国际竞技体育科技前沿

2024 年 9 月　　第 6 期　　总 第 6 期

目　　录

1.训练备战	同期训练会干扰最大力量、爆发力与肌肥大提升吗?	1-2
	抗阻训练中上下肢力量的迁移现象	3-4
	不同抗阻训练组别类型对神经肌肉表现的急性影响	5-6
	提升最大力量的最低抗阻训练有效训练量	7-8
	垂直与水平训练对篮球运动员变向速度提升效果比较	9-10
2.心理策略	精英运动表现最优化的心理技术训练中所融合的技术手段	11-12
3.恢复策略	运动后恢复：冷疗与加热的周期化方法	13-15
	耐力运动员训练和比赛后的恢复策略	16-19
4.负荷监控	临界功率：运动测试与处方的新范式	20-21
	抗阻训练能量消耗测试方法	22-23

国家体育总局科教司　　国家体育总局体育科学研究所　合编

训练备战

同期训练会干扰最大力量、爆发力与肌肥大提升吗?

力量和有氧耐力作为竞技表现的基础性支撑，是几乎所有项目都需具备的重要能力。二者的提升主要通过抗阻训练和有氧训练实现，抗阻训练对骨骼肌横截面积、力量和爆发力产生积极适应，而有氧训练主要改善心血管系统、并增强骨骼肌代谢能力。许多竞技项目的周期安排中通常需要抗阻训练和有氧训练同时进行。然而，二者结合（简称同期训练）可能会导致干扰效应。初步的证据显示，在高训练量情况下，同期训练可能对力量与爆发力提升产生负面影响。幸运的是，训练方式、顺序与频率等变量可能会影响干扰效应的发生和影响程度，在实践加以控制将有助于规避干扰效应。本研究纳入 43 项原创实验量化同期训练对最大力量、爆发力及肌肉肥大的应用效果，分析训练变量等因素对干扰效应的影响，旨在提供更为针对性的同期训练建议。

一、同期训练对最大力量、爆发力与肌肥大的应用兼容性

- 合并 37 项原始研究的结果表明，单独进行抗阻训练（442 名受试者）与同期训练（525 名受试者）在腿举、深蹲及等速等最大力量提升方面无显著差异（效应量[ES] = -0.06）。
- 合并 18 项原始研究的结果显示，单独进行抗阻训练（208 名受试者）在提升纵跳等爆发力表现上优于同期训练（270 名受试者）（ES = -0.28）。
- 合并 15 项原始研究的结果表明，单独进行抗阻训练（188 名受试者）与同期训练 (201 名受试者) 在改善肌肥大方面没有显著差异 (ES = 0.01)。

综上，同期训练不会干扰最大力量和肌肥大的提升，但可能会对爆发力的提升产生负面影响。下文将讨论如何避免同期训练对爆发力提升的干扰效应。

二、调节训练变量以规避同期训练带来的潜在干扰效应

通过调节有氧训练方式、两种训练间隔时间、同期训练频率，似乎可以减少同期训练对爆发力提升的潜在干扰效应。

- 当选择骑行作为有氧训练时，对爆发力提升可能产生显著的负面干扰（ES = -0.44）；若选择跑步，则对爆发力提升的干扰不显著（ES = -0.15）。
- 当有氧训练与抗阻训练在同一课次且间隔时间少于 20 分钟时，对爆发力的提升会产生负面干扰效应（ES = -0.31）。相反，若两者间隔至少 3 小时，则不会对爆发力产生显著干扰效应（ES = 0.08）。
- 当同期训练的频率为每周小于 4 次时，对爆发力提升的负面干扰效应较为显著（ES = -0.45）。相比之下，每周至少 5 次的同期训练频率则对爆发力提升的干扰效应较小（ES = -0.18）。

三、总结与实践应用建议

- 为提高运动员的最大力量（如腿举、深蹲）和肌肉肥大，抗阻训练与有氧训练可以在同一课次中结合进行；
- 若目标是提升运动员的爆发力（尤其是纵跳表现），则需谨慎安排同期训练。但可通过以下措施最大程度减少对爆发力的潜在干扰；

  1) 尽量避免选择骑行作为有氧训练，优先选择跑步训练；

  2) 尽量避免在同一课次内同时进行有氧训练和抗阻训练，建议两者至少间隔 3 小时。若间隔少于 20 分钟，爆发力可能受到更多干扰；

  3) 建议将每周训练频率增加为至少 5 次，以减少对爆发力的干扰效应；

  4) 选择高强度间歇或重复冲刺训练作为有氧训练类型，可最大限度减少同期训练对爆发力和神经肌肉的干扰，还能有效提高有氧能力。

编译来源：Schumann M, Feuerbacher JF, Sünkeler M, et al. Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: An updated systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2022 Mar;52(3):601-612.

编译：殷明越

抗阻训练中上下肢力量的迁移现象

在实际训练中，不同形式的抗阻训练广泛应用于提升运动员的表现并加快运动员的康复进程。因此，合理制定抗阻训练计划至关重要。在相同的训练条件下，上肢和下肢的适应性反应存在差异，并且两者之间可能存在交互作用。例如，足球运动员进行卧推训练后，可能显著提升其随后的纵跳表现。这种现象称为上下肢力量迁移，其是指对某一部位特定肌肉的训练能够对未训练部位产生积极的迁移效应。此外，与单独进行某一部位的抗阻训练相比，在进行上肢抗阻训练的同时进行下肢耐力训练，能够有效减少长时间下肢耐力训练导致的肌肉体积减小。同时，当上肢受伤时，进行下肢抗阻训练可以有效促进上肢肌肉力量的提高。因此，上下肢迁移现象还可以表现为，同期进行远端肢体训练能够进一步增强目标肌群的训练效应。本文旨在探讨不同类型抗阻训练引发的力量迁移现象，并为抗阻训练计划的制定提供科学依据。

一、同期上肢抗阻训练和下肢耐力训练的应用效果

- 相比于传统抗阻训练，上肢抗阻训练结合下肢耐力同期训练显著提高了膝关节屈肌等动和等长力矩（9 - 13%）、股外侧肌 I 型和 IIc 型肌纤维面积、股外侧肌 II 型肌纤维卫星细胞数量（73%）、股外侧肌 IIa 型肌纤维面积（13%）、无氧峰值功率（39W）和平均功率（20W）。
- 然而，股四头肌伸和深蹲的单次最大重量并未提高。

二、同期上肢和下肢抗阻训练的应用效果

- 12 项研究探究了同期上肢和下肢抗阻训练。其中，7 项研究表明上肢力量或功率得到显著提高，4 项研究并未发现上肢力量得到显著提升，1 项研究并未发现上肢蛋白质合成增加。
- 2 项研究探究了上肢抗阻训练时同期进行下肢血流限制抗阻训练，发现下肢血流限制抗阻训练显著提高了上肢最大力量和卧推最大力量。

三、训练一侧对未训练一侧的迁移现象

- 6 项研究表明，单独进行下肢抗阻训练显著提高了未训练上肢的力量，主要表现为握力、最大自主等长收缩力量和深蹲的单次最大重量。

四、实践应用建议

- 上肢抗阻训练与下肢耐力训练的同期进行可以有效促进肌纤维卫星细胞的表达、下肢肌肉肥大和肌肉力量的提升，同时有效防止下肢肌肉分解代谢，维持肌肉输出功率。
- 高负荷或血流限制的下肢抗阻训练可以显著提高未训练上肢的力量，适应包括单一上肢肌肉群（如肘屈肌）或多个肌肉群（如躯干和上肢）。
- 单独进行下肢抗阻训练可以显著增强未训练上肢的力量，但目前仍缺乏证据表明单独进行上肢抗阻训练能够提高下肢力量。

编译来源：Curovic I, Rhodes D, Alexander J, et al. Vertical strength transfer phenomenon between upper body and lower body exercise: Systematic scoping review. Sports Med. 2024 Aug;54(8):2109-2139.

编译：邓鉴峰

不同抗阻训练组别类型对神经肌肉表现的急性影响

抗阻训练广泛用于提高力量并促进肌肉增长。为最大化这些适应性改变，训练计划中通常采用一些策略，即所谓的抗阻训练类型。抗阻训练类型通过控制多个急性变量（如训练强度、训练量、动作选择、动作顺序、肌肉激活时间和训练间歇等），来避免力量和肌肉增长停滞。抗阻训练类型中，最常见的包括传统组、金字塔组和递减组：

- 传统组，也称为多组系统，由多个负荷相同的训练组构成，是抗阻训练从业者最常使用的系统。
- 金字塔组，金字塔组是指在每组训练间降低负荷并增加重复次数，从而增加整体训练量。
- 递减组，广泛应用于有抗阻训练经验的人群，指在完成一组训练后，短暂休息或无休息后，立即进行负荷降低、重复次数增加的下一组训练。递减组通过组内多次重复能够增加代谢应激，因此常被健身爱好者使用。

本研究旨在分析抗阻训练类型对成年训练者神经肌肉表现（上肢和下肢）的急性影响，下肢通过反向纵跳 (CMJ) 测量，上肢通过峰值功率 (peak power, P_{peak}) 和峰值力（peak force, F_{peak}）评估（**图 1**）。

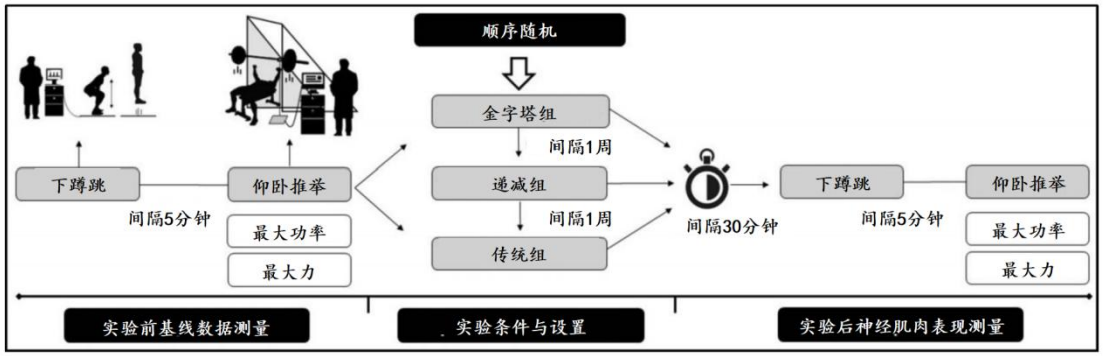

图 1 实验整体流程设计

一、研究结果

1. 递减组

- CMJ 表现显著下降-6.7%，上肢表现（W_{peak} 和 F_{peak}）分别显著下降-3.8%和-4.1%；
- 递减组的训练导致下肢（CMJ）和上肢（Wpeak 和 Fpeak）表现显著下降。

2. 金字塔组

- CMJ 表现显著下降-1.9%，上肢表现（W_{peak} 和 F_{peak}）无显著变化；
- 金字塔组的训练仅导致下肢（CMJ）表现下降，而上肢表现无显著变化。

3. 传统组

- CMJ 与上肢表现（W_{peak} 和 F_{peak}）均无显著变化。

二、实践应用建议

- 不同抗阻训练类型训练策略会产生不同的急性反馈，且下肢和上肢（最大功率和最大力）表现下降幅度存在显著差异。因此，为维持整个训练周期的负荷总量，在每节训练课上达到运动表现标准至关重要。
- 弱化这些反馈的适应性系统可能不是最佳选择，因为此类策略需要更长的恢复周期，可能导致对同一肌肉群的训练频次降低。
- 不过，反馈的性质似乎与肢体部位密切相关，金字塔组仅影响下肢，而递减组则同时影响上肢和下肢。这似乎是一个减少训练课间所需恢复时间的有效策略。
- 但也要注意，尚无研究采集传统组训练后 24 至 48 小时的神经肌肉表现数据，因此仍需对此保持谨慎态度。

编译来源: Costa BDV, Ferreira MEC, Gantois P, et al. Acute effect of drop-set, traditional, and pyramidal systems in resistance training on neuromuscular performance in trained adults. J Strength Cond Res. 2021 Apr 1;35(4):991-996.

编译：李晨曦

提升最大力量的最低抗阻训练有效训练量

提升 1RM（最大力量）对于运动员和健身爱好者至关重要。其不仅能增强运动表现、降低受伤风险，还与多种健康指标密切相关。多关节运动，如力量举（包括深蹲、卧推和硬拉），因其在提升全身肌肉力量方面的高效性而被广泛采用。然而，关于提升 1RM 力量所需的最低有效训练量，尤其在力量举项目中的研究，仍未有明确的文献支持。本文旨在量化训练有素的男性在深蹲和卧推方面，提升 1RM 所需的最低有效训练量，并探索训练频率和训练量等因素对 1RM 增益的影响。共纳入了 6 项符合标准的研究。这些研究主要对训练频率、每周和每次训练的组数和重复次数以及训练强度进行了描述，随后进行了荟萃分析以评估最低训练量组的 1RM 增益。

一、研究结果

- 高水平抗阻训练经历的男性，每周训练频率为 2-3 次，每次训练 1-3 组，每组重复 6-12 次，训练持续 8-12 周，强度为 1RM 的 70%-85%，均能显著提升深蹲和卧推的 1RM。
- 最低训练量组的总 1RM 提升约为 12.09 公斤，其中深蹲 1RM 增加 17.48 公斤，卧推 1RM 增加 8.25 公斤。
- 各研究的偏倚风险较低，方法学质量较高。

二、实践应用建议

- 每周训练 2-3 次，每次进行单组高强度训练（6-12 次，70%-85% 1RM）可以显著提升深蹲和卧推的 1RM，尽管其效果属于“次优”。这为时间有限的运动员提供了更多灵活性，尤其在维持力量或赛季调整时。
- 然而，尽管低量训练有效，长期来看，较高训练量仍可能带来更大收益，特别是对于高水平运动员。
- 现有的强度-训练量关系模型（如“倒 U 型曲线”理论）支持更高训练量带来更大适应性提升。此外，本研究主要针对男性，且未涉及硬拉，无法确定这种训练方法对女性、年长者或高水平运动员的适用性。

- 此外，最新的“自我调节训练”理论与低量训练理念呼应，强调高强度、低量训练的灵活性，但其对高水平运动员的效果还需更多数据支持。

三、未来研究思考

- 低量训练是否应作为赛季期间或恢复期的策略？低量训练为赛季期间的维持和恢复提供了有效选择，但在长期力量提升和比赛准备上，可能不如高量训练。
- 低量训练是否适用于女性、青少年或高水平运动员？不同群体的适应性差异可能限制了这一方法的普遍适用性，尤其是在女性和青少年群体中，未来应进一步研究其效果。
- 未来训练指南应如何与个性化、灵活化接轨？结合“自我调节训练”和分阶段训练，低量训练可用于恢复期或体能管理，但高水平运动员可能需要更高训练量来达到最佳表现。

编译来源：Androulakis-Korakakis P, Fisher JP, Steele J. The minimum effective training dose required to increase 1rm strength in resistance-trained men: A systematic review and meta-analysis. Sports Med. 2020 Apr;50(4):751-765.

编译：邓盛基

训练备战

垂直与水平训练对篮球运动员变向速度提升效果比较

在篮球运动过程中，无论是否持球，都包含爆发性动作，如加速、减速、变向和跳跃。变向是一项复杂的运动技能，涉及多方向力的作用，并且快速完成变向对篮球运动员至关重要。本文旨在探讨不同训练干预对成年男女篮球运动员变向表现的影响，并根据训练中的力的方向（垂直、水平或复合[垂直结合水平]）进行分类。其次，确定训练干预中的主要力的方向，并探讨其对变向表现的影响程度。此外，对具体的方向上的训练提供实用性建议，以支撑教练员和运动员的训练计划和决策。本文最终纳入 16 篇文献，共 21 项报告分析了力的方向对变向表现的影响。

一、研究结果

- 3 个力方向上的训练都能提升变向速度 (ES=-0.47 [95% CI -0.57, -0.36])；
- 复合训练对变向速度的提升幅度最大（ES=-0.91 [95% CI -1.27, -0.55]）；
- 提升幅度其次的是垂直训练（ES = -0.45 [95% CI -0.70, -0.20]];
- 水平训练的研究最少，提升幅度最小（ES = -0.10 [95% CI -0.14, -0.07]]。

二、总结与实践应用

- 复合垂直与水平训练可能是最理想的，其提供了更多方向上的刺激，更好地为运动员应对比赛中的复杂变向提供基础。
- 无论采用哪种训练方法，力的方向是提高多方向动作（如变向）表现的关键因素。建议采用垂直与水平方向的复合训练，以帮助运动员更好地应对真实比赛情境。
- 此外，建议采用为期 6 周、每周 3 次的训练计划，这足以优化篮球运动员的变向表现。
- 增强式训练是提高运动员变向表现的最佳方式，但若能将其与其他训练方式（如力量、速度、变向技术及不同方向的力训练）相结合，运动员将能够在比赛中更好地适应。

- 最后，根据每位运动员的具体情况，训练计划应侧重于力-速度曲线中最需要的区域。这种个性化的训练方法能够帮助运动员最大限度地提升变向表现。

编译来源：Barrera-Domínguez FJ, Martínez-García D, Jerez-Mayorga D, et al. Vertical versus horizontal training for improving the change of direction speed in adult basketball players: A systematic review and meta-analysis. J Strength Cond Res. 2023 Dec 13.

编译：陶美玲

心理策略

精英运动表现最优化的心理技术训练中所融合的技术手段

各运动与训练科学领域的研究人员及运动队的实践者们都致力于增强和优化精英运动员的表现。其策略涵盖了从预防表现下降到获得并维持最佳竞技状态，旨在实现运动生涯中的重大成就。同时，也包括运动员获得高峰体验（幸福感和满足感）或心流状态（完全沉浸于令人满足且持续获益的体验中）。运动心理学家和团队的心理咨询师/治疗师则主要关注通过心理技能训练来帮助运动员达到最佳表现。在心理技能训练过程中，预期的心理技能结果（如提升注意力焦点）和心理技术的具体实施手段（如目标设定、放松、专注、想象、自我对话、行为与心理生理状态的自我调节）有所区别。在应用研究较少的情况下，亟需寻找并总结更有效的方法和可靠的工具，以融入心理技能训练与干预。本研究的目的是系统综述并总结能够提升心理技能训练有效性的技术手段（包括方法、科技、系统与设备）以期为实践应用提供理论参考。

一、研究结果

- 总体监控指标涵盖心血管（心率、血流量）、呼吸（通气量、呼吸频率）、神经肌肉（肌电图）、皮肤电（皮肤电导水平）、皮肤温度（面部与外周皮肤温度）以及中枢神经系统（神经反馈技术与脑电图的脑部活动）；
- 此外，还通过运动专项表现结果、任务期间的行为变化及训练效果进行衡量；
- 与表现相关的心理特征包括认知（如注意力焦点、注意力控制）、情感（如心情、焦虑）与行为（如表现时间、视觉行为）；心理生理状态则主要与唤醒水平及其调节相关；
- 这些融入运动心理学实验设计的技术包含了三层意思，包括识别、监控和干预功能的实际操作整合、技术手段与测量的结合，以及技术手段与理论框架和心理干预的结合；

二、总结与实践应用建议

- 技术手段对获得最佳运动表现具有重要作用。与心理技能训练之间相辅相成，可帮助更好地识别、监控和优化运动表现。应用上述策略能帮助运动员调整心理状态和基础的心理生理过程，以便更有效地发挥其潜力。
- 本研究侧重总结技术手段结合心理技能训练的使用情况，而受限于研究数量，对于心理技能训练本身的内容较少展开。基于心理层面的干预研究，射击等个人项目目前开展更多。在相对封闭环境下，高水平运动员更多可能是与自身进行比赛，需要强大的心理状态和自我调节能力，以保证技能的稳定发挥。开发针对性的心理技能训练，对于其他不同的项目和情境，仍然具有广阔的研究和应用前景。
- 技术手段不仅包括科技产品本身，还涵盖实施方法、系统和环境等。未来研究应继续探索“人-任务-环境”交互作用，结合理论框架与实践细节，进行最优组合，分析并利用技术手段带来的丰富信息。
- 技术手段是为人所用的工具，而非研究的驱动者。增强队伍工作人员的相关知识很重要，尤其是技术的机制和原理。随着技术革新的迅速发展，设备层出不穷，应避免盲目采用所有技术手段，避免机械组合或照搬进行研究，以免引发信息过载带来的不良后果，尤其当研究对象是高水平运动员时。而指标的“增维”，误差可能会增大。
- 目前针对脑、眼、皮肤等诸多技术设备可能仍无法胜任剧烈运动以及大量出汗的环境的试验设计时，会牺牲一些运动专项的代表性因素和真实情境信息，测试过程更多为前后测或任务期间的间断观察。然而，任务期间的实时监控和连续记录，仍需深入研究。

编译来源：Sieka ń ska, M., Bondár, R.Z., Fronso, S.D., et al. Integrating technology in psychological skills training for performance optimization in elite athletes: A systematic review. Psychology of Sport and Exercise, 2021, 57, 102008.

编译：卞超

恢复策略

运动后恢复：冷疗与加热的周期化方法

竞技体育对体能能力的需求日益增长，其进一步加剧了运动员的体能和心理负荷。由于需求的增长和恢复能力提升的重要性，运动员开始投资于个性化的支持方案，以加速恢复。训练引起的压力在人体不同机体系统内部和之间的恢复时间可能有所不同。许多支持恢复策略的积极证据主要表现在增强了运动员对恢复的主观感知，但其对疲劳程度的客观改善可能有限。传统研究通常专注于单一恢复干预的效果，而在实际应用中，由于有多种恢复策略可供选择，运动员通常会以不同顺序组合多种干预措施，其中一些策略的有效性尚未得到验证。

一、不同恢复策略的应用效果

1. 压力与干预相匹配：基于监测的实践

- 从长期适应的角度来看，持续使用单一干预措施可能存在劣势；
- 基于个体症状、身体疲劳系统、外部负荷或对压力的反应来制定周期性策略，可能是更优的选择；
- 监控恢复情况或对训练负荷的反应，将有助于了解运动员实时承受的生理与心理压力。

2. 温度衍生方法周期性冷却和加热

- 冷疗的目的是降低深层肌肉温度，从而减少受影响肌肉部位的血流量和代谢活动，减轻二次损伤。重复应用或延长冷疗时间可有效降低深层肌肉温度，进而减少二次损伤的扩展；
- 热疗（如热水浸泡）在运动恢复中的研究较为有限，尽管许多运动员在实践中经常使用。但有研究表明，加热可以促进局部血液循环，加速代谢物的清除与恢复。

二、总结与实践应用框架

- 研究表明，长时间冷疗是最有效的干预措施。之后，为了促进代谢副产物的清除与运输，并调节细胞修复、血流动力学和底物再合成，建议通过桑拿、微波透热、注水服装、热水浸泡或蒸汽/热片等方式进行加热。
- 冷疗与热疗应根据外部负荷需求进行选择，并合理匹配，以避免对适应产生不利影响。
- 周期化和系统化的恢复过程，以及与生理系统相匹配的体温调节策略，应被视为促进运动员恢复的关键框架。
- 下图提出的框架（图 1）可根据代谢疲劳程度进行个性化指导，因此，调节组织温度不仅仅是一种个性化的恢复手段。当负荷或疲劳监测反应有限时，建议采取周期性策略，不仅有助于巩固训练期间的恢复，还能增强适应能力。

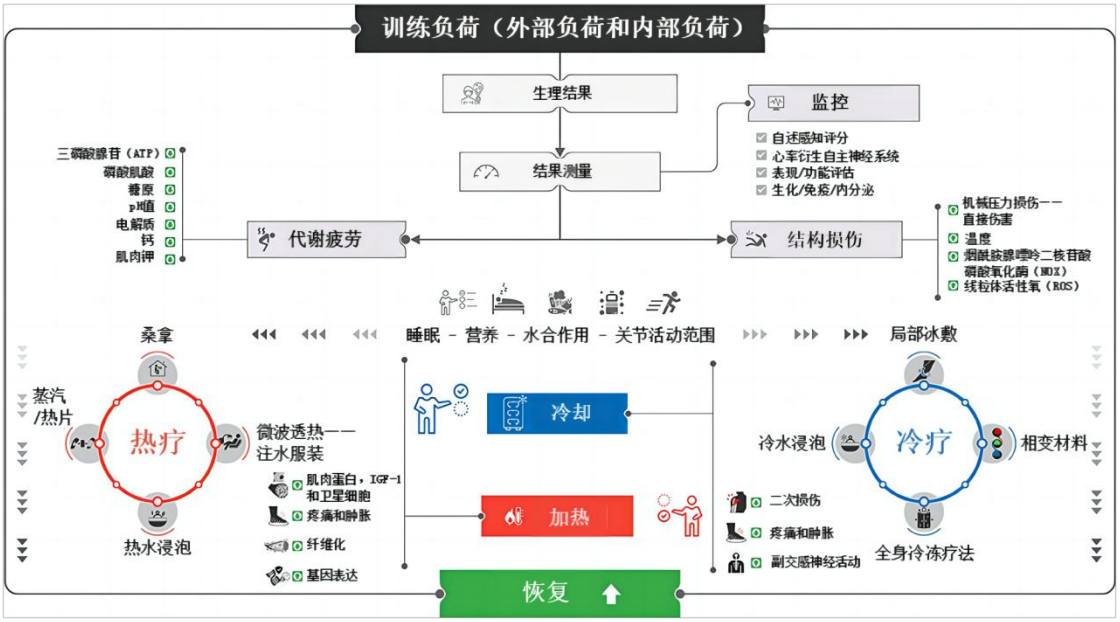

图 1 增强运动员恢复能力的实用框架

- 负荷-压力反应结果测量包括外部和内部指标，如自我报告[延迟性肌肉酸痛、感知疲劳、睡眠质量]、源于心率的自主神经系统指标[心率变异性、心率恢复、次最大心率]、表现/神经肌肉功能评估（力-时间曲线、偏心、向心和等长收缩）、以及生化/免疫/内分泌指标（如肌酸激酶等）。上述数据有助于区分生理疲劳系统的不同限制因素。

- 结构损伤的因素包括机械应力、直接损伤、温度升高、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸氧化酶和线粒体活性氧；代谢疲劳的因素包括三磷酸腺苷、磷酸肌酸、糖原、PH 值、电解质、钙和肌肉钾离子浓度的波动。
- 在实施基础恢复策略（如优化睡眠、营养补充、水分摄入及关节活动度恢复）之后，可应用冷疗（如局部冰敷、相变材料、冷水浸泡或全身冷冻疗法）和热疗（如桑拿、微波透热注水服、热水浸泡或蒸汽/热片）。
- 上述策略可系统性或独立地应对压力，从而帮助减轻结构损伤（如二次损伤、肌肉酸痛、肿胀、副交感神经再激活）以及代谢疲劳（如肌肉蛋白变化、卫星细胞反应、酸痛、肿胀、纤维化、坏死及基因表达）。

编译来源：Thorpe RT. Post-exercise Recovery: Cooling and heating, a periodized approach. Front Sports Act Living. 2021 Sep 1;3:707503.

编译：武凡超

耐力运动员训练和比赛后的恢复策略

竞技表现的提高源自长期持续训练刺激引发的适应。为了优化这种适应，训练后充分恢复十分必要。恢复不足会带来许多消极影响，如运动后糖原储存速率下降、炎症反应、代谢紊乱，长此以往将导致运动损伤、疾病以及非功能性过度训练。因此，恢复对于训练负荷高的耐力运动员尤其重要。本文旨在总结耐力运动员训练和比赛后的各类恢复策略的有效性。

一、恢复评价指标

1. 运动表现相关的指标

- 跑台或自行车测功仪上以恒定强度运动至力竭的时间
- 反向跳
- 跑步经济性

2. 生理适应相关的指标

- 血乳酸浓度
- 摄氧量
- 最大摄氧量
- 心率
- 肌酸激酶

3. 身体感受相关的指标

- 主观疲劳度
- 肌肉酸痛程度

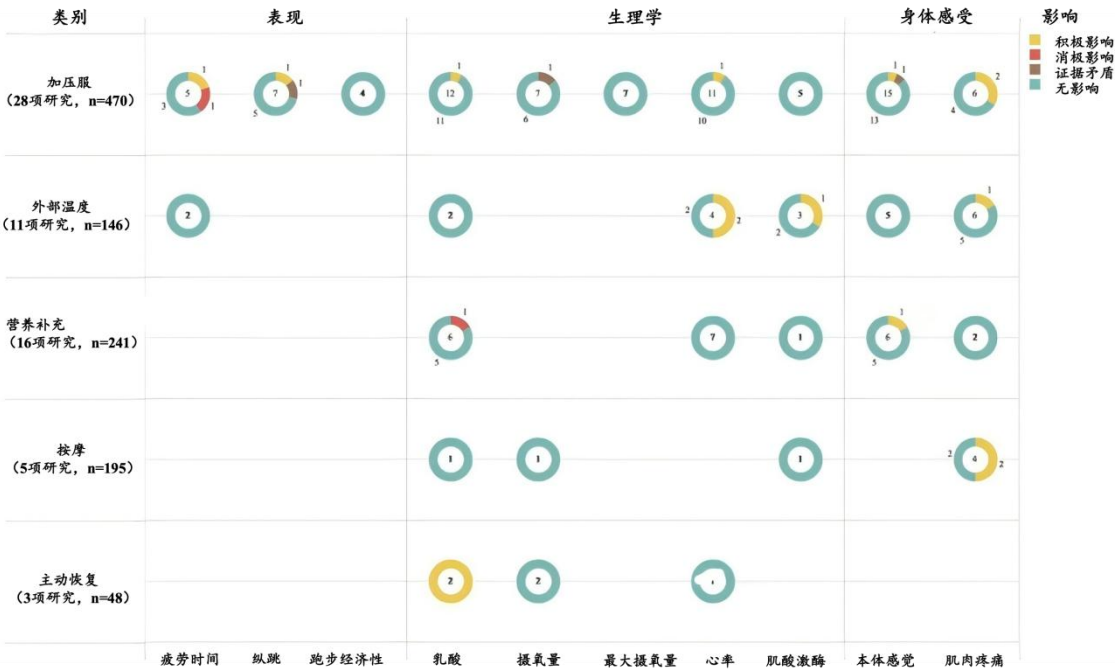

图 1 不同恢复策略对耐力运动员影响的总结

二、不同恢复策略

1. 被动恢复策略及其效果

- **冷冻疗法**：包括全身冷冻治疗、局部冷却、冷水浸泡身体、冷热交替浸泡身体以及使用冰袋。其有效性喜忧参半。尽管有研究表明其对耐力运动后心率、肌酸激酶、减轻肌肉酸痛感具有积极作用。然而，也有研究表明冷水浸泡对恢复的积极影响可以忽略不计，还有一篇综述表明冷冻疗法危害身体健康，但这些发现是基于非耐力运动员。定期应用全身冷水浸泡时应谨慎，因为过度暴露在极低温度下（例如冰浸）可能对训练适应造成危害；

- **压缩服**：包括长筒袜、及膝短袜/腿套、臂套、全身压缩服、梯度压缩服和紧身上衣。压缩服对恢复具有从边际效益到较大作用不等的效果。例如，有研究表明使用加压服可降低运动后 1 分钟的乳酸浓度。加压裤的脚踝、小腿和大腿压力分别为 18.0 mm Hg、12.6 mm Hg 和 7.2 mm Hg，结果显示对反向纵跳和本体感觉有显著改善；

- **其他被动恢复策略**：包括按摩、营养补充，其对运动表现和生理相关指

标具有显著积极影响。在营养方面，常用的补剂是牛奶、优质蛋白、碳水化合物、抗氧化剂等。其中碳水化合物和姜黄素更有益于训练后的恢复，石榴对耐力和力量素质的提升更加有益。此外，按摩能缓解肌肉酸痛。虽然上述策略在生理和运动表现方面的研究没有正向结果，但是按摩和营养补充可能更多的是缓解心理疲劳。

2. 主动或积极恢复策略及其效果

- 包括训练后低强度跑步、骑行、游泳，或动态拉伸、滚泡沫轴、睡眠；
- 低强度活动可以促进恢复，与被动休息相比，主动恢复策略对运动后的血乳酸有着积极影响；
- 滚泡沫轴应放在训练前与动态拉伸相结合。滚泡沫轴对缓解肌肉紧张和延迟性肌肉酸痛的效果很明显。
- 睡眠是积极恢复中最受欢迎且最有效的。

三、实践指南

1. 多方式组合以实现最佳恢复

- 通过多方式组合来实现最佳恢复效果。例如，全身冷水浸泡和按摩组合可以更好地降低次最大强度运动后的血乳酸浓度。

2. 考虑专项需求遴选适宜恢复

- 从恢复相关变量来看，不同恢复策略在的益处并不一致。例如，压缩长筒袜对跑步项目有积极效益，但尚不清楚是否可以转化到其他耐力项目。因此，选取恢复策略要考虑运动员专项需求。

3. 充分考虑安全风险与实际功效

- 应用冷冻疗法要警惕相应安全风险和负面效果。例如，过度暴露在非常低的温度下可能对于训练适应而言是有害的；
- 一些恢复策略主要作用于心理层面而非生理。例如，通常来说按摩具有短期心理上的安慰剂作用。

4. 其他注意事项

- 通过常用的运动表现、生理、感受相关指标及时量化疲劳和恢复状态；
- 考虑应用恢复策略时机，即什么时候进行恢复能取得最佳效果；
- 根据运动员的反应来个性化优化他/她们的恢复。

编译来源： Li S, Kempe M, Brink M, et al. Effectiveness of recovery strategies after training and competition in endurance athletes: An umbrella review. Sports Med Open. 2024 May 16;10(1):55.

编译：王嘉鑫

负荷监控

临界功率：运动测试与处方的新范式

最大摄氧量（VO_2max）被广泛应用于评估运动员的氧输送与利用能力，其是决定耐力运动表现的关键指标。然而，一些精英长跑运动员即使 VO_2max 并不特别高，仍然取得了历史性胜利，这表明除 VO_2max 之外，其他生理指标也在耐力运动表现中起到了关键作用。长期的运动实践经验也支持这一观点：通过训练，VO_2max 的提升幅度有限，而高强度运动表现却可以更大幅度显著提升。临界速度或临界功率（critical power，CP）被认为是解释这一差异的潜在指标。CP 是区分重度（可持续）和剧烈（不可持续）运动强度的分界线。当运动强度超过 CP 时，血乳酸浓度逐渐上升到无法承受的水平，氧气消耗也接近 VO_2max，运动维持的极限时间公式：力竭时间 = W’ / (P - CP)。

一、基于临界功率的训练强度控制

- 近期研究显示，基于 CP 和气体交换阈值（GET）进行训练强度控制，可以减少不同个体在训练适应和生理反应上的差异；
- 传统基于 VO_2max 的训练强度划分：中等强度，小于 55%VO_2max；重度，55%至 77%VO_2max；剧烈，77%至 85% VO_2max；
- 基于 CP 和 GET 的训练强度划分：中等强度，小于 90% GET；重度，50% Δ（即 GET 与 CP 之间）；剧烈，110% CP。
- 有 70%的受试者在按传统方法划定的“重度”强度进行运动时，其摄氧量和血乳酸浓度逐渐达到了“剧烈”强度范围，并最终力竭。相反，以 CP-GET 划分强度区间时则不存在这种情况。
- 采用基于 CP 和 GET 划分的强度进行“剧烈”区间的训练时，不同受试者的峰值和平均血乳酸浓度差异更小。

二、实践与总结

- 基于临界功率的训练强度划分能够更“标准化”地控制运动员的生理反应及训练适应性；

- 许多先前的研究通过让受试者以固定的 VO_2max 百分比（通常为 75％至 80％）进行高强度运动。
- 这导致某些受试者实际处于“重度”强度区间（即摄氧量和乳酸浓度稳定，力竭时间> 30 分钟）。
- 然而，另一些受试者处于“剧烈”强度区间（即达到 VO_2max，乳酸浓度超过阈值，力竭时间 ＜20 分钟），两组受试者表现出截然不同的生理反应。基于 CP 的运动处方能够避免这种现象的发生；
- 基于 CP 的运动处方能够避免这种现象的发生。在“剧烈”强度区间内，可以通过参考无氧储备（W’）的消耗来进一步减小受试者之间的差异。

编译来源：Poole DC, Jones AM. Critical power: a paradigm-shift for benchmarking exercise testing and prescription. Exp Physiol. 2023 Apr;108(4):539-540.

编译：王宇航

抗阻训练能量消耗测试方法:系统综述

抗阻训练在运动员备战与康复过程中被广泛应用, 并且是影响营养管理的关键因素。合理地量化抗阻运动的能量消耗可以为运动员的营养管理提供有效参考。本文对 166 篇关于抗阻训练能量消耗测试方法的研究进行了梳理与总结, 旨在系统评估不同的抗阻训练能量消耗测试方法。

一、间接测热法

- 在纳入的 166 篇文献中, 有 136 项研究采用间接测热法来估算能量消耗。
- 间接测热法虽是评估稳态运动中有氧代谢消耗的有效方法，但难以量化抗阻训练中糖酵解供能对能量消耗的影响。
- 目前，有研究正尝试量化无氧代谢对抗阻训练能量消耗的贡献。

二、血乳酸分析法

- 通过计算血乳酸浓度每升高一个单位所消耗的能量，可以根据运动前后血乳酸浓度的变化来估算糖酵解过程的能量消耗。
- 但是，由于测量的血乳酸浓度只是肌肉生成血乳酸浓度的近似值，该方法可能存在一定误差。

三、可穿戴式监测仪

- 尽管可穿戴设备具有易获取和易用的优势，但其在抗阻训练环境中精确量化能量消耗的能力有限。
- 量化能量消耗时，应慎重使用这些设备，特别是对于具有显著变异性的商用设备。

四、代谢当量法

- 根据抗阻训练的性质，采用的代谢当量值为 3.5~6.0，同时对受试者的能量消耗进行回归分析。
- 代谢当量法和回归分析均依赖间接测热法估算能量消耗，因此其准确性较为有限。

- 此外，抗阻运动的代谢当量值不能解释能量消耗的不同主要受到肌肉激活程度变化的影响。

五、总结与实践应用建议

- 抗阻训练的能量消耗在很大程度上将依赖于估计值。
- 在抗阻训练中，结合运动前后血乳酸测定与运动后即刻的间接测热法，可能是评估抗阻训练总能量消耗最有效的手段，能够综合考虑不同供能系统对能量消耗的贡献。
- 代谢当量法可能是现实中最容易实施的能量消耗测量方法。
- 尽管上述方法都得到了认可，但迄今为止没有公认的标准来量化抗阻运动的能量消耗。因此，这一领域仍需进一步探索，以建立抗阻训练能量消耗的准确量化体系。

编译来源：Mitchell L, Wilson L, Duthie G, et al. Methods to assess energy expenditure of resistance exercise: A systematic scoping review. Sports Med. 2024 Sep;54(9):2357-2372.

编译：戴思雨

提示：

如需进一步信息，请联系总局科技助力专家组。

联系人：郭迎清

联系电话：（010）87182528

主　　编：陈志宇　曹景伟　　副主编：张　涛　杨　杰　赵杰修

执行主编：程　谦　李海鹏　　编　委：陈小平　黎涌明

地　　址：北京体育馆路 11 号 国家体育总局体育科学研究所　　邮　编：100061

电　　话：010-87182561　　传　真：010-87182600