.87 ± 0.13 |
| 快速力量 | | $PT/BW^{180^\circ/s}$ | $0.63 \pm 0.06^*$ | 0.75 ± 0.05 | $0.71 \pm 0.15^*$ | 0.80 ± 0.11 |
| | | $AP^{180^\circ/s}$ | $0.98 \pm 0.16^{**}$ | 1.32 ± 0.12 | $1.08 \pm 0.12^*$ | 1.38 ± 0.21 |
| 力量耐力 | | $WF^{180^\circ/s}$ | $12.76 \pm 3.07^* \Delta$ | 11.29 ± 1.74 | $11.75 \pm 2.78^*$ | 10.45 ± 1.69 |
| | | $F/E^{0^\circ/s}$ | | 91.01 ± 7.46 | | 91.67 ± 16.27 |
| | | $F/E^{180^\circ/s}$ | | 84.00 ± 8.92 | | 91.95 ± 13.75 |
| | | 稳定性力量 | $L/R^{0^\circ/s}$ | — | 92.71 ± 19.41 | 92.05 ± 10.86 |
| $L/R^{180^\circ/s}$ | | | — | 93.75 ± 16.71 | 88.73 ± 18.57 | — |

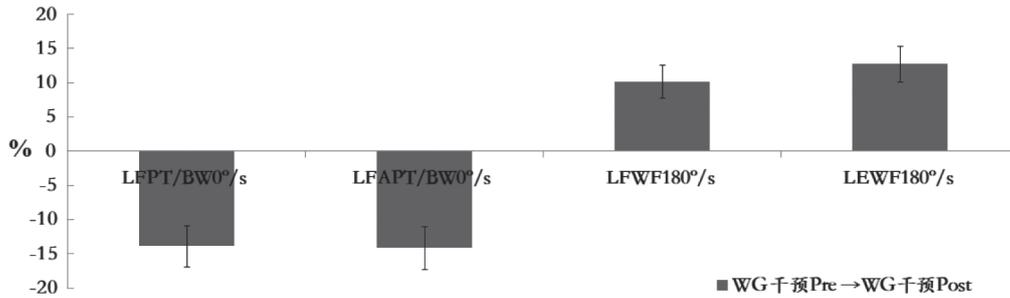


图4 运动员在WG干预前、后肘部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.4 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in elbow muscle groups before and after WG intervention
注: LFPT/BW^{0°/s}: 左肘屈肌相对峰力矩; LFAPT/BW^{0°/s}: 左肘屈肌相对平均峰力矩; LFWF^{180°/s}: 左肘屈肌肌疲劳指数; LEWF^{180°/s}: 左肘伸肌肌疲劳指数

还在右屈 APT/BW^{0°/s}、屈肌 L/R^{0°/s} 等指标呈现了显著性差异 ($p < 0.05$), 且高 VO₂max 组的肌力水平下降幅度在 4.35% ~ 7.20% 之间, 而低 VO₂max 组的肌力水平下降幅度则在 7.63% ~ 17.65% 之间, 具有更高的肌力下降幅度。

同时, 研究还发现了一个不太明显的事实, 即高 VO₂max 组的运动员无论是在 WG 干预前, 还是 WG 干预后, F/E^{0°/s}、L/R^{0°/s} 等肌力指标均未超出合理范围 (F/E = 2: 3 ~ 66.67%, 不超过 10%; L/R = 90% ~ 110%^[24-25]), 而低 VO₂max 组的运动员

则在 WG 干预后均跨出了合理范围 (左肩 F/E^{0°/s}: 56.05 ± 9.56; 屈肌 L/R^{0°/s}: 85.15 ± 10.13)。由此可见, 有氧能力更强的运动员具备更优的持续做功能力与恢复能力。

2.2.2 运动员膝关节肌力对比结果

高、低 VO₂max 组运动员膝关节肌群的肌力指标变化 (表 8) 显示, 具有更高 VO₂max 水平运动员的膝关节肌群肌力变化指标明显少于具有低 VO₂max 水平的运动员, 即便左屈 PT/BW^{180°/s} 与屈肌 L/R^{180°/s} 指标发生了明显变化, 但其衰减幅度也明显小于

表 7 基于 VO₂max 分组的运动员肩部显著性肌力指标衰减一览表

Tab.7 List of significant changes of shoulder muscle strength indexes of athletes based on VO₂max group

| VO ₂ max 组别 | 显著性变化指标 | M ± SD (WG 干预 Pre or Post) | 衰减 |
|---|---------------------------|----------------------------|----------|
| 高 VO ₂ max 组 (> 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左屈 PT/BW ^{0°/s} | 1.25 ± 0.29 (Pre)# | ↓ 7.20% |
| | | 1.16 ± 0.18 (Post) | |
| | 左屈 APT/BW ^{0°/s} | 1.15 ± 0.16 (Pre)# | ↓ 4.35% |
| | | 1.10 ± 0.05 (Post) | |
| | 左肩 F/E ^{0°/s} | 69.57 ± 11.14 (Pre)# | ↓ 6.22% |
| | | 65.24 ± 10.72 (Post) | |
| 低 VO ₂ max 组 (≤ 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左屈 PT/BW ^{0°/s} | 1.27 ± 0.25 (Pre)# | ↓ 14.96% |
| | | 1.08 ± 0.14 (Post) | |
| | 左屈 APT/BW ^{0°/s} | 1.19 ± 0.06 (Pre)# | ↓ 17.65% |
| | | 0.98 ± 0.05 (Post) | |
| | 右屈 APT/BW ^{0°/s} | 1.15 ± 0.10 (Pre)# | ↓ 16.52% |
| | | 0.96 ± 0.09 (Post) | |
| 左肩 F/E ^{0°/s} | 63.35 ± 10.08 (Pre)# | ↓ 11.52% | |
| | 56.05 ± 9.56 (Post) | | |
| 屈肌 L/R ^{0°/s} | 92.18 ± 10.69 (Pre)# | ↓ 7.63% | |
| | | 85.15 ± 10.13 (Post) | |

注: WG-Pre 与 WG-Post 比较存在显著性差异用 #: $p < 0.05$, ##: $p < 0.01$, ###: $p < 0.001$, 下同

后者(高 VO₂max 组: 7.99% ~ 12.80%; 低 VO₂max 组: 8.00% ~ 16.13%)。同时, 尽管在 WG 干预后高 VO₂max 组运动员屈肌的 L/R^{180°/s} 存在一定差异, 但并未超出合理范围(L/R=90% ~ 110%), 而低 VO₂max 组的运动员却在 WG 干预后发现膝关节

肌群的屈肌 L/R^{180°/s} (83.42 ± 10.76)、伸肌 L/R^{180°/s} (82.16 ± 8.07) 等指标均超出了合理范围, 表明在运动员的持续对抗过程中膝关节容易出现左右肌力不对称的现象。

表 8 基于 VO₂max 分组的运动员膝部显著性肌力指标衰减一览表
Tab.8 List of significant changes of knee muscle strength indexes of athletes based on VO₂max group

| VO ₂ max 组别 | 显著性变化指标 | M ± SD (WG 干预 Pre or Post) | 衰减 |
|--|----------------------------|----------------------------|----------|
| 高 VO ₂ max 组 (> 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左屈 PT/BW ^{180°/s} | 1.46 ± 0.26(Pre)# | ↓ 10.61% |
| | | 1.32 ± 0.21(Post) | |
| | 屈肌 L/R ^{180°/s} | 98.46 ± 17.08(Pre)# | ↓ 7.99% |
| | | 90.59 ± 12.41(Post) | |
| | 左屈 PT/BW ^{180°/s} | 1.25 ± 0.12(Pre)# | ↓ 12.80% |
| | | 1.09 ± 0.08(Post) | |
| 低 VO ₂ max 组 (≤ 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左伸 PT/BW ^{180°/s} | 2.23 ± 0.23(Pre)## | ↓ 11.21% |
| | | 1.98 ± 0.18(Post) | |
| | 左屈 AP ^{180°/s} | 2.16 ± 0.28(Pre)## | ↓ 16.13% |
| | | 1.86 ± 0.21(Post) | |
| | 左伸 AP ^{180°/s} | 3.81 ± 0.48(Pre)# | ↓ 8.14% |
| | | 3.50 ± 0.41(Post) | |
| 右屈 AP ^{180°/s} | 2.25 ± 0.19(Pre)# | ↓ 8.00% | |
| | 2.07 ± 0.15(Post) | | |
| 屈肌 L/R ^{180°/s} | 94.59 ± 14.68(Pre)# | ↓ 11.81% | |
| | 83.42 ± 10.76(Post) | | |
| 伸肌 L/R ^{180°/s} | 91.85 ± 12.26(Pre)# | ↓ 10.55% | |
| | 82.16 ± 8.07(Post) | | |

2.2.3 运动员肘关节肌力对比结果

运动员在 WG 干预后, 肘关节肌群的 PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s}、WF^{180°/s} 以及 L/R^{0°/s} 等指标表现出了显著性差异, 且均表现为 WG 干预前优于 WG 干预后, 具有更高 VO₂max 水平运动员在 WG 干预前后, 肘关节肌群的左屈 PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s} 指标出现了显著性降低(5.95% ~ 7.53%), 而具有低 VO₂max 水平运动员肘关节肌群则在左屈的 PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s}、WF^{180°/s}, 右屈的 WF^{180°/s}、左伸的 WF^{180°/s} 以及屈肌 L/R^{0°/s} 等指标上均存在显著性弱化(高优指标: 下降 9.41% ~ 12.50%; 低优指标: 提升 6.05% ~ 9.93%)。同时, 结果还显示, 低 VO₂max 组的运动员在 WG 干预后发现膝关节的屈肌 L/R^{0°/s} (89.53 ± 15.48) 超出了合理范围(表 9)。同时, 值得注意的是, 低 VO₂max

组运动员肘关节肌群的力量耐力指标变化较多, 左屈 WF^{180°/s}、左伸 WF^{180°/s} 以及右屈 WF^{180°/s} 等一系列有关力量耐力指标的弱化表明该部位力量耐力的严重缺陷。

2.3 不同运动水平运动员的关节肌力衰减比较

2.3.1 运动员肩关节肌力衰减结果

男子自由跤运动员在 WG 干预前、后, 肩关节肌群的衰减幅度与运动水平有关。图 5 显示, 尽管不同级别运动员的肩部最大力量指标 PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s} 仅在二级与一级、健将之间具有明显差别(一级与健将无差别), 但在肩关节肌群肌力下降幅度上却表现出了随着运动水平提高显著降低的线性特点。二级、一级以及健将运动员左屈 PT/BW^{0°/s} 分别衰减 14.63%、11.11% 以及 9.60%, 左屈 APT/BW^{0°/s} 分

表9 基于VO₂max分组的运动员肘部显著性肌力指标衰减一览表
Tab.9 List of significant changes of elbow muscle strength indexes of athletes based on VO₂max group

| VO ₂ max 组别 | 显著性变化指标 | M ± SD (WG 干预 Pre or Post) | 衰减 |
|---|---------------------------|----------------------------|----------|
| 高 VO ₂ max 组 (> 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左屈 PT/BW ^{0°/s} | 0.93 ± 0.11(Pre)# | ↓ 7.53% |
| | | 0.86 ± 0.15(Post) | |
| | 左屈 APT/BW ^{0°/s} | 0.84 ± 0.17(Pre)# | ↓ 5.95% |
| | | 0.79 ± 0.11(Post) | |
| | 左屈 PT/BW ^{0°/s} | 0.96 ± 0.26(Pre)# | ↓ 12.50% |
| | | 0.84 ± 0.09(Post) | |
| 左屈 APT/BW ^{0°/s} | 0.85 ± 0.24(Pre)# | ↓ 9.41% | |
| | 0.77 ± 0.06(Post) | | |
| 低 VO ₂ max 组 (≤ 55.92 ± 3.36 ml/kg/min) | 左屈 WF ^{180°/s} | 11.68 ± 2.09(Pre)# | ↑ 9.93% |
| | | 12.84 ± 2.64(Post) | |
| | 左伸 WF ^{180°/s} | 10.68 ± 1.68(Pre)# | ↑ 6.18% |
| | | 11.34 ± 9.56(Post) | |
| | 右屈 WF ^{180°/s} | 11.24 ± 1.94(Pre)# | ↑ 6.05% |
| | | 11.92 ± 2.37(Post) | |
| 屈肌 L/R ^{0°/s} | 97.25 ± 17.55(Pre)# | ↓ 9.28% | |
| | 88.23 ± 15.48(Post) | | |

别衰减13.04%、11.48%以及8.33%。需要指出的是,尽管健将运动员肩关节肌群的右屈APT/BW^{0°/s}、左侧F/E^{0°/s}(该指标的合理范围是66.67%,不超过10%)以及屈肌L/R^{0°/s}等肌力下降幅度并未表现出显著性($p > 0.05$),但二级、一级运动员却在以上指标均表现出了显著性差异($p < 0.05$),并仍然保持三个级别衰减幅度的线性关系。

2.3.2 运动员膝关节肌力衰减结果

男子自由跤运动员在WG干预前、后,膝关节肌群的衰减幅度与运动水平有关。与肩关节不同的是:各别运动员的膝部快速力量指标PT/BW^{180°/s}、AP/BW^{180°/s}均存在明显的差异,高级别运动员膝关节肌群肌力明显高于低级别运动员,且具有线性关系。与肩关节相同的是:膝关节肌群肌力衰减幅度也表现出了随着运动水平提高显著降低的线性特点,二级、一级以及健将运动员左屈PT/BW^{180°/s}(10.23%、8.40%、6.52%)、左伸PT/BW^{180°/s}(7.87%、5.08%、2.55%)、左屈AP/BW^{180°/s}(10.19%、6.57%、3.65%)、左伸AP/BW^{180°/s}(6.23%、5.56%、3.63%)、右屈AP/BW^{180°/s}(7.11%、5.12%、2.16%)、左侧F/E^{180°/s}

(9.09%、5.25%、4.02%)、屈肌L/R^{180°/s}(8.15%、6.27%、4.74%)以及伸肌L/R^{180°/s}(5.98%、4.39%、4.02%)等指标均表现了这一线性关系,其中,健将运动员仅在左屈PT/BW^{180°/s}和屈肌L/R^{180°/s}指标上的衰减幅度具有显著性($p < 0.05$),其他指标不具显著性($p > 0.05$)。

2.3.3 运动员肘关节肌力衰减结果

男子自由跤运动员在WG干预前、后,肘关节肌群的衰减幅度也与运动水平有关。与肩关节相似,代表运动员肘部最大力量的PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s}在二级与一级、健将之间的差异表现得更为明显。但与之不同的是,代表该部位力量耐力的WF^{180°/s}指标却在各个运动等级中均表现出了显著不同,即随着运动水平的提高,运动员的力量耐力水平越高。从肘关节肌群肌力在WG干预前、后的衰减幅度来看,则表现出与肩关节、膝关节类似的线性特征,即随着运动水平的提高,男子自由跤运动员在WG干预前、后的肌力衰减幅度逐渐降低,具体表现为:二级、一级、健将的左屈PT/BW^{0°/s}依次下降17.58%、12.63%、8.51%,左屈APT/BW^{0°/s}依次衰减13.58%、10.17%、6.90%,左屈WF^{180°/s}依次上升14.09%、

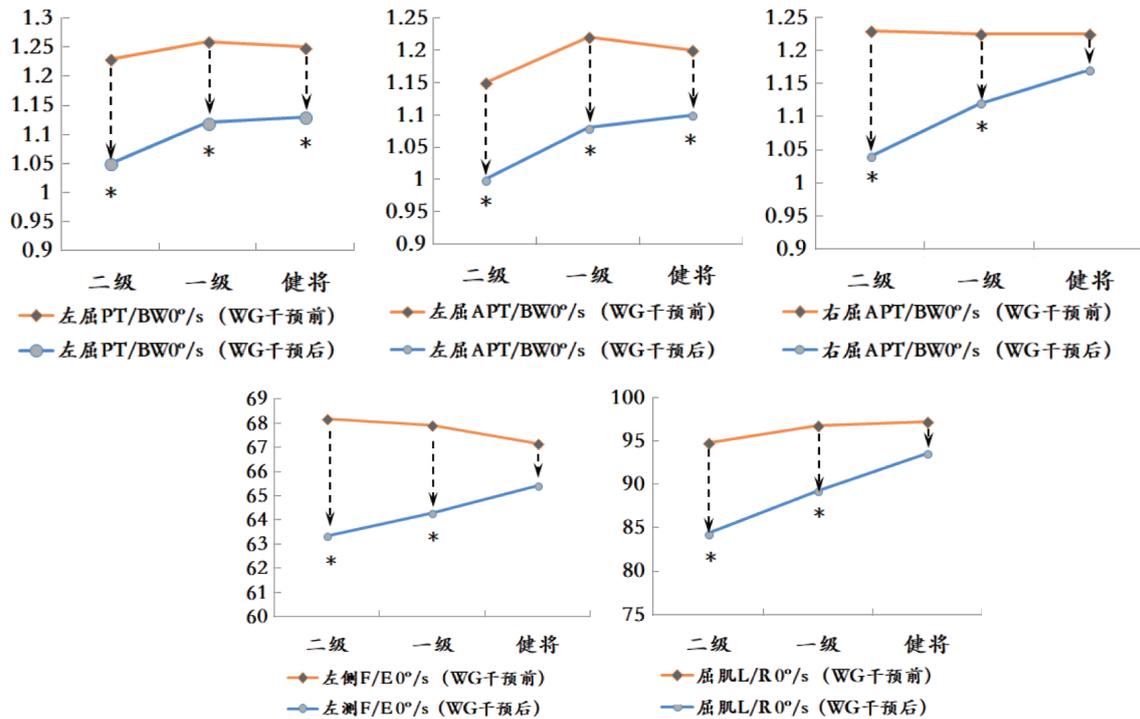


图5 运动员在WG干预前、后肩部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.5 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in shoulder muscle groups before and after WG intervention

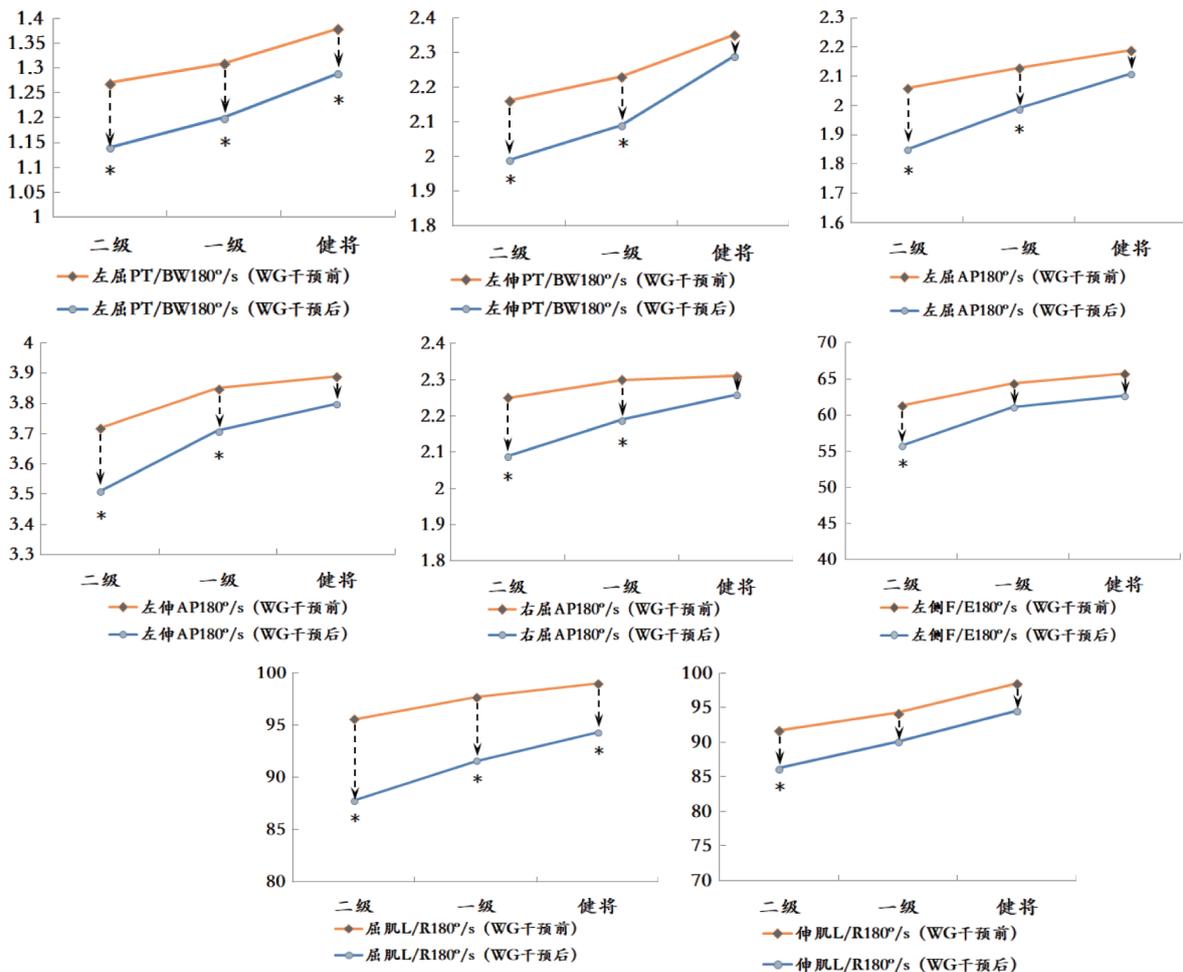


图6 运动员在WG干预前、后膝部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.6 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in knee muscle groups before and after WG intervention

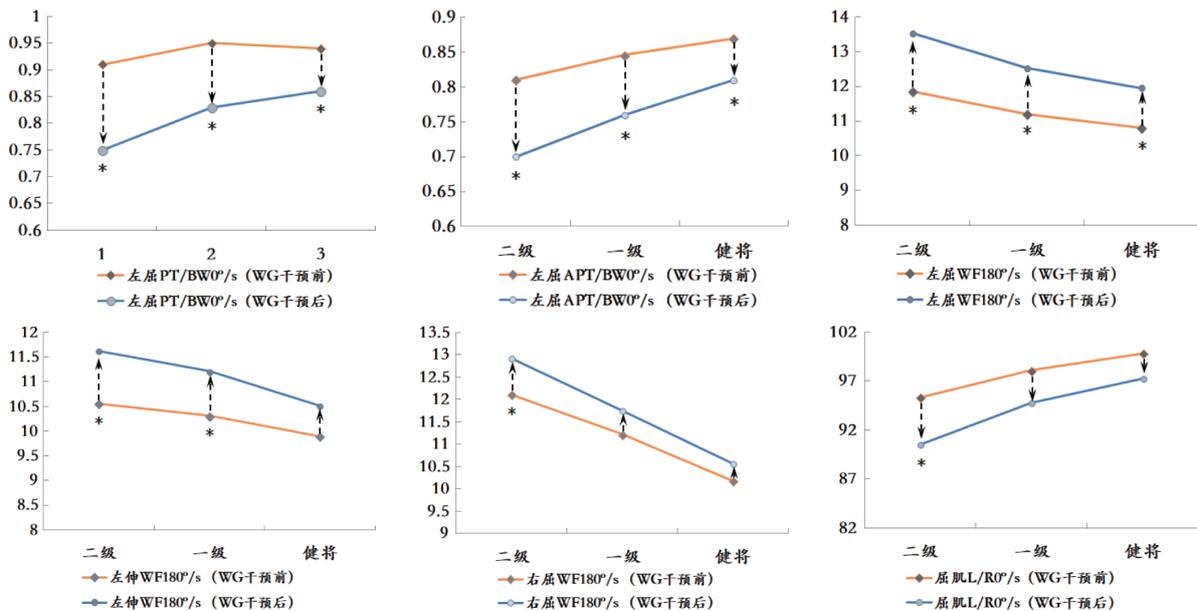


图7 运动员在WG干预前、后肘部肌群存在显著性差异的肌力指标衰减幅度示意图

Fig.7 Schematic diagram of changes in muscle strength indexes with significant differences in elbow muscle groups before and after WG intervention

11.79%、10.65%，左伸WF^{180°/s}依次上升10.13%、8.73%、6.16%，右屈WF^{180°/s}依次上升6.69%、4.72%、3.73%，屈肌L/R^{0°/s}依次衰减5.07%、3.40%、2.62%，各指标衰减幅度与运动水平线性关系明显。

3 讨论及启示

3.1 针对性训练：弥补各部位肌群动态变化下的“薄弱力量”

男子自由跤运动员各部位的肌群力量水平均得到了一定提升^[27-28]，但研究通过对运动员疲劳状态下的肌力测试结果进行比较，发现他们的肩部、膝部以及肘部仍存在许多薄弱肌群。若高强度运动后关节肌群肌力衰减显著表明该部位肌群做功明显，那么对该项目运动员在疲劳状态下肌力衰减特征所导致的肌群F/E和L/R等指标超出合理范围和不同水平、不同VO₂max分组下运动员肌力衰减特征的结果进行比较，则能够发现他们的薄弱肌群，为未来针对性训练，弥补各部位肌群的薄弱力量具有一定启示意义。

第一，肩关节肌群的针对性训练：弥补运动员左侧肩部屈肌肌群的最大力量，包括：三角肌前部肌群、胸大肌、肱二头肌以及喙肱肌等肌群组合。肩部肌群存在如下特征：①无论是WG干预前测，还是WG干预后测，男子自由跤运动员肩部肌群均表现出右侧优于左侧(但不存在显著性， $p > 0.05$)，伸肌优于屈肌的特征($p < 0.01$)；②WG干预后测的

肩部肌群肌力水平均低于前测，尤其在左侧屈肌的APT/BW^{0°/s}、PT/BW^{0°/s}，左侧F/E^{0°/s}以及屈肌的L/R^{0°/s}等指标(主要代表最大力量)上出现了显著变化($p < 0.05$)；③WG干预后测屈肌的L/R^{0°/s}指标数值超出了合理范围，说明运动员的左侧肩部屈肌肌群存在较为严重的薄弱力量。以上特征表明：男子自由跤运动员左肩部肌群的最大力量有待于进一步提升。尽管我国该项目运动员该部位肌群的力量水平并不低于国外优秀选手^[6,7,27]，但当运动员在疲劳状态下对该部位进行再度测试时，由于最大力量水平下降过快，则这种优势消失，并导致异侧同名肌群比(L/R^{0°/s})过低。Escamilla等^[4]研究指出，F/E^{0°/s}、L/R^{0°/s}的失衡，容易增加运动员的受伤概率。同时，肩关节既是人体相对灵活的关节，又是稳固性最差的关节，极易由于F/E、L/R的失衡带来运动损失^[29]。由此可见，运动员左侧肩部屈肌肌群(三角肌前部肌群、胸大肌、肱二头肌以及喙肱肌等)的最大力量水平有待于进一步进行针对性训练。

第二，膝关节肌群的针对性训练：弥补运动员膝部屈肌的快速力量，包括：股二头肌、半膜肌、缝匠肌、半腱肌以及腓肠肌等肌群组合。膝部肌群存在如下特征：①无论是WG干预前测，还是WG干预后测，男子自由跤运动员膝部肌群肌力均表现出右侧优于左侧(在AP^{180°/s}上存在显著性， $p < 0.05$)，伸肌优于屈肌的特征($p < 0.01$ 或 $p < 0.001$)；②WG干预后测的膝部肌群肌力水平均低于前测，尤其在

左侧屈、伸肌群的PT/BW^{180°/s}、AP/BW^{180°/s}, 右膝屈肌肌群的AP/BW^{180°/s}及L/R^{180°/s}等指标(主要代表快速力量)上出现了显著变化($p < 0.05$); ③运动员疲劳状态下的肌力测试使L/R^{180°/s}超出了合理范围, 运动员非优势侧的快速肌力衰减幅度明显。以上特征表明: 男子自由跤运动员膝部肌群的快速力量是一个薄弱环节。此薄弱环节容易使该项目运动员在与对手对抗时, 出现腿部移动缓慢、动作滞后等问题, 不利于他们在赛场上出色地完成各种快速转移技术(抱单腿转移、压颈转移等转移技术^[30]), 使自身占据主动位置, 形成进攻优势, 提高防守与反攻的成功率。因此, 运动员膝部屈肌肌群(股二头肌、半膜肌、缝匠肌、半腱肌以及腓肠肌)的快速力量水平有待进行针对性训练。

第三, 肘关节肌群的针对性训练: 弥补运动员左侧肘部屈肌肌群(包括: 胸大肌、三角肌、肱桡肌以及肱肌等肌群组合)的最大力量和左侧肘部所有肌群的力量耐力。肘部肌群存在如下特征: ①无论是WG干预前测, 还是WG干预后测, 男子自由跤运动员肘部肌群也均表现出右侧优于左侧(在WF^{180°/s}上存在显著性, $p < 0.05$), 伸肌优于屈肌的特征($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$); ②WG干预后测的肘部肌群肌力水平均低于前测, 尤其在左侧的PT/BW^{0°/s}、APT/BW^{0°/s}(最大力量指标)、WF^{180°/s}以及左侧伸肌的WF^{180°/s}(力量耐力)等指标上均出现了显著性变化($p < 0.05$); ③WG干预前后F/E指标数值超出了合理范围, 容易出现运动损伤。以上特征表明: 男子自由跤运动员肘部屈肌肌群的薄弱力量(最大力量)与肩部肌群相似, 但与之不同的是肘部肌群WF^{180°/s}指标衰减较为突出, 表明力量耐力亟待提高。之所以与肩部肌群需要弥补的力量素质相似, 是因为肘部是复合关节^[1, 31-32], 周围独立的肌肉较少, 主要与腕关节、肩关节肌群存在较多关联, 从而在互相配合下完成该部位的屈、伸运动。同时, 尽管男子自由跤运动员肘部肌群的快速力量水平已有较大提高^[1], 但代表力量耐力的指标却在机体疲劳之后出现明显下滑, 使他们在与对手僵持过程中难以保持持续的发力能力, 逐渐处于劣势地位。基于此, 研究认为, 在弥补运动员左侧肘部屈肌肌群(胸大肌、三角肌、肱桡肌以及肱肌等)最大力量的同时, 还要强调左侧肘部肌群力量耐力的提升, 尤其是疲劳状态时的持续

发力能力。

3.2 对称性发展: 重视高强度技术进攻下的“力量防守”

男子自由跤运动员主要关节肌力的对称性存在如下肌力特征: 其一, 肩、膝以及肘关节肌群的右侧均优于左侧, 尽管多数指标并未表现出显著性差异($p > 0.05$), 但膝关节的AP^{180°/s}和肘关节的WF^{180°/s}指标却仍然存在显著性($p < 0.05$); 其二, 肩、膝以及肘关节肌群的部分L/R^{0°/s}、L/R^{180°/s}数值超出了合理范围, 表明主要关节肌群力量的对称性不足; 其三, 各关节肌群在WG干预的后测中以上两种特征均表现得更为明显, 说明运动员在与对手僵持时, 非优势侧关节肌群的肌力水平急速下滑, 使运动员的这种对称性力量不具有稳定性。以上特征使该项目运动员在比赛时容易出现如下困境: ①左右侧关节肌群肌力的不对称, 使运动员在进攻时容易暴露弱势部位, 易受到对手的反攻; ②非优势侧关节肌力的不足, 使运动员的某侧肌群容易出现力量防守的薄弱, 让对手有机可乘; ③僵持状态下这种对称性力量的不稳定, 使运动员难以保持持续发力, 容易处于劣势地位。以上三种困境共同指向了一个方向, 即男子自由跤运动员应该进一步强化力量的对称性发展, 尤其在实施高强度的对抗后, 再次进攻时对非优势侧力量防守能力的提升是关键。

在运动员的力量训练中, 将训练重点放在符合某技术特征的肌肉力量有助于运动员专项技术的实施^[33]。然而, 在实际对抗中, 其结果却不尽如人意。以摔跤运动员的“起架进攻”技术为例, 在高强度的比赛过程中, 许多运动员由于平时采用的是“右架起架进攻”技术, 从而使其在日常的力量训练中不自觉地强化了右侧膝关节周围的肌群力量^[6], 而忽视了非优势侧肌群力量的防护能力, 此时, 在运动员起架进攻的过程中容易给对手留出非优势侧的反攻空隙, 导致防守失分严重。也就是说, 运动员在形成符合自身技术特征的肌肉力量时, 似乎也应该重视他们身体肌肉力量的对称性发展, 从而提高非优势侧的力量防护。为进一步佐证这一观点, 研究提供了对“起架进攻”技术方式起主要作用的膝关节肌群肌力测试结果(图8)。从中可知, 低级别运动员的右侧膝关节肌群肌力水平明显高于左侧膝关节肌群(图8上), 说明技术导向下的力量训练使力

量素质呈现异质化发展。Schibye等^[34]通过实验发现,同时加强两侧肌肉力量的训练,无论是在进攻的稳定能力上,还是在防守的力量防护能力上均具有更好的训练效果。研究在高级别运动员异侧膝关节的屈、伸肌力水平对比中进一步验证了此结论(图8

下),其左右膝关节肌群的肌力图表现出了极强的一致性,说明高级别运动员不仅重视优势侧技术进攻的力量支撑,还重视非优势侧的力量防护。因此,该项目男子运动员应该在力量训练中进一步强调对称性发展,来增强高强度技术进攻下的力量防护能力。

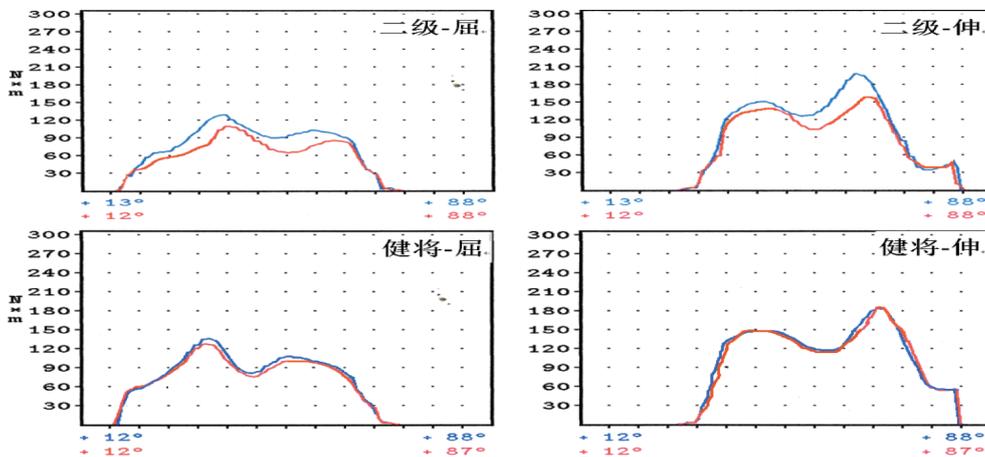


图8 不同水平运动员膝关节肌群力量的对称性对比示意图

Fig.8 Schematic diagram of symmetry comparison of knee muscle group strength of different level athletes

注:两名运动员均为右架起架进攻技术选手,粉色代表左侧膝关节肌群肌力,蓝色代表右侧膝关节肌群肌力

3.3 策略性选择:强调多因素关系规律下的“动态转换”

WG干预前、后,男子自由跤运动员主要关节肌群还存在如下肌力特征:其一,该项目运动员各关节肌群肌力指标均在WG干预后表现出不同程度的显著性变化($p < 0.05$ 或 $p < 0.01$),且WG干预前各关节肌群肌力指标优于干预后;其二,具有高 VO_2max 水平的运动员各关节肌群肌力衰减的指标明显少于具有低 VO_2max 水平的运动员,且各指标衰减幅度前者低于后者;其三,高水平运动员的肌力衰减指标明显少于低运动水平的运动员,且指标衰减幅度比之较低。以上肌力特征可以推断出,自由跤运动员主要关节肌群的动态肌力衰减幅度与无氧能力(特征一)、有氧能力(特征二)以及运动水平(特征三)均相关,基于人体有氧、无氧供能具有基础性作用的观点^[35-37],运动员肌力衰减幅度应该是有氧、无氧能力影响运动水平提升的重要解释变量(研究仅通过解释有氧、无氧与肌力下降幅度的关系,来解释其与运动水平的关系)。为了深入分析有氧、无氧对肌力衰减幅度影响的动态函数关系,研究以代表肘关节肌群力量耐力的 $WF^{180^{\circ}/s}$ 为例(该部位的薄弱力量),进一步绘制了有氧能力(VO_2max)与 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)、无氧能力(功率衰减%)与

$WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)关系示意图(图9)。

图9-1、图9-3显示, VO_2max 、功率衰减%与 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)均具有显著的相关关系,前者回归函数 $R^2=0.7058$,后者回归函数 $R^2=0.7399$ (横纵坐标均为低优指标,为便于比较,采用逆序刻度值),拟合较好。但从散点图中发现,两者均存在一定的游离数据,根据游离程度分别剔除了 $VO_2max \geq 58$ ml/kg/min、功率衰减% $\geq 75\%$ 的数据(影响拟合效果的、一定区域的运动员数据),从而拟合图形9-2、9-4,前者 $R^2=0.7674$,后者 $R^2=0.8454$,此次拟合均优于图9-1和图9-3。进一步分析发现,图9-2的拟合数据中包括了二级16名、一级8名、健将1名,共25名运动员,图9-4的拟合数据包括了一级9名、健将6名,共15名运动员。由此推断,低级别运动员的 VO_2max 对 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)较功率衰减(%)对其的影响具有更高的解释价值,而高级别运动员的功率衰减%对 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)的影响则具有更好的解释优势,同时两者之间存在交叉过渡区域(即一级运动员的数量相似)。因此,考虑到 VO_2max 与 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)关系示意图中的高级别运动员散点图过于离散,结合功率衰减%对高水平运动员的 $WF^{180^{\circ}/s}$ 衰减幅度(%)可能具有更优解释性,进一步绘制了图9-5

(图9-1中 $VO_{2max} \geq 58$ ml/kg/min与图9-3中功率衰减% $\leq 75\%$ 重叠的运动员), 回归函数 $R^2=0.8564$, 具有极高的解释价值, 图9-6原始数据中也可以佐证具备低功率衰减%的高级别运动员比具备高功率衰减%的低级别运动员具有更持久的持续发力能力。由此, 研究认为: 男子自由跤运动员在运动水平提升过程中, 有氧能力和无氧能力对肌力水平的影响存在一种“动态转换”模式, 该模式强调低级别运动员肌力水平的保持与有氧耐力更为相关, 而高级别运动员肌力水平的保持则与无氧耐力更为相关, 且中间存在过渡区域。

有氧、无氧供能的认识和实践经历了一个不断

深入并螺旋式上升的过程, 它们是人体能量代谢的“统一体”, 虽然, 自由跤运动是典型的以无氧代谢为主的竞技项目, 但由于比赛规则的改变, 使该项运动兼具了间歇性与持续性的双重特点^[38]。为此, 纯粹的有氧能力、无氧能力均不能满足运动员能量输出与恢复的需要, 忽视两者之间动态平衡基础下的力量训练也便不能使运动员的肌力水平走向真正意义上的专项力量特征。以往“人体难以对耐力和力量训练做出最佳适应”的观点^[39]导致教练员对运动员进行耐力训练时畏手畏脚。事实上, 运动员的耐力和力量其实是同步提升的, 而这种在耐力基础上提升的力量素质却更有利于运动员在对抗中表现出

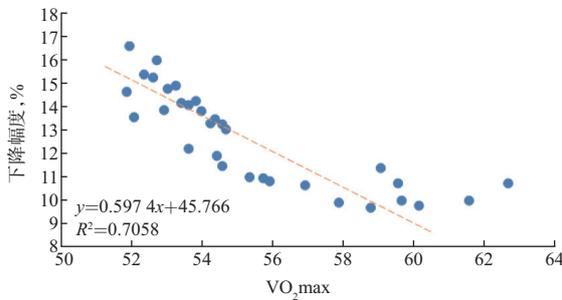


图9-1 32名运动员

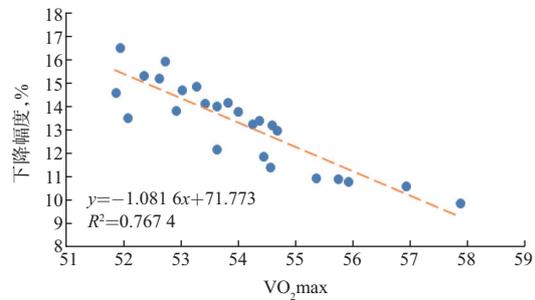


图9-2 25名运动员

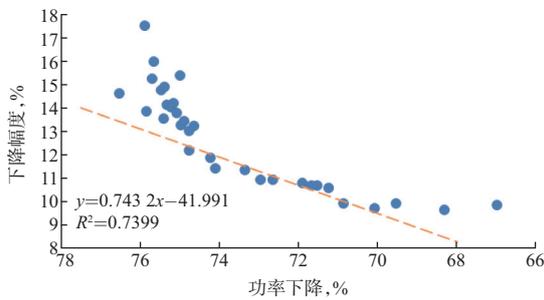


图9-3 32名运动员

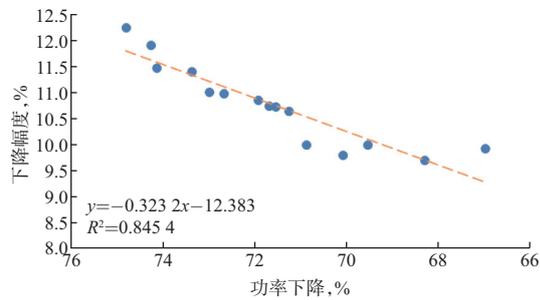


图9-4 15名运动员

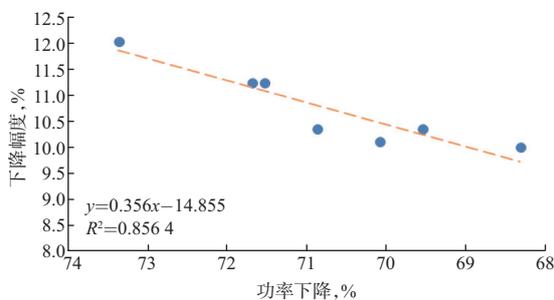


图9-5 7名运动员

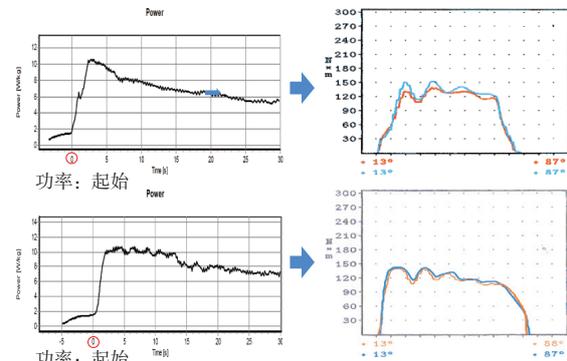


图9-6 wingate30s无氧功与肌力对应关系

图9 VO_{2max} 、功率衰减%与肘关节左屈 $WF180^{\circ}/s$ 动态关系示意图

Fig.9 Schematic diagram of dynamic relationship between VO_{2max} , power decrease% and $WF180^{\circ}/s$ of left elbow flexor

注: 图9-2为25运动员是由于选取了 $VO_{2max} \leq 58$ ml/kg/min的运动员, 其中包括二级16名, 一级8名, 健将1名; 图9-4为15名运动员是由于选取了功率衰减% $\leq 75\%$ 、运动等级为一级以上的运动员, 包括一级9名, 健将6名; 图9-5为7名运动员是由于将图9-1中 $VO_{2max} \geq 58$ ml/kg/min与图9-3中功率衰减% $\leq 75\%$ 重叠的运动员, 共7名, 包括一级2名, 健将5名; 图9-6某二级运动员(上)与健将运动员(下)的wingate30s无氧功报告和肘部屈肌肌力报告对应关系

强劲的力量韧性。盲目地增加训练强度,而忽视有氧、无氧动态关系规律下的运动训练并不能带来理想的训练效果,因此,急需对我国体能训练进行反思与总结^[40]。研究证明了运动员有氧、无氧能力通过肌力衰减幅度来影响运动水平的提升具有极高的解释价值。当然,与以往研究不同的是,进一步通过深入分析影响运动员运动水平的多样要素,提出了男子自由跤运动员的力量训练应该在怎样的有氧能力和无氧能力关系模式下实施,才能规避该项目盲目增进训练强度的弊病。具体而言:当运动水平较低,且 $VO_2\max$ 低于 58 ml/kg/min 时,男子自由跤运动员更应该重视通过有氧耐力训练的提升,来发展肌肉的氧含量(能量耗尽学说)及肌肉抗疲劳能力(代谢物积累学说)^[41];而当运动水平较高,且 $VO_2\max$ 水平超过 58 ml/kg/min ,而功率衰减小于75%时,应该开始重视通过高强度的无氧耐力来激活更多的运动单位,提高肌肉收缩募集能力(中枢学说)来进一步提升力量素质的专项性发展^[42]。根据这一动态转换模式,结合自由跤项目专项特点,未来在提高各供能系统水平的基础上,进一步发展力量素质,形成最佳的比例结构是关键。

4 结论

第一,与疲劳前相比,男子自由跤运动员疲劳后的肩、肘以及膝关节周围肌群肌力均表现出不同程度的衰减特征,如左肩屈肌、左膝屈肌以及左肘伸肌均是衰减较为严重的部位。正是由于各关节肌群肌力衰减变化导致该项目男子运动员不同部位肌群的屈伸力矩比,异侧同名肌群比超出了合理范围,启示未来肩部的最大力量、膝部的快速力量以及肘部的最大力量、力量耐力是需要进一步强化的薄弱力量形式。

第二,男子自由跤运动员应该实施针对性训练,弥补不同部位肌群在动态变化下的“薄弱力量”形式,从而提高身体肌群力量的对称性发展,来增强他们在高强度技术进攻时的“力量防守”能力。同时,在运动员运动水平提升过程中,应该正确认识有氧能力和无氧能力是如何影响运动员力量素质发展的,未来强调它们之间多因素关系规律下的“动态转换”,形成合理的有氧、无氧训练比例结构,助推力量素质的专项性发展是关键。

注释:

① 第一次测试在同一天完成,同时需要说明的是第一次测试在测试前需要热身10 min。第二次测试由于是在上、下肢 WinGate 无氧功率试验之后30 s开始进行的,目的在于探索每个关节周围肌群在“能量消耗-恢复”下的肌力状态,因此,每隔72 h测试一个关节,且在每次测试之前由于进行了无氧功率试验,因此不再需要热身。

参考文献:

- [1] 高炳宏.我国现代体能训练的现状、问题与发展路径[J].体育学研究,2019,2(2): 73-81.
- [2] 毛振明,于丽,叶玲.职业体能有关理论及培养实践的研究[J].体育学研究,2024,38(1): 1-10.
- [3] 曹智超,吴瑛,张凌凌.等速测试条件下摔跤滚桥技术的动力学、运动学及表面肌电特征[J].上海体育学院学报.2021,45(4): 77-84.
- [4] ESCAMILLA R. ANDREWS J R. Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports[J]. Sport Med. 2009, 39(7): 569-590.
- [5] 董德朋,刘巍,孙卓,等.我国男子自由式摔跤运动员肘和膝关节肌力分析[J].首都体育学院学报.2015, 27(5): 474-480.
- [6] 李兆林,周家颖.跳深时下肢伸肌群肌力变化特征研究[J].西安体育学院学报,2022,39(2): 224-231.
- [7] 董德龙.我国男子自由式摔跤运动员体能训练取得突破的关键点研究[J].体育科学,2012, 32(4): 84-96.
- [8] 姜自立,黎涌明,李庆.短跑不同模式速度耐力训练的能量代谢特征[J].体育科学,2019, 39(5): 51-60.
- [9] 宋校能,徐辉,吴贻刚.优秀女子橄榄球运动员肩扑搂下肢运动模型及其肌力对撞击力量的影响[J].上海体育学院学报,2023,47(2): 76-87.
- [10] 陈小平.有氧与无氧耐力的动态关系及其对当前我国耐力训练的启示[J].体育科学,2010, 30(4): 63-68.
- [11] SMITH M S. Physiological profile of senior and junior england international amateur boxers[J]. J Sports Sci, 2006, 5(4): 74-89.
- [12] OHYA T, Takashima W, Hagiwara M, et al. Physical fitness profile and differences between light, middle, and heavy weight-class groups of Japanese elite male wrestlers[J]. Int J Wrestl Sci, 2015, 5: 42-46.
- [13] SERHAT Ö, SÜLEYMAN U. Strength-power tests are more effective when performed after exhaustive exercise in discrimination between top-elite and elite wrestlers[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2020, 36(2): 448-454.
- [14] AZAHARA F V, CHRIS B, ALICIA M M, et al. Effects of Exercise-Induced Neuromuscular Fatigue on Jump Performance and Lower-Limb Asymmetries in Youth Female Team Sport Athletes[J]. Journal of human kinetics, 2023, 89(1): 19-31.
- [15] 王立端,曲峰,陈学灿.疲劳对羽毛球运动员蹬跨步动作下肢生物力学特征的影响[J].北京体育大学学报,2018, 41

- (2): 73-78.
- [16] 王健, 洪峰. 无氧能力间接检测方法研究进展[J]. 中国体育科技, 1999, 35(6): 11-14.
- [17] 邱俊强. 最大耗氧量及其派生指标的研究进展[J]. 北京体育大学学报, 2011, 34(1): 73-76.
- [18] 王清. 我国优秀运动员竞技能力状态诊断和检测系统的研究与建立[M]. 北京: 人民体育出版社, 2004.
- [19] 杨晓琳, 梅涛, 王亚琦, 等. 冰雪项目国家集训队运动员膝关节等速肌力的特征[J]. 北京体育大学学报, 2021, 44(12): 125-134.
- [20] 梁永杰, 李志远, 苏利强, 等. 高水平青少年男子羽毛球运动员双侧膝关节等速肌力特征研究[J]. 首都体育学院学报, 2021, 33(6): 623-629, 648.
- [21] 杨晓琳, 梅涛, 王亚琦, 等. 冰雪项目国家集训队运动员膝关节等速肌力的特征[J]. 北京体育大学学报, 2021, 44(12): 125-134.
- [22] 李琳, 季浏. 短时中等强度功率自行车运动对大学生完成执行功能任务的影响[J]. 沈阳体育学院学报, 2014, 33(6): 108-112.
- [23] 吴昊, 冯美云. WinGate 测试法的代谢研究[J]. 北京体育大学学报, 1997, 11(1): 72-75.
- [24] 王向东, 任景萍, 王晓岐. 优秀男子古典式摔跤运动员主要关节肌力特征研究[J]. 中国体育科技. 2012, 48(5): 69-74.
- [25] DAVIES G. A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques[M]. USA: La Crosse, 1992.
- [26] CROCE R, PITETTI K, HORVAT M, et al. Peak torque, average power, and Hamstring/quadriceps ratios in nondisabled adults and adults with mental retardation[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1996, 77(4): 369-372.
- [27] 方方, 李顶. 男子自由式摔跤运动员主要关节的肌力特征研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(6): 70-76.
- [28] 董德朋, 刘巍, 徐玄冲. 中国男子自由跤运动员肩关节肌群力量特征研究[J]. 成都体育学院学报, 2015, 41(3): 87-93.
- [29] JANCOSKO J, KAZANJIAN J. Shoulder injuries in the throwing athlete[J]. Phys Sportsmed, 2012, 40(1): 84-90.
- [30] 黄斌. 古典式自由式摔跤[M]. 北京: 人民体育出版社, 1997.
- [31] 石新燕. 不同级别散打运动员肘、膝关节肌群等速测试肌力特征研究[J]. 天津体育学院学报, 2012, 27(2): 168-172.
- (注: 由于版面限制, 参考文献[32-43]略, 如需查询, 请与作者联系。)

作者贡献声明:

袁雷: 设定论文选题、组织实验及数据分析; 孙卓, 俞大伟: 实施实验与撰写论文。

Characteristics and Training Inspiration of Muscle Strength Attenuation in Male Freestyle Wrestlers under Fatigue State

YUAN Lei^{1,2}, SUN Zhuo², YU Dawei³

[1. Physical Education College, Jilin University, Changchun 130015, China; 2. School of Philosophy and Sociology, Jilin University, Changchun 130015, China; 3. School of Teacher Education (Physical Education), Taizhou University, Taizhou 317000, China]

Abstract: This study intends to conduct dynamic diagnosis of muscle strength attenuation on the main joint muscle groups of male freestyle wrestlers under fatigue state, so as to improve the scientific understanding of strength training. By applying VO_2 max test, WinGate anaerobic power test (to induce fatigue), and joint muscle strength test on male freestyle wrestlers, the research has found: ① Regardless of fatigue, athletes' shoulder, elbow, and knee joint muscle groups showed that the right side outperformed the left, and the extensor muscle was better than the flexor muscle; ② The muscle strength indicators of the shoulder, elbow, and knee joint muscle groups under fatigue state show significant attenuation to varying degrees, leading to a significant decrease in F/E and L/R, which exceeds the reasonable range; ③ The muscle strength attenuation index and amplitude of athletes in the high VO_2 max group are lower than those in the low VO_2 max group; ④ The muscle strength attenuation index and amplitude of high-level athletes are lower than those of low-level athletes. The current study therefore proposes that athletes should implement targeted training for different parts during fatigue to compensate for the "weak strength" of different muscle groups in dynamic changes, pay attention to the symmetrical development of body muscle groups and improve athletes' "strength defense" ability during high-intensity technical attacks, strengthen the "dynamic transformation" mode under the rule of multiple factor relationships, and form a reasonable proportion structure of aerobic and anaerobic training.

Key words: anaerobic power; freestyle wrestling; joint muscle groups; muscle strength attenuation; strength training