

恢复性训练对马拉松运动员延迟性肌肉酸痛的缓解作用探析

童登运¹ 胡方灿² 唐文坤¹ 任鹏^{1,*}

1. 玉溪师范学院体育学院, 中国·云南 玉溪 653100;

2. 吉林体育学院, 中国·吉林 长春 130012

【摘要】 马拉松运动的高强度特性导致运动员易出现延迟性肌肉酸痛 (Delayed Onset Muscle Soreness, DOMS), 主要表现为肌纤维微损伤、代谢废物堆积及炎症反应加剧。本文通过文献资料法, 系统分析恢复性训练对缓解马拉松运动员DOMS的作用机制, 强调其科学性与必要性, 为优化马拉松运动员的训练-恢复周期提供参考。

【关键词】 恢复性训练; 延迟性肌肉酸痛; 马拉松运动员

1 引言

1.1 研究背景

马拉松运动全程42.195 km的高强度特性易引发肌纤维超微结构损伤。近年来DOMS对运动员健康与竞技状态的影响日益凸显。在此背景下, 恢复性训练作为一种科学干预手段, 通过促进血液循环、清除代谢废物、抑制炎症反应等机制, 成为缓解DOMS、加速功能恢复的关键策略^[1]。

1.2 研究目的

本研究目的是探究不同恢复性训练模式的干预机制与实施路径, 系统分析恢复性训练对缓解马拉松运动员DOMS的作用, 为马拉松运动员提供缩短DOMS持续时间、预防二次损伤、提升长期运动表现, 同时推动大众马拉松参与者建立科学恢复的认知, 减少因盲目训练导致的运动损伤。

2 DOMS特征和恢复性训练原理

2.1 DOMS的发生机制

2.1.1 机械性损伤与代谢压力协同作用

DOMS无论对于职业马拉松运动员还是大众参与者均有相同的体验, 需要经常接受高强度或长时间的训练和比赛, 特别是离心收缩或运动强度突然增加之后, 骨骼肌会产生一系列不适感, 症状可以从轻微肌肉压痛到严重影响运动功能的疼痛。DOMS会导致运动员肌肉僵硬、关节活动范围缩小及峰值力矩减小, 从而影响其运动表现。有学者提出DOMS是由于在离心运动中机械牵拉的原因导致骨骼肌发生了超微结构损伤, 机械损伤包括细胞膜、细胞周围结缔组织的损伤和细胞骨架的损伤, 在离心运动中肌细胞膜及周围结缔组织被重复拉长时, 部分胶原断裂及细胞膜轻微损

伤^[1]。离心运动中肌细胞膜受机械牵拉导致胶原断裂, 引发IL-6、TNF- α 释放, 自由基过量生成加重脂质过氧化反应。机械损伤与代谢压力之间存在显著的双向促进关系, 尤其在马拉松等长时间离心收缩主导的运动中, 机械损伤会直接引发并加剧代谢压力, 而代谢压力又进一步放大机械损伤效应^[2]。

2.1.2 神经肌肉控制失衡

DOMS不仅表现为局部肌肉损伤, 还引发全身性神经肌肉调控紊乱, 本体感觉系统失能, 肌梭敏感性下降, 微损伤导致肌梭内纤维肿胀, Ia类传入神经信号减弱, 关节位置觉模糊化, 炎症介质抑制Ib类传入信号, 降低肌肉张力调节能力; 运动单位募集异常, 疼痛信号通过C纤维传入脊髓, 抑制 α 运动神经元对快肌纤维的募集, 迫使慢肌纤维超负荷工作; 中枢神经适应性改变, DOMS患者运动学习能力受损, 运动表现下降。

2.2 恢复性训练的理论基础

2.2.1 主动恢复的血液流变学机制

主动恢复^[3]是通过低强度的运动促进身体恢复, 主要包括低强度有氧运动, 如慢跑、游泳、骑自行车等, 强度控制在最大心率的50%~60%, 可以加速代谢废物清除, 缓解肌肉酸痛, 缩短DOMS持续时间, 减轻运动后的不适感。在主动恢复过程中, 血液流动性得以改善, 运动可使血浆中的纤维蛋白原等大分子物质降解, 减少红细胞聚集, 从而降低血液黏稠度, 使血液流动更加顺畅, 能促进红细胞膜的流动性和弹性, 提高其变形能力, 主动恢复时能促进血液循环, 心脏负荷增加, 心肌收缩能力增强, 使心排量

增加,保证了全身各组织器官有充足的血液供应,加快代谢产物的清除和营养物质的输送。适度运动可促使血管内皮细胞释放一氧化氮等血管活性物质,引起血管舒张,增加血管内径,降低血流阻力,长期有规律的主动恢复训练能增强血管壁的弹性纤维和胶原纤维的合成与代谢,使血管壁更具有弹性。

2.2.2 被动恢复的筋膜动力学原理

被动恢复是指通过外部手段帮助身体恢复的方法,被动恢复中的按摩、拉伸等手法可使筋膜受到机械刺激,这种刺激能促使筋膜中的胶原蛋白和弹性纤维重新排列,从而增强筋膜的弹性和柔韧性,使其能更好地发挥缓冲和传导力的作用;热敷等热疗方式能增加筋膜组织的温度,让筋膜的弹性提高。当DOMS症状出现时,筋膜可能会出现张力失衡的情况,按摩等被动恢复手段可以通过施加特定方向和力度的压力,对紧张的筋膜进行放松,减轻筋膜过度的张力,同时也能对松弛的筋膜起到一定的牵拉作用,使其恢复到适当的张力状态,以维持身体运动功能。筋膜中含有筋膜液,它对筋膜的供应和代谢废物排出起着重要作用,按摩等手法能推动筋膜液在筋膜网络中流动,减少乳酸等产物在局部的堆积,从而减轻肌肉酸痛和疲劳感,同时更好地为筋膜组织输送营养物质,促进筋膜的修复和再生。筋膜中分布着丰富的感受器,如肌梭、腱器官等,被动恢复的刺激可以激活这些感受器,向中枢神经系统传递信息,中枢神经系统接收到信息后,对肌肉的收缩和放松进行调整,改善肌肉的协调性和运动控制能力,有助于身体功能的恢复和运动表现的提升。

3 恢复性训练实施体系

3.1 运动干预维度

3.1.1 低强度持续运动(LISS)的执行标准

在进行低强度运动时,强度控制在最大心率的50%~60%、血乳酸浓度小于2mmol/L,可以选择低离心负荷运动,如水中慢跑、游泳、功率自行车、椭圆机等每日进行20—40min的训练,运动过程中结合视觉模拟评分法(Visual Analogue Scale, VAS)让运动员根据自己的主观感受来进行疼痛打分,当疼痛大于或等于4时立刻停止训练。

3.1.2 动态拉伸的时序控制

动态拉伸^[4],是一种交替进行肌肉的主动收缩和放松,以及借助外力进行拉伸的方法,可提高肌肉的弹性。在

低强度运动后,结合动态拉伸更有利于马拉松运动员DOMS的恢复,遵循拉伸躯干核心、髋部、大腿、小腿的顺序原则,在进行拉伸时需对特定肌群进行主动收缩,持续5~10秒,随后立即进行对该肌群的放松和拉伸,持续20~30秒,可有效扩大马拉松运动员的关节活动范围,以提高柔韧性。

3.2 物理干预维度

3.2.1 梯度温度疗法的应用原则

DOMS出现时先用低温刺激,收缩血管,减轻炎症反应与肿胀,每次持续15~20分钟,可采用毛巾包裹冰敷敷于肌肉酸痛部位。之后切换为高温疗法,促进血液循环,加速代谢废物排出,如使用热毛巾热敷20~30分钟。高低温交替进行2—3次,间隔1—2小时,注意避免低温冻伤与高温烫伤皮肤。也可采用15℃冷压五分钟常温恢复15分钟循环,可维持冷疗效益同时避免组织损伤。

3.2.2 筋膜松解的压力阈值控制

采用按摩或筋膜枪对筋膜进行放松,在进行按摩时,施加的压力以运动员能感受到深层组织被挤压,但又不会引起剧痛为宜,压力要控制在运动员能接受的范围内,每个部位重复按摩5~7分钟。在使用筋膜枪时,要根据不同肌肉群选择合适的档位,一般大肌群使用中高档位,压力在5—8kg,小肌群使用低档位,压力在3—5kg,每个部位击打3—4组,每组30~40秒,注意避开骨突、关节。

3.3 心理干预

面对DOMS出现时,运动员要正确看待恢复性训练,要认识恢复训练是缓解DOMS的重要手段,通过合理的恢复性训练能促进肌肉恢复,提高运动表现,不能因DOMS而过度担忧或急于求成,要遵循科学的恢复节奏。在训练前后或睡前,进行深呼吸,并想象将新鲜空气吸入酸痛的肌肉,带走疲劳和酸痛,排出体内的负面能量,使身心得到放松,保证充足的睡眠,提升睡眠质量。马拉松运动后,运动员不仅身体疲劳,精神上也会出现倦怠,甚至可能陷入过度训练综合征。心理恢复通过放松身心的方式,能够调节神经系统,缓解这种心理疲劳,神经系统的稳定有助于身体各部分技能的协调恢复,从而间接减轻DOMS带来的不适。当运动员心理状态良好时,身体对疼痛的感知和耐受程度也会发生变化,能够在一定程度上缓解肌肉酸痛带来的痛苦。心理恢复中的睡眠优化等方式,能够帮助运动员在休

息过程中让身体进入良好的恢复状态。同时,在心理放松状态下,身体在运动时也会释放内啡肽,这种物质不仅能够带来愉悦感,还能改善情绪,增强运动员对DOMS的应对能力。

4 实践困境与优化路径

4.1 业余运动员的认知误区

业余运动员认为DOMS是肌肉增长的信号,将疼痛程度与训练效果直接关联。但其存在潜在机制,疼痛耐受的“去敏化”现象导致脊髓背角C纤维突触囊泡耗竭,神经递质释放能力下降,持续忽视疼痛信号使肌肉微损伤累积,进一步引发相关联的疾病。部分运动员在DOMS期间过度使用静态拉伸,导致肌梭过度激活,因为静态拉伸使肌肉静息张力降低,但会破坏运动单位同步化募集模式,从而肌纤维的协调性下降。许多运动员认为冰敷时间越长越好并且会忽视神经肌肉恢复,冰敷时间越长,胶原合成抑制,而仅仅关注肌肉酸痛,忽视DOMS导致的 γ 运动神经元抑制,会丧失部分本体感觉功能。更多的业余运动员使用相同的恢复策略,忽略自身的个体差异。

4.2 个性化恢复方案设计

基于运动员的认识误区与生理特征差异,需构建“运动表现—损伤风险”双维度模型,实现精准化恢复干预。通过运动能力与恢复效率的关联性分析,制定分级恢复策略,全程马拉松完成时间大于4小时的运动员,每日低强度水中运动30分钟加湿热敷,并且补充电解质,完成时间在3~4小时的运动员,以踏频60rpm、维持在最大心率的50%~60%骑功率自行车结合动态拉伸来进行恢复训练,完成时间小于3小时的运动员,可以采用40℃的远红外线照射30分钟并联合冷热交替疗法,最重要的是补充线粒体营养素,有助于加速恢复并提升运动表现。针对每位运动员,应进行全面身体机能评估,包括但不局限肌肉力量、关节活动度、身体柔韧性以及运动损伤史,以此作为个性化恢复方

案制定的基础。在运动员的训练过程中,定期对其身体状态进行监测,包括肌肉疲劳程度、DOMS发生情况、关节稳定性等指标,根据监测结果及时调整恢复方案,确保方案与运动员的实际情况相匹配。

5 结论

恢复性训练通过运动、物理与心理干预的跨系统协同,从三层面缓解马拉松运动员DOMS:

(1) 代谢—炎症调控:低强度持续运动优化血液流变特性加速代谢清除,梯度温度疗法与筋膜松解协同降低IL-6、TNF- α 等炎症因子,形成双通路恢复机制;

(2) 神经功能重建:动态拉伸通过激活Ia类传入信号逆转 γ 运动神经元抑制,改善神经肌肉协调性;

(3) 多维网络整合:心理干预调节自主神经系统并促进内啡肽分泌,协同睡眠优化构建“神经—内分泌—免疫”恢复网络。

该体系通过打破“机械损伤—代谢失衡—神经抑制”恶性循环,为运动员构建个性化恢复—适应闭环提供理论支撑。

参考文献:

[1] Connolly D A, Sayers S P, Mchugh M P. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness[J]. J Strength Cond Res,2003,17(1):197.

[2] Cheung K, P Hume, L Maxwell. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors[J]. Sports medicine,2003,33(2):145-64.

[3] 刘楠. 瑜伽恢复性训练对跆拳道运动员身体机能指标的影响研究[D]. 西安体育学院, 2018.

[4] 赵鹤, 赵福学. 基于动态拉伸的青少年体育舞蹈专项柔韧性训练方法[J]. 拳击与格斗, 2024 (14): 61-63.

* 通信作者: 任鹏