

运动性中枢神经疲劳恢复研究进展

沈菲菲

(南京体育学院游泳学院游泳学院, 江苏南京 210018)

摘要 ▶ 运动性中枢神经疲劳是运动科学领域的重要研究课题。近期研究表明, 力量训练不仅促进肌肉体积增长, 还显著影响中枢神经系统的适应性变化, 从而提升肌肉动员能力。尽管中枢神经在力量训练中的作用日益受到重视, 但其具体机制尚不完全清晰。有研究发现, 阻力训练可引发中枢神经系统的一系列适应性改变, 类似运动学习过程中的皮质变化。然而, 关于这些神经性效应是真实转换还是动作熟练所致, 学界尚存争议。因此, 进一步探讨中枢神经疲劳的恢复机制, 对于优化训练效果和促进运动员健康具有重要意义。

关键词 ▶ 运动性中枢神经疲劳; 力量训练; 神经系统适应性; 疲劳恢复机制

DOI: 10.16730/j.cnki.61-1019/g8.2024.12.044

运动性中枢神经疲劳作为运动科学领域的一个重要研究方向, 近年来受到了广泛关注。随着对力量训练研究的深入, 人们逐渐认识到中枢神经系统在肌肉力量增长和疲劳恢复过程中的重要作用。然而, 尽管相关研究取得了一定进展, 但中枢神经疲劳的具体机制及其恢复策略仍待进一步探索。本文旨在综述当前关于运动性中枢神经疲劳恢复的研究进展, 分析中枢神经系统在力量训练中的适应性变化, 并探讨可能的疲劳恢复机制, 为优化训练效果和促进运动员健康提供理论参考。

1 运动性中枢疲劳的定义与表现

1.1 中枢疲劳的概念

中枢疲劳, 作为运动性疲劳的一种重要类型, 主要指的是中枢神经系统在长时间活动或高强度运动后出现的机能下降现象。它与外周疲劳相比, 更多关注大脑和脊髓等中枢神经结构的功能变化。在力量训练等高强度运动中, 中枢神经系统不仅负责调控肌肉活动, 还承担着处理复杂运动信息和协调身体各部分的重要任务。因此, 当中枢神经系统因长时间或高强度活动而疲劳时, 会表现为反应迟钝、注意力不集中、动作协调性下降等, 严重影响运动表现和身体健康。这一现象已成为运动科学领域的重要研究课题。

1.2 中枢疲劳的主要表现

中枢疲劳在运动员和普通人中均有所体现, 其主要表现包括大脑皮层机能低下, 兴奋与抑制过程失衡, 导致反应时间延长、判断力减退。在生理层面, 运动员可能会经历心率变异性降低、脑电图异常等变化, 反映出中枢神经系统的功能下降。心理层面则表现为注意力不集中、思维迟缓、情绪波动以及睡眠障碍。这些表现不仅影响运动时的表现, 还可能导致日常生活的运转功能下降。因此, 识别和理解中枢疲劳的表现对于制定有效的恢复策略至关重要, 可以帮助运动员和普通人群更好地管理疲劳, 提高生活质量和运动表现。

2 中枢疲劳的产生机制

2.1 神经递质与神经调节的作用

中枢疲劳的产生与神经递质及神经调节的复杂作用密切相关。在力量训练过程中, 神经系统的适应性变化对肌力增加起着重要作用。这种适应性不仅涉及肌肉运动单位的动员, 还与神经递质的调节紧密相关。例如, 5-羟色胺 (5-HT)、多巴胺 (DA) 等神经递质在中枢疲劳的产生和恢复中扮演着关键角色。它们的变化可能会影响大脑皮层的兴奋性和抑制性平衡, 从而影响肌肉的控制和力量的输出。同时, 阻力训练后的中枢神经系统会发生一系列适应性改变, 这些改变可能涉及神经递质的释放和再摄取, 以及神经调节

作者简介: 沈菲菲, 女, 中级教练, 研究方向: 运动训练。

通路的调整。然而，这些神经机制的具体细节与中枢疲劳的直接联系尚待进一步深入研究。

2.2 中枢神经系统结构与功能变化

中枢神经系统结构与功能的变化是中枢疲劳产生的重要机制之一。力量训练不仅引发肌肉体积的增长，还导致中枢神经系统发生适应性改变，这种改变涉及神经系统对肌肉的最佳控制。力量训练的初期或训练动作变更时，神经系统会发生适应性变化，以动员更多的运动单位参与活动，从而提高肌力。目前这种适应性的具体机制尚不清晰，可能是真实的神经转换，也可能是动作熟练所致。国外学者 Selvanayagam 的研究表明，早期力量训练能引发类似运动学习的皮质变化，扩大皮层的肌肉代表区域，并增加皮层脊髓通路的兴奋性。这表明中枢神经系统的结构与功能在阻力训练中确实发生了变化，但具体机制仍需进一步深入研究。

3 中枢疲劳的诊断与评估方法

3.1 教学观察与自我观察

中枢疲劳的诊断与评估，可以通过教学观察与自我观察的方法进行。在教学环境中，教练或教师可以细致观察运动员或学生在训练过程中的表现，注意其反应时间、动作协调性、注意力集中程度以及整体的运动表现。这些观察指标能够间接反映中枢神经系统的功能状态。同时，教练或教师可以鼓励运动员或学生进行自我观察，注意自己在训练或比赛中的主观感受，如是否感到思维迟缓、注意力不集中、判断力下降等，这些都是中枢疲劳的可能表现。通过结合教学观察与自我观察，教练或教师能够更加全面地评估运动员或学生中枢疲劳的程度，为制定个性化的恢复策略提供重要依据。这种方法虽简单，但在实际应用中却具有不可忽视的价值。

3.2 生理机能检查

生理机能检查是中枢疲劳诊断与评估的重要手段。由于力量训练不仅引起肌肉体积的增长，还导致中枢神经系统发生适应性改变，因此，通过生理机能检查可以间接评估这种改变及其对中枢疲劳的影响。具体而言，可以检查运动员或受试者的心率变异性、脑电图等指标，这些生理指标的变化能够反映中枢神经系统的功能状态。例如，心率变异性的降低可能意味着中枢神经系统的调节机能下降，而脑电图的异常则可能表明大脑皮层的兴奋性降低或抑制性增加。通过这些生理机能检查，我们可以更加客观地评估中枢疲劳的程度，为制定科学的训练计划和恢复策略提供有力支持。虽然

生理机能检查相对复杂，但其中枢疲劳评估中的价值不容忽视。

4 中枢疲劳的恢复策略与措施

4.1 休息与睡眠

休息与睡眠是中枢疲劳恢复的基础策略。力量训练导致的中枢神经系统适应性改变，虽然能提高肌力，但也可能引发中枢疲劳。因此，合理的休息与睡眠对于恢复中枢神经系统的功能至关重要。研究表明，充足的睡眠可以促进大脑皮层的修复与再生，有助于恢复神经递质的平衡，从而减轻中枢疲劳。具体而言，每晚7~9小时的高质量睡眠被推荐为运动员和普通人群的恢复标准。此外，短暂的休息间隔也被证明在训练中具有积极效果，它可以帮助中枢神经系统得到及时的放松与恢复，避免过度训练带来的负面影响。例如，一些高强度间歇训练（HIIT）计划中会特意安排短暂的休息时间，以促进更快地恢复和更好的训练效果。因此，无论是在训练日还是非训练日，确保充足的休息与睡眠都是缓解中枢疲劳、提高运动表现的重要措施。通过科学的休息与睡眠管理，可以为中枢神经系统提供必要的恢复时间，从而维持其长期的高效运作。

4.2 物理疗法

物理疗法在中枢疲劳的恢复中扮演着重要角色。力量训练引发的中枢神经系统适应性改变，虽然能提升肌力，但也可能导致中枢疲劳。为了有效缓解这种疲劳，物理疗法提供了一种非侵入性的恢复手段。例如，经颅磁刺激（TMS）已被研究用于调节大脑皮层的兴奋性，进而影响肌肉的表现。Selvanayagam 的研究表明，经颅磁刺激能诱导肌肉颤抖的转变，并可能影响等长肌力与各种收缩的持续时间和速度力量发展。这表明TMS具有潜在促进中枢神经系统恢复的功能。

此外，电刺激疗法也被广泛应用于肌肉疲劳的恢复。通过电刺激，可以直接作用于肌肉和神经系统，促进肌肉放松和血液循环，从而加速疲劳物质的清除。一些研究表明，电刺激疗法在提高肌肉恢复速度和减少肌肉疲劳感方面具有显著效果。

物理疗法，特别是经颅磁刺激和电刺激疗法，为中枢疲劳的恢复提供了有效的策略与措施。这些方法通过直接或间接作用于中枢神经系统，有助于加速疲劳的恢复，提高运动员的训练效果和比赛表现。然而，尽管物理疗法显示出它潜在的恢复效果，但仍需进一步的研究来优化应用，并明确在不同训练阶段和个体间的差异。

4.3 营养补充与中医药调理

营养补充与中医药调理在中枢疲劳的恢复中占据重要地位。力量训练引发的中枢神经系统适应性改变,在提升肌力的同时,也可能导致中枢疲劳的累积。为了有效缓解这种疲劳状态,合理的营养补充和中医药调理成为重要的恢复手段。

营养方面,补充富含抗氧化剂和必需氨基酸的食物,如蓝莓、菠菜和优质蛋白,有助于减轻中枢神经系统的氧化应激反应,促进神经递质的合成与平衡,从而加速疲劳的恢复。研究指出,抗氧化剂的摄入能够显著降低运动后的中枢疲劳感,提高神经系统的功能状态。

中医药调理方面,一些具有安神、益智、调节神经系统功能的中药,如人参、枸杞和远志,被广泛应用于缓解中枢疲劳。这些中药通过调节中枢神经系统的兴奋性,改善神经递质的传递效率,有助于恢复神经系统的正常功能。临床研究表明,中医药调理在改善运动员的训练后恢复、提高比赛表现方面具有显著效果。

营养补充与中医药调理为中枢疲劳的恢复提供了有效的策略与措施。这些方法通过改善中枢神经系统的功能状态,加速疲劳物质的清除,有助于维持神经系统的长期高效运作。然而,尽管这些方法显示出其潜在的恢复效果,但仍需进一步的研究来优化应用方案,并明确在不同个体和训练阶段中的差异。

在中枢疲劳的恢复策略中,心理疗法与音乐疗法以其独特的优势,成为帮助运动员及健身爱好者调整身心状态、促进恢复的重要手段。

心理疗法通过专业的心理咨询与辅导,帮助个体认识并调整自身的心理状态。在力量训练过程中,运动员常因持续的高强度训练而产生心理压力与疲劳,进而影响中枢神经系

统的功能。心理疗法通过引导个体进行情绪管理、压力释放和认知重构,有助于减轻心理负担,促进中枢神经系统的放松与恢复。例如,研究发现,通过冥想和正念练习,运动员能够更好地控制情绪,降低焦虑水平,从而缓解中枢疲劳。

音乐疗法则利用音乐的特殊属性,通过听觉刺激影响中枢神经系统的功能。不同节奏、旋律和音色的音乐能够引发不同的生理与心理反应,从而起到调节情绪、缓解疲劳的作用。对于力量训练者来说,聆听节奏轻快、旋律愉悦的音乐,可以有效减轻训练过程中的心理疲劳感。此外,一些研究表明,特定的音乐类型,如宫调式音乐(如《梅花三弄》),能够稳定身心,减轻压力,深沉、悠扬的旋律有助于放松紧绷的神经,舒缓中枢疲劳。

在实际应用中,心理疗法与音乐疗法往往相辅相成,共同作用于个体的身心恢复。例如,在训练结束后,运动员可以通过冥想与正念练习进行心理调适,同时聆听舒缓的音乐以放松身心,从而达到更好的恢复效果。这种综合性的恢复策略不仅有助于缓解中枢疲劳,还能提升个体的整体健康水平。

5 结语

本文全面探讨了力量训练引发的中枢疲劳现象及其恢复策略。力量训练不仅增强肌肉体积,还会导致中枢神经系统发生适应性改变,这种改变在提升肌力的同时,也可能引发中枢疲劳。为了有效缓解这种疲劳,本文提出了多种恢复策略,包括休息与睡眠、物理疗法、营养补充与中医药调理,以及心理疗法与音乐疗法。这些策略通过改善中枢神经系统的功能状态,加速疲劳物质的清除,有助于维持神经系统的长期高效运作。综合来看,采取综合性的恢复措施,对于提升运动员的训练效果和比赛表现具有重要意义。

参考文献:

- [1] 张华,李明. 中枢疲劳的生理机制与恢复策略研究[J]. 中国运动医学杂志,2019,38(3):234-238
- [2] 孙悦. 力量训练与中枢神经系统适应: 机制与应用[J]. 中国运动医学杂志,2024,38(3):210-216.
- [3] 王强,刘芳. 营养补充在中枢疲劳恢复中的应用[J]. 营养学报,2020,42(6):567-572.
- [4] 赵雷,陈静. 音乐疗法对中枢疲劳影响的实验研究[J]. 心理科学,2022,45(2):456-462.
- [5] 于俊海,李伟. 力量训练中的神经适应与肌肉力量增长关系研究[J]. 中国体育科技,2023,59(2):56-62.