

国际竞技体育科技前沿

2024 年 12 月

第 11 期

总第 11 期

目 录

1. 负荷调控	多少才算过量：国际奥委会关于赛训负荷与疾病风险的共识声明	1-2
	从组织到系统：什么才是对负荷的适当响应	3-5
	训练质量：定义与提升策略	6-9
	肌肉力量训练：监测与调整训练强度的方法	10-12
2. 训练方案	传统强度指标 vs. 生理阈值训练：何者有氧能力收益与训练反应率更优？	13-15
	动态力量指数：与常见运动表现变量的关系以及训练建议的情境化	16-18
	间歇训练期间氧气利用率越高，骑行运动表现的提升越大	19-21
3. 疲劳管理	高山滑雪中疲劳诱导的力量输出、滑行轨迹和运动表现变化	22-24
	脑耐力训练提升职业足球运动员的体能、认知和多任务表现	25-26
4. 可视化图	精英耐力运动员如何体验与管理运动引发的疼痛	27

国家体育总局科教司

国家体育总局科学研究所

合编

负荷调控

多少才算过量：国际奥委会关于赛训负荷与疾病风险的共识 声明

当代精英运动员面临着日益增加且紧凑的竞赛日程，导致训练和比赛的负荷均有所增加。这可能导致表现下降，增加损伤风险，并引发急性疾病和过度训练综合征。此外，频繁和长时间的国际旅行也会增加运动员的患病风险。研究表明，在持续时间少于4周的国际性比赛中，6-17%的参赛运动员会遭遇疾病，尤其是女性运动员；冬奥会的患病率高于夏奥会。50%的疾病发生在呼吸系统，其余常见疾病则涉及消化系统、皮肤、皮下组织和泌尿系统。急性传染性疾病预防同样会导致运动表现下降，主要表现为肌肉萎缩、神经协调能力损伤、肌力下降、最大摄氧量和有氧耐力下降等。因此，国际奥委会召集专家开展了关于负荷（如训练与比赛负荷变化、日程紧密、心理负荷及旅行）与运动健康关系的共识研究。

一、研究结果

- **训练负荷与疾病风险：**训练负荷与患病风险呈“S”形关系，即赛训负荷低时，患病风险中等；赛训负荷中等时，患病风险低；而赛训负荷高时，患病风险位于“中等”与“低”之间。
- **比赛负荷与疾病风险：**少数研究表明，参与比赛的次数与患病风险呈正相关，有关机制尚需进一步研究。
- **国际长途旅行与疾病风险：**国际长途旅行可能会增加患病风险。一项研究表明，在橄榄球运动员中，长途旅行超过4个时区，患病风险则会提高2-3倍。
- **心理负荷与疾病风险：**当运动员面临非比赛的压力、失眠或其他心理应激时，患病风险（尤其是免疫系统）的可能性也会随之提高。

二、总结与建议

- 运动员的健康不仅受到训练和比赛负荷的影响，长途旅行和心理负荷也在一定程度上增加了患病风险。因此，合理调整训练负荷、减少过度比赛、有效管理旅行时间和心理压力，对于预防运动员疾病具有重要意义。
- **建立负荷监控系统：**为不同运动项目和运动员个体建立个性化的负荷监测系统，确保及时识别过载风险。通过动态调整负荷水平，优化运动员表现和健康状况。
- **负荷、恢复与疾病关系：**研究训赛负荷、恢复时间与疾病发生的量效关系，明确个体负荷临界点。这有助于制定更科学的训练与比赛安排，降低运动员的疾病风险。
- **国际旅行与风险管理：**探讨时差和失眠对运动员健康的影响，制定个性化的预防措施。加强对跨时区旅行的管理，减少旅行对运动员健康的负面影响。

编译来源：Schwellnus M, Soligard T, Alonso JM, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. Br J Sports Med. 2016;50(17):1043-1052.

编译：邓鉴峰

从组织到系统：什么才是对负荷的适当响应

最佳训练负荷是指通过设计合适的运动刺激，以促进组织的积极适应、帮助康复患者恢复功能，并提升健康运动员的运动表现。最佳训练负荷的确定需要对负荷的响应进行监控，那么，什么才构成对负荷的正常响应呢？在组织（肌肉、肌腱、骨骼、软骨）和系统之间又存在哪些差异？本篇综述探讨了各组织（肌肉、肌腱、骨骼、软骨）在训练负荷刺激下的典型反应，以及阐述了训练强度、容量、频率与组织适应之间的复杂交互关系。在训练实践时，需要建立“从组织到系统”的观念、对不同训练负荷引起的响应建立正确的理解。

一、不同负荷引发的不同适应

与组织的适应类似，特定系统的发展也需要针对性的运动刺激。缺乏足够强度的训练负荷将无法有效刺激无氧代谢系统，并调动快肌纤维的参与，而频繁的高强度训练可能会使恢复和有氧适应受限。设计训练时需要考虑到运动专项（例如速度）和生理特征（例如力量和功率）之间的复杂负荷响应关系，以及训练容量、强度和恢复之间的时间特征。

1. 耐力训练的适应特征

耐力训练通过增强心血管系统和骨骼肌的适应来提高运动表现。高强度训练（如冲刺间歇训练）有助于提高线粒体的呼吸功能和氧化能力，而低强度的长期训练则能增加骨骼肌的线粒体含量，进一步提升耐力。

2. 力量训练与肌肉的适应特征

在力量训练的早期阶段，力量的改善主要源于神经适应，包括运动单位的募集和同步增强。长期训练则会导致肌肉横截面积增加、肌纤维角度变化，进而增强力量。研究表明，高重量训练（ $>60\%$ 1RM）相比小重量训练，能够更有效地提升最大力量。

3. 肌腱对训练刺激的适应

肌腱组织对力学环境非常敏感，受训练刺激后胶原蛋白的合成增加，最终增强肌腱的刚性。研究表明，较大的肌肉收缩强度（ $>70\%$ 1RM）和长期（12周）

的训练能更好地增强肌腱适应性。针对肌腱的训练间隔至少应为 24 小时，以防止胶原蛋白的流失和运动损伤。

4. 骨骼对训练刺激的适应

骨骼通过应力负荷产生微损伤，随后通过骨吸收和成骨作用的相互作用，完成骨骼的适应性修复。经常进行力量训练的运动员相比未训练的跑步者和军人，其骨应激损伤的风险较低。通过多向跳跃、着陆和改变方向的训练，有助于增强骨密度。

5. 软骨对训练刺激的适应

软骨组织对机械负荷的适应具有一定的恢复性，通常在短时间内会恢复到基线水平。研究表明，力量训练能增强关节软骨的健康，促进软骨体积的增加和葡萄糖胺浓度的提高，从而维护关节的完整性。

二、总结与建议

- 考虑到组织对特定负荷的广泛反应，医生如何为他们的患者和运动员提供实用的、循证的训练干预措施？基于在急性和慢性运动中发生的基础生理反应和适应，以及预期的负荷反应，以下是给从业人员的一些建议。
- **从组织到系统的整体观念：**在设计运动训练计划时，应考虑从局部（如肌肉、肌腱、骨骼等组织）到系统（如心血管系统、神经系统等）的整体适应，充分了解各个组织和系统在不同训练强度和容量下的恢复时间（图 1）。例如，某些组织的恢复时间可能短至 30 分钟，而有些则需要 72 小时。因此，在安排训练时需要合理安排训练负荷和恢复时间，避免过度训练引发伤病。
- **合理设计高强度训练：**高强度训练是提高运动表现的关键，但也增加了运动损伤的风险。因此，设计高强度训练时需要确保充分的恢复时间，并考虑采取极化训练等策略，帮助运动员规避过度训练的风险。
- **负荷监控和决策支持：**在训练过程中，必须对运动员的训练负荷进行持续监控，记录运动表现和恢复状态，以便做出更加科学和个性化的训练

决策。通过动态调整训练负荷，可以更好地提高运动员的表现，同时降低运动损伤的风险。

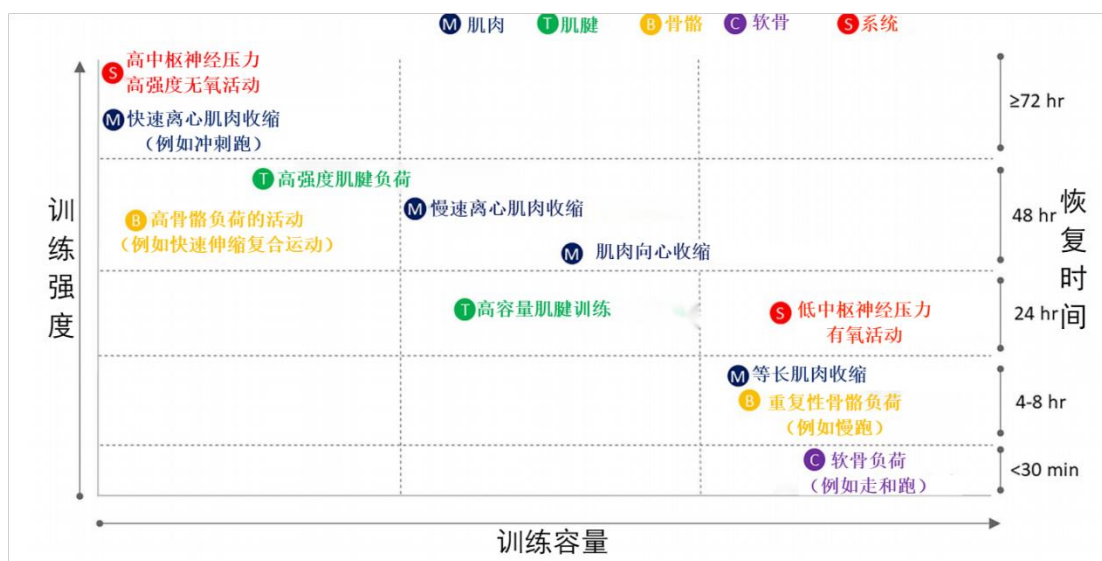


图 1 各个组织和系统在不同训练强度、训练容量下恢复时间

编译来源: Gabbett TJ, Oetter E. From Tissue to System: What Constitutes an Appropriate Response to Loading?. Sports Med. Published online November 11, 2024.

编译: 王宇航

训练质量：定义与提升策略

运动科学已经提供了关于耐力项目优秀运动员训练方式的大量量化信息，特别是如何通过训练负荷（时长、强度、频率）的调整，优化生理适应和表现。然而，教练和运动员认为，训练过程和单次训练执行的质量是成功的关键因素，这一点往往区分了顶尖运动员与其他运动员。

一、什么是训练质量

训练质量是指训练过程中或单次训练执行的卓越程度，其最终目的是优化运动员的生理适应和提高整体表现。训练质量可以从两个维度来理解：

1.整体训练过程的质量

- 这一维度关注的是长期目标设定、差距分析、训练计划的科学性与合理性等方面。
- 有效的训练计划应具有针对性，能通过长时间的积累提升运动员的综合能力。

2.单次训练的执行质量

- 这侧重于每次训练的具体执行情况，尤其是能否达到预期的生理、技术或心理适应目标。
- 每一堂训练课都应有清晰的目标，并在训练过程中不断进行调整和优化。

二、影响训练质量的因素

训练质量受到多种因素的影响，主要包括以下几个方面：

1.运动员的主动性

- 运动员的准备和执行能力是确保高质量训练的基础。
- 充足的睡眠、合理的营养、有效的热身等因素都是确保训练质量的前提。
- 此外，运动员的反馈能力也是至关重要的，运动员应通过自我反思、修正训练中的不足，持续提升。

2.良好的环境与关系

- 任务导向的学习环境及教练员与运动员之间良好关系对训练成功至关重要。
- 教练不仅是训练的组织者，还应是运动员的支持者和引导者，帮助运动员在训练中保持积极的态度。

3.教练的指导

- 教练在训练过程中不仅要设定目标、制定计划，还要根据运动员的即时状态动态调整训练内容，提供实时反馈。
- 这种互动过程是确保训练质量持续提升的核心。

三、如何评估训练质量

训练质量的评估主要可以分为三个方面：

- 身体：包括运动员的体能、耐力、力量等生理指标。
- 技术：评估运动员技术动作的完成情况，如技术规范性、动作流畅度等。
- 心理：包括运动员的专注力、情绪管理以及心理适应能力。

评估方法应结合定性和定量指标，既有对训练过程的主观评估，也有通过数据分析来监控和调整训练目标。

四、如何提升训练质量

提升训练质量应通过一个循环学习过程来实现，这一过程包括三个阶段：

1.规划与准备

- **明确训练目标：**每次训练都需要有清晰的目标。
- **选择训练方式与工具：**根据目标选择合适的强度、场地和器材。
- **心理与身体准备：**运动员应在训练前调整心理状态，同时确保充足的能量储备。

2.训练执行

- **动态调整训练任务：**根据运动员的即时状态调整强度。
- **实时反馈与修正：**教练需基于数据（如心率、乳酸水平）和技术表现及时指导。
- **聚焦核心任务：**运动员需专注于训练目标，避免“无效努力”。

3.总结与评估

- **即时总结：**训练结束后立即回顾训练是否达到预期目标。
- **评估训练质量：**从体能、技术和心理三个维度分析差距。
- **优化后续训练：**根据总结结果动态调整长期训练计划。

这一循环学习过程强调了运动员、教练和团队之间的高度互动，并通过持续改进实现训练质量的优化（图1）。

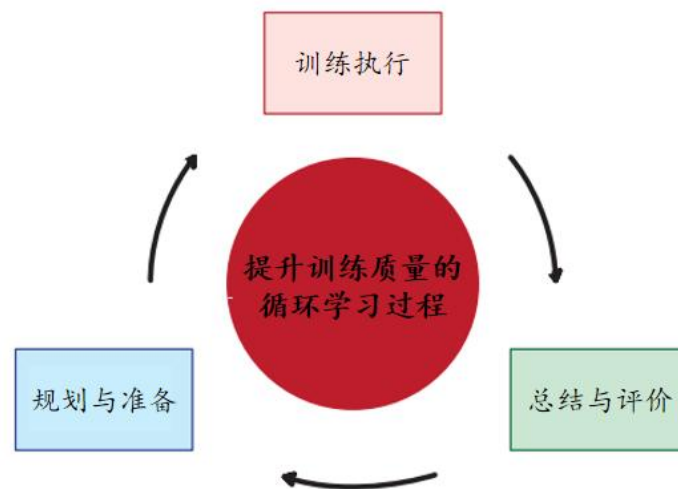


图1 循环学习示意图

五、总结与建议

许多优秀教练员已在训练实践中积累了丰富的经验，但在科学化、系统化的训练质量提升方面，仍有很大发展空间。以下是几点建议：

- **加强科学化训练设计：**借助数据支持，优化训练目标、内容和负荷，使训练过程更具科学性和针对性。

- **重视训练中的心理因素：**培养运动员的专注力和自主性，帮助其应对训练中的心理挑战。
- **动态调整训练计划：**根据运动员的即时状态和外界因素灵活调整训练内容，确保训练的可持续性和高效性。
- **构建高效的团队合作机制：**通过训练伙伴、辅助人员、数据分析等手段，形成协同合作的训练环境，进一步提升训练质量。

编译来源: Bucher Sandbakk S, Walther J, Solli GS, Tønnessen E, Haugen T. Training quality—what is it and how can we improve it? *Int J Sports Physiol Perform.* 2023;18(5):557-560.

编译: 武凡超

肌肉力量训练：监测与调整训练强度的方法

在力量训练领域，如何科学有效地监测和调整训练强度一直是关键问题。合理的训练强度监测与调整能够确保训练效果的最大化，同时降低过度训练和受伤的风险。不同的监控方法各有优劣，其适用性也因运动员的经验水平等因素而异。

一、训练强度监测与调整方法

不同的训练强度监测方法和负荷调整策略各有优缺点：

1. 线性加载

- 简介：通过逐渐增加训练负荷（例如重量）来提升最大力量。通常，训练负荷会在一段时间内按固定比例或数量增加。
- 适用性：对初学者有益，能迅速提高力量和耐力，尤其是在训练初期阶段。然而，长期使用可能导致训练停滞或过度训练，因为缺乏负荷的变化，运动员的身体适应能力逐渐减弱。

2. 二对二规则

- 简介：在连续两次训练中，每次训练中超过设定目标的重复次数后，增加负荷。
- 适用性：适合新手或初级运动员，通过增加负荷快速提高肌肉力量。然而，使用不当可能导致训练过度，并忽视运动员的技术动作和相对强度问题。

3. 一次最大重复百分比法 (1RM%)

- 简介：根据运动员的 1RM（最大单次重复负荷）来调整训练强度，通常设置为 1RM 的某个百分比（如 70%1RM）。
- 适用性：能够有效调整训练负荷，但由于每个运动员的个体差异，可能导致不同的训练刺激效果。适合需要精确控制负荷的运动员，但对新手可能较难掌握。

4. 重复最大次数区间方法 (RM Zones)

- 简介：通过在特定重复次数范围内进行训练（例如在 5-8 次范围内），训练最大负荷。
- 适用性：可以根据运动员的实时状态调整训练负荷，有助于提高力量和耐力。但训练至力竭可能会导致疲劳管理问题，增加过度训练的风险。

5. 自觉用力程度 (RPE) 与剩余重复次数 (RIR)

- 简介：通过运动员主观的感知来评估训练强度，RPE 反映的是运动员对训练的自觉用力感受，RIR 则表示运动员完成一组后能够再做多少次。
- 适用性：这些方法可以反映运动员的日常训练状态，适合长期监控。然而，由于方法的主观性，可能会出现低报情况，影响负荷的精确调整。

6. 最佳组重复次数百分比法 (SRB)

- 简介：根据运动员的训练表现调整负荷，并寻找最佳的重复次数范围以促进肌肉适应性。
- 适用性：在提高骨骼肌适应性方面比传统的 1RM Zones 更有效，特别适合中高级运动员。但对于初学者来说，负荷的初始设定可能较为困难。

7. 自调节渐进性抗阻训练 (APRE)

- 简介：基于运动员的准备状态调整训练强度，通常通过调整负荷和重复次数来刺激适应。
- 适用性：该方法在促进力量适应方面优于传统的线性加载，但由于训练到力竭，可能会增加疲劳积累，需要精细化管理。

8. 基于速度的训练 (VBT)

- 简介：通过测量运动员在进行抗阻训练时的运动速度来调整训练强度，提供即时反馈，能够根据速度调整负荷。
- 适用性：VBT 能够提高运动员的动力并帮助预测 1RM，适合需要动态负荷调整的运动员。然而，若反馈频率过低或过度追求速度，可能会影响动作技术，且速度-负荷关系的准确性可能受到限制。

二、实践应用建议

1. 新手运动员

- 线性加载和二对二规则是较为适用的，能够迅速提升基础力量。为避免长期使用导致训练停滞，建议结合 RPE/剩余重复次数或 APRE 等较为简单的方法来调整负荷。

2. 有经验的运动员

- 对于寻求小幅表现提升的运动员，可使用 SRB 和 VBT 等方法进行频繁的负荷调整。这些方法能够根据运动员的实时表现和状态调整训练内容，从而帮助其实现更高效的训练。

3. 综合监测方法

- 对于高级运动员或专业训练者，建议结合多种监测（如 1RM、VBT、RPE 等），通过数据反馈与自我感知的结合，全面评估和调整训练负荷。此外，不同类型抗阻训练可能需要不同监测方法来获取更精确训练反馈。

4. 监测工具整合

- 未来训练监测策略应结合结果导向（如速度、负荷、时间等）和过程导向（如变异性、协调性、效率等）的测量方法，能够量化运动学习和技能获取过程。

5. 教练员的角色

- 监测工具应作为教练员辅助工具，而非替代教练的实际指导。教练员需要将运动员的反馈、训练数据与其长期目标相结合，为其提供量身定制的训练方案，从而实现训练强度的科学调整。

编译来源：Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Hornsby WG, Stone MH. Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting Training Intensity. Sports Med. 2021;51(10):2051-2066.

编译：戴思雨

训练方案

传统强度指标 vs. 生理阈值训练：何者有氧能力收益与训练反应率更优？

在耐力训练领域，最大摄氧量（VO₂max）是评估有氧能力和运动耐力表现的核心指标，直接与运动员的竞技表现和健康状况相关。VO₂max 反映了人体在高强度运动中运输和利用氧气的的能力，精英耐力运动员通常展现出极高 VO₂max，与其高水平竞技表现直接相关。VO₂max 提升主要通过耐力训练实现，包括恒定负荷训练与间歇训练，而强度的科学制定也是影响其效果的关键。由于个体对训练的适应性差异显著，部分运动员可能未能从标准训练中充分获益。传统强度锚定（TRAD）通过推荐值百分比在不同强度域（中度、重度、极重度）内设定训练方案，但其急性生理反应和运动耐受性存在较大变异。这种变异可能源于个体随时间经历不同的训练刺激，导致 VO₂max 变化的不均匀性。VO₂max 作为适应性训练刺激的结果，其变化直接反映运动处方的有效性。相比之下，基于生理阈值（THR）划分强度域的方法已被证明能引发更一致的急性生理反应，通过精准界定训练强度以优化长期适应效果、提高 VO₂max 变化幅度、并减少未显著改善个体的比例。本研究旨在探究：(1) 两种强度方案下 VO₂max 的平均变化幅度及超过 1 MET (3.5 mL/kg/min) 临界值的个体比例；(2) THR 组 VO₂max 反应变异性是否显著低于 TRAD 组。上述发现将对优化个体化运动处方和耐力表现的提升具有重要意义。

一、两种强度方案后的有氧能力变化

1. 控制研究组

在对比基于生理阈值 (THR) 和传统强度锚定 (TRAD) 的运动处方对 VO₂max 提升效果时，结果显示：

- **THR 的提升效果显著优于 TRAD：** THR 组 VO₂max 的平均提升为 4.1 mL/kg/min，而 TRAD 组仅为 1.8 mL/kg/min。根据贝叶斯因子，这一结果具有“极强”证据支持。

- **超过最小重要变化值 (MID, 1 MET) 个体的比例:** 在 THR 组, 64%的个体达到了这一标准, 而 TRAD 组仅为 16%。表明 THR 方案显著提高了训练的有效性。
- **VO₂max 变化的变异性:** THR 组 (1.5 mL/kg/min) 与 TRAD 组 (1.7 mL/kg/min) 之间的差异较小, 贝叶斯因子表明这一差异证据较弱 (见图 2)。
- **训练组与对照组 (CON) 之间的比较:** THR 和 TRAD 组合后的训练组 VO₂max 变化的变异性 (1.9 mL/kg/min) 显著高于对照组 (1.3 mL/kg/min), 此结果获得“强”证据支持。

综上, 同期训练不会对最大力量与肌肥大提升产生干扰效应, 但似乎会对爆发力提升产生负面影响。下文将介绍如何规避其对爆发力提升的干扰效应。

2. 非控制研究组

与控制研究一致的结果在非控制研究中也得到了支持:

- **THR 的提升效果显著优于 TRAD:** THR 组的 VO₂max 提升为 4.4 mL/kg/min, 而 TRAD 组为 3.4 mL/kg/min, 此结果获得“非常强”的证据支持。
- **超过 MID 的个体比例:** THR 组预计有 60%的个体 VO₂max 增加超过 1 MET, 而 TRAD 组预计为 47%, 进一步证明 THR 在提升训练效果方面更具优势。
- **VO₂max 变化的变异性:** THR 组 (3.0 mL/kg/min) 与 TRAD 组 (3.2 mL/kg/min) 的变异性差异较小, 贝叶斯因子表明没有显著差异。

二、总结与实践应用建议

- 基于 THR 的运动强度处方在提升 VO₂max 平均变化幅度方面表现更优, 并显著提高了个体 VO₂max 超过最小重要变化值 (MID, 1 MET) 的可能性。在 VO₂max 的反应变异性方面, THR 与 TRAD 之间无显著差异。
- 建议在制定训练计划时, 优先选择基于 THR 的方法。其在提升 VO₂max 的平均变化幅度和增加达到临床意义提升 (如≥1 MET) 的个体比例方

面表现更优。通过更加精准地匹配个体的生理强度域，THR 方案可以有效提高训练的响应率，显著增强运动员的耐力表现并带来健康方面的综合获益。

- 在制定高强度训练方案时，可考虑采用临界功率（CP）作为强度设定的依据。相较于传统方法（TRAD），基于 CP 的训练可减少运动强度的个体差异性，同时提高训练适应的效果。尤其在重度与极重度强度域的转换区域，CP 的应用可以帮助更精准地界定运动强度，为进一步提升运动员的耐力和 VO2max 提供支持。
- 不论采用 THR 还是 TRAD 方法，训练强度的设置必须足够高，才能有效刺激 VO2max 的提升。避免单纯依赖传统百分比（如相对 VO2max 或 HRmax 的固定值）设定训练方案。建议结合每位运动员的实际生理强度阈值进行动态调整，以确保训练强度对个体而言足够“高”且具有挑战性。
- VO2max 的变化受多种因素影响，包括训练剂量、强度以及生物学变异。教练员应密切监控运动员的训练反应，及时识别未能达到预期适应的个体。对于这些情况，可尝试调整训练方法，例如增加间歇训练比例或对强度域进行适当修改，以实现更加个性化的干预，从而最大化每位运动员的训练效果。

编译来源：Meyler SJR, Swinton PA, Bottoms L, et al. Changes in Cardiorespiratory Fitness Following Exercise Training Prescribed Relative to Traditional Intensity Anchors and Physiological Thresholds: A Systematic Review with Meta-analysis of Individual Participant Data. *Sports Med.* Published online November 13, 2024.

编译：殷明越

动态力量指数：与常见运动表现变量的关系以及训练建议的情境化

在运动员测试运动表现中，常用的两项测试是反向跳（CMJ）和等长大腿中部拉（IMTP）。这些测试可以提供关于运动员的离心、向心和等长力量产生特征的见解，并帮助教练员设计未来的训练计划。通过比较动态垂直跳跃和静态等长测试中的峰值力（PF），科研人员可以计算出动态力量指数（DSI），该指数已用作指导训练重点的诊断工具。本研究的目的是探讨动态力量指数（DSI）与其他力量-功率表现特征之间的关系，并通过案例研究比较来对动态力量指数（DSI）得分置于情境中进行说明。88名男性和67名女性NCAA一级大学运动员在赛季前的测试阶段进行了反向跳（CMJ）和等长大腿中部拉（IMTP），作为运动员长期监测计划的一部分。采用Spearman相关分析评估动态力量指数与反向跳峰值力、跳跃高度、反应力量指数修正、峰值功率以及等长大腿中部拉峰值力和力量发展速率（RFD）之间的关系。

一、研究结果

1. 动态力量指数与运动表现变量的关系

- 动态力量指数与等长大腿中部拉峰值力之间存在非常强的负相关性（男性 $r = -0.848$ ，女性 $r = -0.746$ ）。
- 动态力量指数与反向跳峰值力（男性 $r = 0.297$ ，女性 $r = 0.313$ ）、跳跃高度（男性 $r = 0.108$ ，女性 $r = 0.167$ ）、反应力量指数修正（男性 $r = 0.174$ ，女性 $r = 0.274$ ）以及等长大腿中部拉的力量发展速率（男性 $r = -0.341$ ，女性 $r = -0.338$ ）之间存在小到中等的关系。
- 最后，动态力量指数与反向跳峰值功率之间的关系对于男性运动员（ $r = 0.008$ ）和女性运动员（ $r = 0.191$ ）来说是微不足道的。

2. 男性运动员动态力量指数案例研究 1

- 运动员 1：DSI 得分高，表现变量排名 80%-90% 之间，反向跳过渡阶段力量显著下降。

- 运动员 2: DSI 得分最高, 但变量排名差异较大, 过渡阶段力量保持相对平稳, 但跳跃位移较短。

3. 女性运动员动态力量指数案例研究 2

- 运动员 1: DSI 得分高, 表现变量排名 80%-90%之间, 过渡阶段力量变化斜率更陡, 力量输出更高。
- 运动员 2: DSI 得分低, 表现变量排名均不高于 50%, 过渡阶段力量输出较弱。

二、总结与建议

- 男性和女性运动员之间的动态力量指数与等长大腿中部拉峰值力之间存在非常大的负相关关系。此外, 动态力量指数与反向跳峰值力、反应力量指数修正和等长大腿中部拉力量发展速率之间存在小到中等的相关关系, 而与反向跳高度和峰值功率之间的相关关系则微乎其微。
- 动态力量指数 (DSI) 应作为运动表现评估的一部分, 而非唯一的衡量标准。教练员需要结合多维数据, 如峰值力 (PF)、力量发展速率 (RFD)、跳跃高度等指标, 全面评估运动员的能力。同时, 通过力-时间曲线的分析, 可以深入了解运动员力量输出的动态特征, 为个性化训练提供更加精确的依据。
- 在训练中, 动态监测和实时调整至关重要。教练应定期收集运动员的等长和动态测试数据, 追踪力量变化趋势。根据这些数据, 动态调整训练负荷和计划, 确保训练内容能够满足运动员的个体需求。通过这样的反馈调整机制, 可以更有效地避免训练负荷不足或过量的情况。
- 对于团队整体表现的分析, 教练可以将 DSI 与其他变量结合, 通过数据对比找出队伍中力量表现的短板。例如, 某些运动员可能在动态力量转换或力量发展速率上存在不足, 而其他运动员则可能需要提升静态峰值力量。针对这些短板, 教练可以制定更具针对性的训练计划, 提高整个团队的整体力量水平。

- 数据驱动的训练设计是提高训练效率的重要手段。通过数据分析（如相关性分析、排名对比等），教练可以发现运动员潜在的问题，并据此制定科学的训练策略。这样的个性化设计不仅能够优化运动员的训练效果，还可以最大化其力量输出潜力，帮助运动员在比赛中取得更好的表现。

编译来源：Suchomel TJ, Sole CJ, Bellon CR, Stone MH. Dynamic Strength Index: Relationships with Common Performance Variables and Contextualization of Training Recommendations. *J Hum Kinet.* 2020;74:59-70.

编译：陶美玲

间歇训练期间氧气利用率越高，骑行运动表现的提升越大

氧气利用率是衡量运动员训练强度与耐力适应的重要指标，表示运动中实际使用氧气的百分比（占 VO_{2max} ）。相比于传统的心率和功率指标，氧气利用率直接反映了运动员的有氧能力和训练效果。本研究通过首次持续测量骑行者训练中的氧气利用率，发现高氧气利用率显著提升了耐力训练效果，为优化训练设计提供了科学依据。

一、研究结果

1. 高氧气利用率的运动员适应更快

- 在训练中保持高氧气利用率 ($\geq 90\%$) 的骑行者，其最大功率输出、乳酸阈值、耐力评分和 VO_{2max} 提升幅度均显著高于低氧气利用率组。
- 高氧气利用率组的骑行者在短时间内表现出更快的耐力适应，包括乳酸阈值功率和短时间爆发力的提升。

2. 氧气利用率比心率更能反映训练强度

- 心率在不同训练中的波动较大，难以准确反映运动强度，而氧气利用率的稳定性和一致性更好。
- 相比心率，氧气利用率能更直接地预测训练效果，并帮助教练员调整训练方案。

3. 分组结果显示显著差异

- 高氧气利用率组：短时间功率、乳酸阈值和整体运动表现均显著提升。
- 低氧气利用率组：提升幅度较低，耐力适应效果显著不及高氧气利用率组。

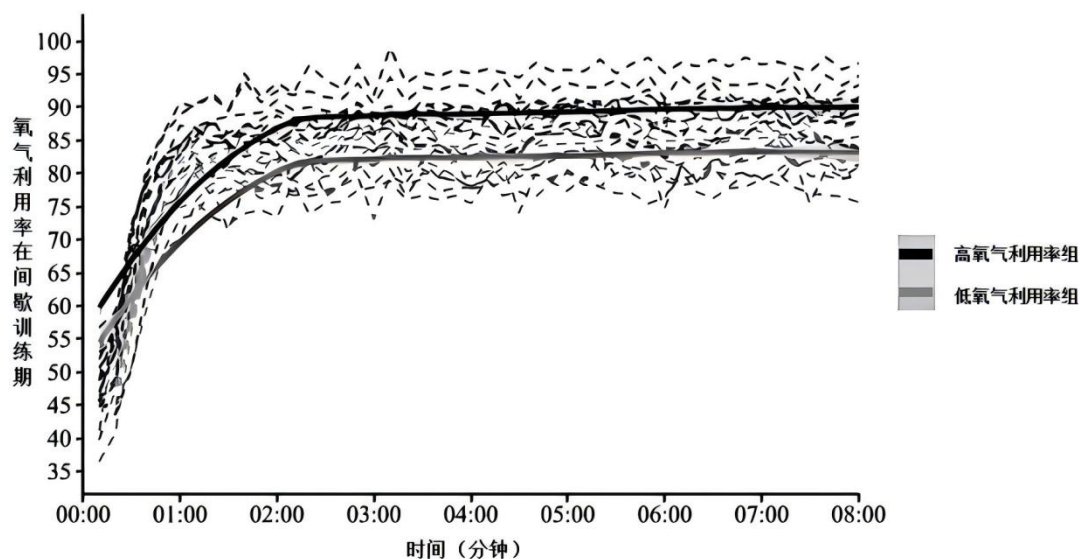


图 1 所有参与实验人员在每次间歇训练工作的 8 分钟内的氧气利用率

二、总结与实践建议

- 氧气利用率是衡量训练强度和耐力适应的重要指标，显著优于传统的心率监测方法。在训练中达到更高的氧气利用率 ($\geq 90\%$) 的运动员，其最大功率输出、乳酸阈值和 VO_{2max} 提升幅度明显更大。这意味着教练应优先鼓励运动员在训练中尽量保持较高的氧气利用率，以此优化训练效果。
- 实践中，可以采用高强度间歇训练 (HIIT) 来帮助运动员更快进入高氧气利用率状态。对于初学者或基础较差者，建议将高强度工作的时间控制在较短范围内 (如 3-5 分钟)，在保证运动员不疲劳过度的情况下逐步提高功率输出。耐力较好的运动员则可以通过延长高强度工作时间 (如持续 8 分钟或更久)，进一步刺激有氧能力的提升。
- 若条件允许，训练中应使用直接测量氧气利用率的设备，以获得更精确的数据支持。如果设备有限，也可以通过监测功率输出和主观感受等替代指标间接评估氧气利用水平。在所有训练中，教练应密切观察运动员的表现，结合氧气利用率和功率输出的数据，动态调整训练计划，确保每位运动员都能在个性化训练中获得最佳的适应效果。

- 此外，训练计划的设计还应结合运动员的身体状况和目标阶段。对于那些在高强度训练中表现较弱的运动员，可以通过短时间高强度的间歇训练逐步提升其氧气利用能力。在训练结束后，教练应记录运动员的功率输出、疲劳感等数据，并通过定期对比这些数据，优化训练强度和时间的安排，以持续提升运动员的耐力表现和 $VO_2\max$ 水平。

编译来源：Odden I, Nymoen L, Urianstad T, Kristoffersen M, Hammarström D, Hansen J, Mølmen KS, Rønnestad BR. The higher the fraction of maximal oxygen uptake is during interval training, the greater is the cycling performance gain. *Eur J Sport Sci.* 2024 Nov;24(11):1583-1596.

编译：王嘉鑫

疲劳管理

高山滑雪中疲劳诱导的力量输出、滑行轨迹和运动表现变化

在高山滑雪大回转比赛中，运动员需要在高速滑行中反复进行急转弯，这对运动员的力量输出能力，尤其是在径向方向的力量应用提出了极高的要求。然而，比赛中的重复高强度动作可能引发疲劳，从而影响运动表现。本研究旨在评估疲劳对运动表现的影响，重点分析疲劳条件下滑雪者的运动学、动力学以及肌电表现的变化。实验中，12名滑雪者分别在疲劳组和控制组的条件下完成滑行。膝伸肌的最大自主收缩 (maximal voluntary contraction, MVC) 能力分别在实验前和每组实验后进行测量。与此同时，两个组别的赛段时间、能量耗散、滑行轨迹长度、力量输出总量、力量应用效率、下肢主要肌肉的肌电活动也进行了差异分析。使用多元线性回归，分析运动学、动力学和肌电表现的个体间变异，以及它们是否能够解释疲劳引起的运动表现变化。

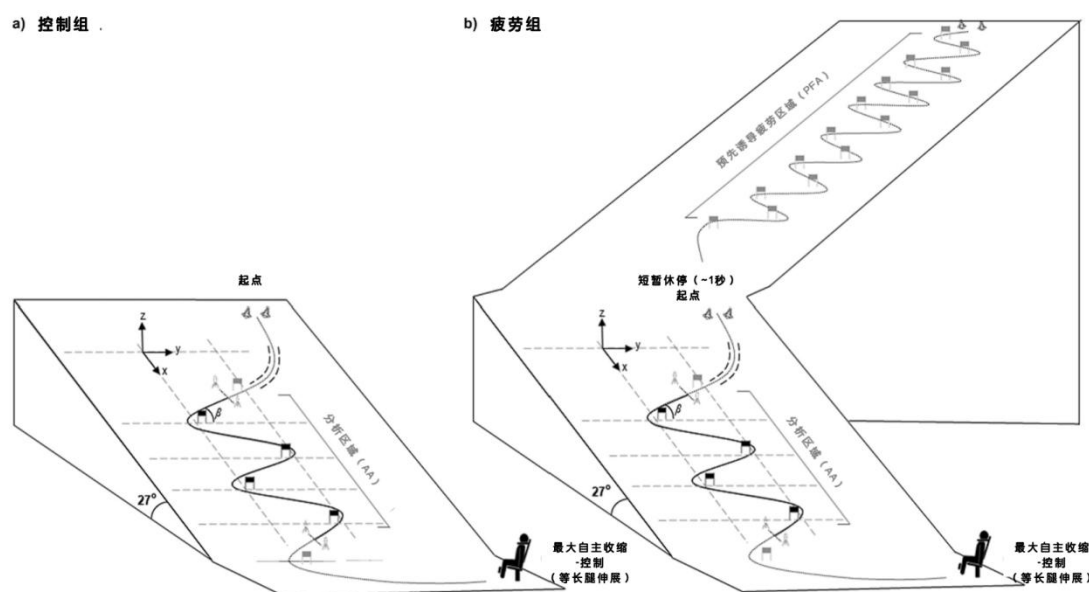


图 1 实验设置的整体概览

注：黑色细线代表滑雪者的大致路径；黑色粗线代表分析区域；黑色锥桶代表起点；黑色虚线代表雪上标记的标准入道轨迹； β 代表滑雪者的瞬时轨迹与瀑布线的水平夹角；光栅图标，代表着时间测量设备的位置；黑色虚线，连接了两个滑入区域单元和两个滑出区域单元；黑色旗子，代表着进入分析区域的闸门；灰色旗子，代表着预先诱导疲劳区域的闸门；“最大自主收缩”测量点，使用膝伸肌测力计进行测量。

一、研究结果

- 受试者自我报告的脑力疲劳显著增加，认知行为测试准确度明显下降，且任务的最后 10 分钟前额叶皮层 α 波功率显著高于前 10 分钟，这表明 60 分钟的 Stroop 任务有效地诱导了脑力疲劳。
- 相比实验前，疲劳组的 MVC 值显著下降 ($-19.1 \pm 6.4\%$, $p < 0.001$)，而控制组没有显著变化。
- 疲劳组在分析区域 (AA) 的赛段时间更长 ($+0.21 \pm 0.11$ 秒, $p < 0.001$)，能量耗散增加 (-0.78 ± 1.05 J.s.kg.m $^{-1}$, $p = 0.026$)，滑行轨迹更长 ($+1.1 \pm 1.6$ m, $p = 0.033$)，力量应用效率较低 (-0.1 ± 0.1 , $p = 0.017$)。

二、总结与启示

- 高山滑雪大回转比赛中，因疲劳引起的力量效率下降，会导致机械能量的过度消散。这种效率下降直接导致滑行轨迹变长、速度降低，从而显著影响整体表现。
- 滑雪者对疲劳的适应能力因个体差异而异。本研究展示了疲劳状态下滑雪者如何调整技术动作来补偿力量输出不足，为个性化训练和技术优化提供了依据。
- 在疲劳条件下，滑雪者通过降低速度或增加转弯半径等策略来补偿无法产生足够径向力量的情况，以减轻机械能量损失。这表明在极端条件下，滑雪者需要平衡速度与稳定性。
- 为提高滑雪表现，训练计划应注重疲劳管理和抗疲劳能力的培养。例如，通过模拟疲劳条件的专项训练，帮助滑雪者提高力量效率和技术稳定性，减少机械能量损失。
- 比赛策略应考虑滑雪者的疲劳承受能力和技术调整能力，合理分配赛段力量输出。同时，滑雪装备优化（如滑雪板设计）有助于减少机械能量损失，提升整体表现。

- 未来研究可进一步探讨疲劳对不同技术水平滑雪者的影响，并评估个性化训练和技术优化对抗疲劳表现的效果。同时，可结合生物力学与运动心理学的视角，研究滑雪者如何在心理与生理疲劳下维持最佳表现。

编译来源: Chollet M, Hintzy F, Cross MR, et al. Fatigue-induced alterations in force production, trajectory and performance in alpine skiing. *J Sports Sci.* 2024;42(20):1904-1915.

编译: 李晨曦

脑耐力训练提升职业足球运动员的体能、认知和多任务表现

足球运动员需要保持高度警觉、快速反应、精准决策，并频繁进行策略记忆和转换，这种高强度的认知需求会引发脑力疲劳，进而影响耐力、技战术表现和精神运动能力。脑耐力训练 (BET) 通过在体能训练中加入认知任务，促使运动员适应脑力疲劳，提高其耐受能力，从而稳定并提升比赛表现。本研究旨在探讨在赛季前训练营中，标准体能训练课后增加脑耐力训练是否能比单独体能训练更显著地提升足球运动员的体能和认知表现。研究采用训练干预和前后测设计，随机将 22 名职业足球运动员分为 BET 组和对照组。两组均完成为期四周、共计 40 次训练课程，BET 组每次体能训练后额外进行 20-30 分钟的认知任务训练，而对照组则听取等时长的中性声音。训练前后对运动员的 30-15 间歇体能、随机方向冲刺能力、足球专项反应灵敏性、Stroop 任务及精神运动警觉性等指标进行测试，并通过混合方差分析评估干预效果。

一、研究结果

- BET 组的所有运动员都完成了规定的 400 分钟认知任务，这些任务分布在约 18 次训练课后，每次任务时长约 20 分钟。对照组则在约 19 次训练课后听取了总计 400 分钟的中性声音。总体而言，BET 组在后测中的表现均优于对照组。
- 在 BET 组后，30-15 间歇体能表现、重复随机方向冲刺测试的变向部分表现以及足球专项反应灵敏测试表现均显著优于对照组 ($P = 0.02-0.04$)。
- 在足球专项反应灵敏测试中，BET 组失误更少，且显著优于对照组 ($P = 0.02$)。
- 相较于对照组，BET 组在 Stroop 测试中的反应更快 ($P = 0.02$)，在精神运动警觉性测试中的失误更少 ($P = 0.03$)。

二、总结与实践建议

- 通过这些能力测试的前后测和组间对比，在赛季前的备战训练期中加入脑耐力训练似乎比单独的标准体能训练可以更有效地提高职业足球运动员的体能、认知和多任务处理能力。

- 本研究认知任务训练方案的具体实行细节是在平板电脑上安装一款叫作 SOMA-NPT (Sswitch.ch) 的应用程序，程序中切换的三种认知任务分别是 Flanker 任务, go/no-go 任务和 AX-CPT 任务，每次可只选择一种进行，总计四十次训练课需要考虑平衡三款任务的执行频次。
- 这三款任务利用的机制均包含了任务中的干扰项带来的反应抑制部分，用来增加认知负荷，诱导急性的脑力疲劳，从而利用长期重复的训练刺激，提高耐脑力疲劳的能力，并在一般运动训练中持续保持特定大脑皮层的高度参与，增强脑区的效能，带来大脑健康和表现能力的协同提升。
- 运动队在借鉴该训练时，可以配备类似手机、平板电脑等便携式智能设备，预装固定的认知反应类应用程序，并将其嵌入训练课程中。
- 在实施时间和任务时长上，现有研究已有不同的尝试，比较具有实用性的是可以在间歇训练的恢复期穿插进行，保证训练课的时长不增加，也可以在训练课的开始前或结束后立即执行，理论上均可达到预期的效果。
- 现有一套针对个人项目的脑耐力训练周方案实例（未发表），可供参考：

周	日期	常规训练内容	BET 执行时间（相对于常规训练）	BET 内容
1	18 Sep	个人训练	50%前 + 50%后	Flanker 任务
1	19 Sep	个人训练	50%前 + 50%后	数字抑制任务
1	20 Sep	体能	混合间歇	Go/No-Go 任务
1	21 Sep	个人训练 + 一般体能	常规训练前	持续注意力任务
1	22 Sep	个人训课 + 一般体能	50%前 + 50%后	空间 Stroop 任务
1	23 Sep	战术	混合间歇	数独游戏（无 iPad 情况）

编译来源: Staiano W, Merlini M, Romagnoli M, Kirk U, Ring C, Marcora S. Brain Endurance Training Improves Physical, Cognitive, and Multitasking Performance in Professional Football Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2022 Nov 11;17(12):1732-1740.

编译：卞超

可视化图

精英耐力运动员如何体验与管理运动引发的疼痛

精英耐力运动员如何体验与管理运动引发的疼痛

参考文献: Lansnier & Durand-Bush JSAP 2023
由 @YLMsSportScience 设计

1 准备

- “拥抱”疼痛并致力于解决运动引起的疼痛
- 回想或自我感受疼痛的来源
- 制定分段训练/表现计划
- 与队友或教练讨论疼痛
- 在训练或热身时让自身适当承受运动引起的疼痛
- 想象疼痛
- 实施常规的运动前热身活动等

2 执行

- 将注意力从运动引起的疼痛上转移开
- 使用指导性/激励性自我对话
- 实施分段训练/表现计划
- 调整呼吸和放松
- 加快步伐忘却疼痛
- 自我监控

3 评估

- 使用训练日记进行反思: 为何引起疼痛
- 找出可能的原因和解释
- 与教练、医务人员进行交流

Images provided by PresenterMedia

编译来源: O'Malley CA, Smith SA, Mauger AR, Norbury R. Exercise-induced pain within endurance exercise settings: Definitions, measurement, mechanisms and potential interventions. *Exp Physiol.* 2024;109(9):1446-1460.

编译: 邓盛基

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