国际竞技体育科技前沿

2024 年 10 月　　第 9 期　　总 第 9 期

目　　录

1.科技争鸣	精英体育中的科技进步：如何划定边界?	1-3
	精英体育中的科技进步：若我们划定边界，何时该停止?	4-5
	观点总结：精英体育中的科技进步——边界在哪里?	6-8
2.表现优化	提升表现：生理极限是什么?	9-11
	最大摄氧量的限制因素及耐力表现的决定因素	12-13
	欧洲教练员如何优化短跑训练：质量优于数量	14-16
	通过大脑耐力训练优化运动表现	17-18
3.恢复策略	篮球运动中的恢复方法与实践应用：系统综述	19-23
	热水而非冷水浸泡缓解运动损伤后肌肉力量下降	24-25
4.可视化图	科学支持的提高运动员睡眠的补充剂	26

国家体育总局科教司　　国家体育总局体育科学研究所　合编

科技争鸣

精英体育中的科技进步：如何划定边界

在竞争日益激烈与快速发展的精英体育领域，科技的不断进步已成为影响运动成绩的关键因素。随着科技在训练与比赛中的深入应用，越来越多的运动员和教练团队借助先进技术手段优化训练流程、提升运动表现，并在比赛中获得显著优势。无论是数据分析、装备技术改进，还是恢复手段提升，科技进步在运动表现中的作用日益显著。技术创新不仅帮助运动员突破自身极限，还促使多个世界纪录被不断刷新。在技术主导下的成绩提升引发了关于技术在体育领域应用的广泛讨论。一方面，科技进步为运动员提供了前所未有的优化机会，使得运动表现更加科学、可控；另一方面，过度依赖技术也可能违背公平竞争原则，为拥有更多资源的运动员带来不公平的优势。因此，这使得技术在体育竞赛中的应用边界和合规性成为当前急需深入探讨的核心问题。如何合理界定科技在体育中的应用边界，确保其在促进运动表现的同时，不扭曲体育竞赛的公平性，已成为亟待解决的重要议题。本文将讨论如何为精英体育中的科技进步划定“边界”。

一、技术辅助对长跑项目的影响

1. 先进鞋类技术

- 自 2016 年，先进鞋类技术的应用显著改变了长跑运动，在 5 年内，从 5 公里到马拉松的多个世界纪录被刷新。
- 先进鞋类技术能够显著提升长跑运动成绩，女性选手的提升幅度可达 3.5%，男性则为 1.4%。
- 即使在 2020 年受疫情影响，比赛数量大幅减少，运动员仍借助先进鞋类技术在多项赛事中打破了多个世界纪录。

2. 配速技术

- 传统的配速方式可能会因为人为因素导致配速不够准确和稳定，而“电光兔”技术通过精确的编程和稳定的光信号，能够为运动员提供更精准的配速辅助，从而在提高运动成绩方面发挥更大的作用。

二、技术进步引发的问题

1. 公平性争议

- 在当今的体育领域，各类先进技术的不断应用刷新着赛事纪录。然而，这一现象也引发了关于技术应用是否违背公平竞争原则的广泛讨论。
- 人们开始思考，哪些技术应用是符合体育精神的，而哪些技术可能由于给予运动员过度的优势而违背体育公平竞争的原则。这种讨论与世界反兴奋剂机构对禁药使用的判定存在相似之处。
- 在这一讨论中，观点不一。一部分人认为，运动成绩是多种因素共同作用的结果，技术只是其中之一，不具决定性作用。
- 然而，近期长跑纪录的不断刷新却主要受到技术介入的影响。通过分析数据，运动员的训练计划和生理状况等因素在短期内并没有发生显著变化，但先进技术的广泛应用与成绩提升之间存在明显的关联。
- 因此，作者认为技术在近期长跑纪录的打破中起到了重要作用。

2. 规则矛盾

- 随着科技的快速发展，电子设备在田径运动中的应用日益广泛。然而，现行规则对这些设备的使用尚缺乏明确规定。例如，对于一些能够提供辅助信息的设备，规则未能清晰界定其使用范围。
- 这种不一致性不仅给运动员和教练在实际应用中带来了困扰，也在一定程度上阻碍了技术的合理应用和田径运动的发展。

三、建议措施

1. 纪录区分

- 应对在不同技术辅助条件下创造的世界纪录进行明确区分。例如，通过“*”或其他标识符进行标注。这将有助于为运动员提供更公平的竞争环境，确保体育成绩能够真实反映运动员的实际能力和水平，同时维护赛事纪录的公正性与客观性。

2. 合理干预

- 体育组织应采取科学且公平的措施来管理技术在比赛中的引入和应用。这一干预应全面涵盖技术的评估、审批及使用规范。在技术进入体育领域之前，需经过严格的评估，确保其不会对比赛的公平性产生不利影响。
- 一旦技术获得批准，体育组织应制定详细的使用规范，明确规定技术的使用方法及其限制条件。通过这些科学合理的措施，体育组织能够有效维护体育运动的完整性，确保比赛在公平公正的环境下进行，使运动员的努力和成绩得到应有的尊重与认可。

编译来源：Muniz-Pardos B, Bekele K, Mayo C, Pitsiladis Y. Technological advances in elite sport: where does one draw the line? J Appl Physiol (1985). 2024 Sep 1;137(3):646-648. .

编译：戴思雨

精英体育中的科技进步：若我们划定边界，何时该停止？

德国布伦瑞克工业大学的 Peter Düking 和维尔茨堡大学的 Billy Sperlich 就“在体育科技应用中，若我们划定边界，何时该停止”的议题发表了独到见解，回应了上一篇文章关于划定“边界”的建议。他们指出：在任何运动项目中，要想实现纪录水平的运动表现，都需要多方面的优化，比如训练方式、生物力学技巧、恢复策略、营养管理、心理调节、环境因素以及科技手段的应用。

一、科技之外的进步

在过去的一个世纪，许多“非科技驱动”的进步被认为是提升运动表现和打破纪录的主要因素。比如，跳高中的背越式技术、滑雪跳台中的 V 字型技术等通过更先进的生物力学技巧，革新了运动项目并推动了纪录的不断刷新。此外，力量训练、高海拔训练、高强度间歇训练（HIIT）、双阈值训练等创新的训练方法，都曾被视为开创性举措。营养学的进步，尤其对膳食补充和饮品成分及补充时机的精确管理，有效延缓了运动疲劳，并有助于推动运动成绩的突破。心理训练（包括视觉训练和心理韧性的培养）同样对运动表现有显著影响；一些特定的恢复手段更是能够极大地加速恢复进程。此外，监测工具（例如生理指标追踪的可穿戴设备）为运动员的训练和发展提供了重要的数据支撑。

二、科技应用的边界与公平性

因此，如果我们开始为依赖新技术和新策略创造的纪录打上星号，那为什么要在科技应用上止步？营养学、生物力学和心理学的应用所带来的突破是否也应当被标记为特殊？我们是否需要为所有这些因素使用不同的星号进行标注，以实现更高的公开透明度？

三、划定边界的挑战与风险

专门为基于科技应用的运动表现划出一条界线，可能会引发一个武断且不一致的标准。这一挑战突显了在全球体育界统一应用标准的现实困难。此外，如果针对科技进步设置先例，打击通过科技手段提升运动表现和保障运动安全的积极性，必然会抑制体育领域的创新，并阻碍运动项目的发展。判定竞争优势是否正当公平是一种主观判断，划定科技应用的边界也可能引发更多的争议，进而分散

对运动表现本身和体育精神的关注。例如，营养补充剂和增强运动表现药物之间的界线，已经变得模糊且充满争议。

四、总结

尽管 Muniz-Pardos、Wilkins 和 Joyner 提出的这一议题非常必要，但同样重要的是，应确保所有运动员能够公平接触各领域提升运动表现的最新科研成果（在确保其安全且符合相关项目规则的前提下）。这些策略的制定将为实现“公平的竞争环境”和维护体育运动的诚信提供宝贵帮助。

编译来源：Düking P, Sperlich B. Technological advances in elite sport: If we draw a line, where would we stop? J Appl Physiol (1985). 2024 Oct 1;137(4):823.

编译：李晨曦

观点总结：精英体育中的科技进步——边界在哪里?

本文是对之前关于精英体育中科技进步观点的回应总结。

一、核心观点

1. 体育竞赛中科技的应用需谨慎考量

- 多数评论者的观点基于主观判断而非充分的证据支持。一部分人认为，像先进鞋类技术（AFT）和光波技术（WLT）这类不直接造成伤害，并视为运动自然发展一部分的科技，应该允许在比赛中使用。其理由是，先进鞋类技术可以提高机械效率，而光波技术则改善了配速反馈质量，且两者均未直接改变运动员的自身能力。
- 然而，作者提出，这类用于提升运动员自然机械效率或辅助运动员保持均匀配速的技术，实际上是人为地增强了运动员的表现能力，因此应对此类科技持谨慎甚至反对态度。

2. 强调科学验证和公平竞争

- 新技术的引入必须经过符合生态有效性的科学验证，且需由无利益冲突的独立机构对其公平性和体育诚信进行评估。
- 同时，在引入到重大体育赛事之前，还需要对该技术进行广泛的实地测试，以确保公平性和可行性。

二、关于科技在训练和比赛中的共识与争议

1.训练中科技的使用

- 在训练过程中使用某些可穿戴设备和技术，帮助教练优化训练方法和控制训练负荷，已经成为广泛共识。这类技术可以有效提升训练的科学性和精确性。

2.比赛中科技的使用

- 然而，科技在比赛中的使用却存在更多争议。一部分人认为，公平竞争和体育诚信在比赛中应当占据主导地位，任何外部提升表现的科技手段都应被禁止。
- 而另一部分人则认为，某些特定的科技可以在不损害公平竞争的前提下被合理使用。

三、体育界的里程碑

- 部分学者将先进鞋类技术和光波技术的影响与历史上的技术革新相提并论，如背越式跳高的发明、合成跑道面层的应用以及 1968 年墨西哥奥运会高海拔环境的影响等。
- 然而，作者认为，这些早期的技术进步是体育运动自然演变的一部分，而光波技术则改变了运动员自主控制自身努力的能力，因此不能与历史上的技术革新等同。

四、思考与现实意义

1. 科技与体育精神的平衡

- 体育的本质在于展现人类的体能、技能与意志力，因此科技的介入必须经过慎重的考量，确保不会破坏体育的纯粹性。虽然先进鞋类技术和光波技术在一定程度上可以被视为运动进步的一部分，但若这些技术过度增强了运动员的能力，使比赛结果更多依赖于科技，而非运动员的努力和天赋，这就可能违背体育精神的核心理念。
- 这也引发了对体育精神内涵的深刻反思：究竟是追求“更高、更快、更强”的成绩，还是更注重在公平竞争环境下展现运动员自身的真实能力？

2. 规范体育科技应用

- 本文为体育管理机构在制定科技应用规则时提供了参考。其明确指出，在考虑新技术应用时，需要综合评估其对运动员自然能力的影响，并应遵循科学验证、公平竞争以及保护运动员健康与体育诚信的原则。

- 这些规范措施将有助于避免盲目引入新技术，防止科技滥用对体育竞技环境造成不良影响。

编译来源：Muniz-Pardos B, Bekele K, Mayo C, Pitsiladis Y. Last Word on Viewpoint: Technological advances in elite sport: Where does one draw the line? J Appl Physiol (1985). 2024 Sep 1;137(3):672-673.

编译：武凡超

表现优化

提升表现：生理极限是什么

最大摄氧量（VO_2max）、骨骼肌效率和乳酸阈值是精英耐力运动员表现的重要决定因素。在运动员的职业生涯中，最大摄氧量通常较为稳定；然而，运动经济性、乳酸阈值和临界功率，即使在世界级运动员中，也可以通过特定的训练进行改善。在本综述中，我们将探讨如何通过训练和其他策略来提升耐力表现背后的生理决定因素（如**图 1** 所示）。

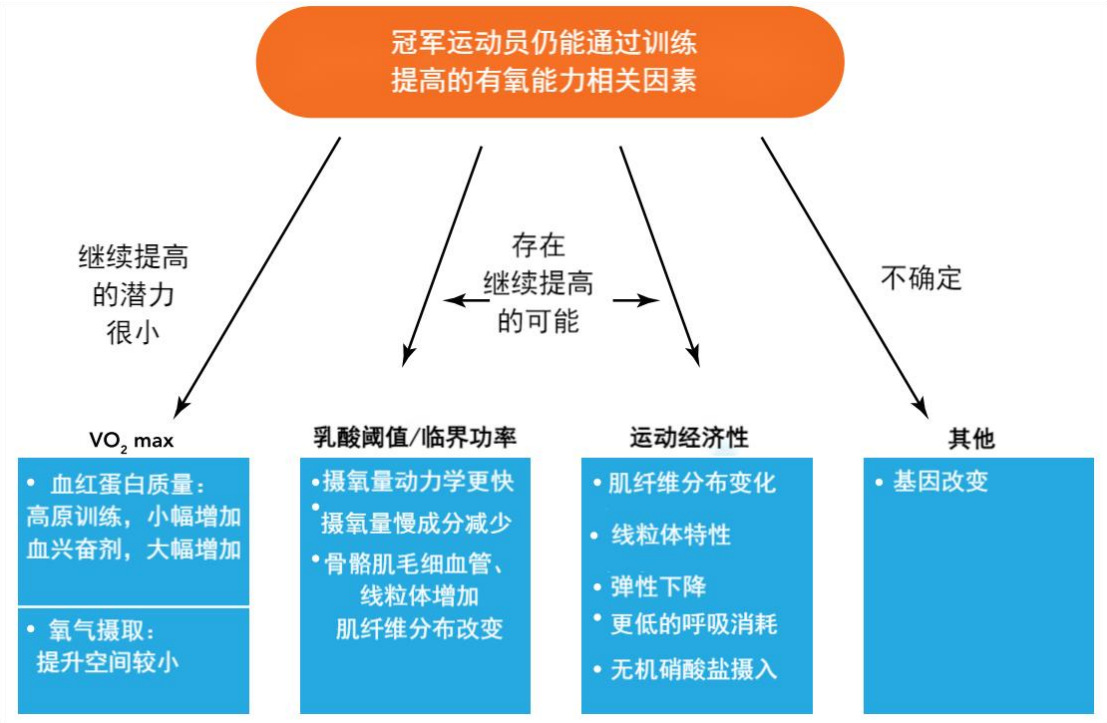

图 1 可通过训练改善提升的影响有氧耐力表现因素

一、最大摄氧量的提升

- 短期（4-6 个月）的训练干预可以使普通人群的最大摄氧量提高 9-17%；最近的一项荟萃分析显示，耐力训练带来的人群最大摄氧量平均提高约 0.5L/min。

- 通过高强度间歇训练，摄氧量甚至可以提高 44%。这引出了一个问题：精英耐力运动员的最大摄氧量可达到 83-85 mL/min/kg，普通人是否可以通过训练达到如此高的摄氧量？

- 要实现最大摄氧量的大幅提升，通常需要长期且高负荷的训练。在较年轻时接受耐力训练是达到高最大摄氧量的关键。
- 一系列个案研究表明，经过多年的高负荷训练，年轻运动员的最大摄氧量可以从 55-60 mL/min/kg 的“中等水平”提升至 75-80 mL/min/kg 的“高水平”。
- 根据丹麦的 VO_2max 测试体系，运动员的最大摄氧量在其职业生涯中保持相对稳定。尽管精英运动员的最大摄氧量难以进一步提升，保持高负荷的训练可以延缓最大摄氧量随年龄增长的下降速度（每 10 年下降约 4.0-4.6 mL/min/kg）。这使得一些年龄较大的运动员仍能取得优异成绩，例如 42 岁的环西班牙自行车赛冠军、41 岁的自行车一小时世界纪录创造者，以及 41 岁的冬季两项世界冠军。
- 这些大龄运动员的成功表明，许多运动员在 30 多岁选择退役并非因为生理上的限制（如最大摄氧量的下降），而是由于训练动机的减弱。

二、运动经济性和精英运动员表现

- 运动经济性是决定耐力运动表现的重要因素。根据模型预测，运动经济性提高 1 个标准差，可以使 26 公里计时赛成绩提高 3%；运动经济性提高 1%，可以使 40 公里自行车计时赛成绩加快 63 秒。即使最大摄氧量并不特别高，凭借卓越的运动经济性，运动员仍能表现出色。
- 运动经济性随着运动员职业生涯的延长而提高。例如，女子马拉松世界纪录保持者的运动经济性在 9 年内提升了 15%，自行车环法冠军阿姆斯特朗的肌肉效率在 7 年内提升了 9%。
- 更多的 I 型肌纤维比例、更大的线粒体密度可以提高运动经济性。此外，下肢柔韧性与跑步经济性呈负相关，较高的下肢刚性有助于运动经济性提升。呼吸训练也被证明可以通过减少通气需求来提高跑步经济性。
- 无机硝酸盐的摄入可以增强中等水平运动员在次最大强度下的运动经济性。约 20-25%的精英运动员在摄入无机硝酸盐后运动经济性得到显著提升，这表明个体对补剂的反应存在差异。

三、乳酸阈值和临界功率

- 卓越的耐力表现通常与较高的乳酸阈值和临界功率相关。
- 乳酸阈值可以通过耐力训练提升，即使是最高水平的精英运动员也可以从中受益。训练可以增强肌肉清除乳酸的能力，提高 I 型肌纤维的比例，从而减少乳酸堆积的速度。对精英皮划艇运动员的研究显示，训练后通气阈值显著提升，支持了乳酸阈值可以通过训练改善的观点。临界功率对训练的反应也非常敏感，特别是通过降低摄氧量慢成分的训练，耐力运动员的临界功率可以逐年增长。
- 将耐力训练与力量训练（特别是多次大重量的力量训练）结合，可以显著改善强度处于乳酸阈值与临界功率之间的“重度”区间的表现。

四、总结

- 虽然 VO_2max 是精英耐力表现的关键生理决定因素，但它在运动员的职业生涯中具有有限的可训练性，并随着年龄增长而下降。在这种情况下，增加血红蛋白质量，如通过高原训练，是唯一可以进一步提高氧气输送的方式。
- 然而，耐力表现的其他关键生理决定因素，如运动经济性、乳酸阈值和临界功率，可以通过高强度训练加以改善。尽管世界级运动员接近或似乎接近生理极限，这些因素仍然具有提升的潜力。
- 未来需要更多与生理变量、训练方案和运动表现相关的研究，以进一步确定运动表现的决定因素及改善这些因素的最有效策略。

编译来源：Lundby C, Robach P. Performance Enhancement: What Are the Physiological Limits? Physiology (Bethesda). 2015 Jul;30(4):282-92.

编译：王宇航

最大摄氧量的限制因素及耐力表现的决定因素

当心肺系统向运动肌肉输送氧气时，最大摄氧量（VO_2max）往往成为决定因素。当氧气输送受限时，最大摄氧量也会相应下降。通过训练提升最大摄氧量主要依赖于心输出量的增加，而非动-静脉氧差的改善。然而，骨骼肌的代谢适应对提高次最大强度下的耐力表现至关重要。耐力训练能够增强线粒体酶活性，进而通过提升脂肪氧化率和减少乳酸积累来改善耐力表现。本研究旨在探讨限制最大摄氧量的生理因素，并确定其在耐力运动中的具体作用。

一、限制最大摄氧量的因素

- **肺扩散能力**：在绝大多数情况下，肺部可以有效地进行气体交换，使动脉血达到较高的氧饱和度。然而，在某些特殊情况下，如精英运动员在最大强度下或特殊环境（如高原）下训练、以及哮喘或慢性阻塞性肺疾病患者，肺扩散能力可能成为限制因素。

- **最大心输出量**：这是通过训练最容易提高的因素。训练后的心输出量增加是影响最大摄氧量的重要原因，而非动-静脉氧差的改善。例如，急性使用 β 受体阻滞剂降低心输出量会直接导致最大摄氧量下降。

- **血液携氧能力**：血液中血红蛋白的含量影响氧气的运输。例如，使用血液兴奋剂可以显著增加血液的携氧能力，从而提高最大摄氧量。

- **外周扩散梯度**：尽管在一些动物实验中观察到外周氧气扩散的限制，但在人类运动中，最大摄氧量通常主要受到氧气运输系统（包括心输出量和血液携氧能力）的限制，而不是线粒体对氧气的利用能力。尽管线粒体酶活性可以显著增加，但氧气运输才是决定最大摄氧量的主要限制因素，而非线粒体代谢能力。

- **线粒体酶水平**：尽管训练可以显著增加线粒体酶活性，但研究表明，在全身运动中，最大摄氧量更主要受到氧气输送的限制，而非线粒体代谢能力的限制。

- **毛细血管密度**：训练可以增加毛细血管密度，其主要作用是延长血流通过肌肉的时间，从而提高氧气的利用效率，而不是单纯增加血流容量。

二、耐力表现的决定因素

- 最大摄氧量：其代表耐力运动中能量生成的最大上限。然而，尽管它是耐力运动表现的关键因素之一，它并非唯一决定性因素。通常，最大摄氧量被用作选拔耐力运动员的参考指标，但实际表现还依赖于其他生理变量。

- 运动经济性：指在特定速度下，维持运动所需的能量消耗量，通常以摄氧量（VO_2）来衡量。个体在相同运动强度下的摄氧量不同，意味着他们的运动经济性不同。更好的运动经济性意味着在同等强度下消耗更少的能量，因此是耐力表现的关键决定因素，尤其在长时间耐力项目中。

- 乳酸阈值：指在运动过程中，血乳酸浓度开始迅速上升的强度点。它是综合最大摄氧量、最大摄氧量百分比和运动经济性等因素的关键生理指标。乳酸阈值与线粒体酶活性密切相关，训练尤其是耐力训练能够显著提高乳酸阈值，延缓乳酸积累的开始，从而提升运动表现。

三、结论与启发

- 了解限制最大摄氧量的关键因素有助于制定更具科学依据的训练计划，尤其是通过提高心肺功能来增强心输出量。

- 耐力表现是多因素共同作用的结果，耐力训练应综合考虑提高最大摄氧量、改善运动经济性和提高乳酸阈值。例如，可以通过高强度间歇训练提升最大摄氧量，通过技术和力量训练改善运动经济性，以及通过耐力训练提升乳酸阈值。

- 在运动员选材和评估过程中，不能仅依赖最大摄氧量这一单一指标，还应综合考量运动经济性和乳酸阈值，以全面了解运动员的耐力潜力。

编译来源：Bassett DR Jr, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. Med Sci Sports Exerc. 2000 Jan;32(1):70-84.

编译：王嘉鑫

欧洲教练员如何优化短跑训练：质量优于数量

训练质量定义为在训练过程中或训练课次中执行的程度，以优化适应性和提升运动表现。训练质量可能是区分优秀运动员和其他运动员的主要因素之一，主要分为两个维度：整体训练过程的质量和特定训练环节的质量。本研究探讨了欧洲高水平短跑教练（100 米至 400 米）如何改善与整体训练过程及特定训练环节相关的质量因素。研究通过对 31 名自愿参加的欧洲优秀短跑教练（训练 3 级、4 级和 5 级的运动员）的问卷进行描述性分析，揭示了他们的训练策略。

一、整体训练过程的质量

1. 计划制定

- 大多数教练（58%）会与运动员共同制定赛季计划，而 42%的教练员则在没有运动员参与的情况下独立制定计划。
- 几乎所有教练（97%）在规划赛季时都会考虑运动员的环境因素，如工作时间、家庭协调和休息时间。

2. 训练周期化管理

- 采用传统周期化管理的教练最多（45%），其次是混合周期化（26%）、板块周期化（16%）以及其他方法（13%）。
- 教练选择周期化模型的依据包括以往经验和成功的经验（61%）、负荷控制（16%）、质量优先于数量的原则和国家队框架（10%），以及考虑最小化伤害、个性化训练和遵循训练原则的其他因素（7%）。

3. 赛季方案

- 教练通常将赛季划分为三个阶段：基础/一般阶段、准备/预竞争阶段和比赛阶段。
- 一些教练还包含了赛季前的过渡阶段。在一般阶段，教练优先考虑力量训练和短跑的基础发展；在比赛阶段则强调更多专项短跑训练。

- 赛季的逐渐减少阶段通常为赛前 10-15 天，训练量减少 40%至 90%，但保持高强度以最大化中枢神经系统的激活，并强调正确的技术执行。

二、训练课的质量

1. 参与模式

- 大部分教练亲自跟进训练课，一小部分采用线上和线下结合的方式，极少数仅使用在线方式。

2. 热身方案

- 大多数教练遵循固定的热身方案，通常包括肌肉激活、灵活性训练和技术练习，最后以渐进的重复冲刺作为结束。

3. 反馈

- 教练主要在训练过程中（94%）和训练后（81%）提供反馈，而训练前提供反馈的比例较低（52%）。教练在训练课前通过测量调整训练计划，训练期间根据客观和主观数据（如与运动员的对话、计时器记录、速度测量）调整训练负荷，训练后则根据执行效果调整下一次训练目标。

4. 训练负荷调整

- 17 名教练使用客观和主观测量的组合来调整负荷，而 8 名教练仅依赖于主观测量，5 名仅依赖于客观测量。
- 具体来说，教练在训练期间通过与运动员对话、跑道上记录时间、健身房中使用线性传感器测量速度、心率、观察运动员技术以及血乳酸来进行负荷调整。
- 训练期间的反馈主要集中在技术层面、心理层面和身体层面。

5. 设备

- 教练使用各种工具来评估训练期间正确的技术执行，包括教练观察、运动员感受、视频和其他技术工具。

- 速度/强度通过使用光电池、秒表、定时系统如Freelap、1080或Dynaspeed、视频记录和 speed traps 来评估。
- 训练后，90%的教练会检查训练目标与执行之间的偏差，并相应调整下一次训练目标，而 9%的教练不会改变下一次的训练目标。

6. 恢复方案

- 大多数恢复方案由教练和运动员共同制定，较少由教练单独制定或完全由运动员决定。
- 恢复方式包括完全休息、专业指导和主动恢复。

7. 运动表现的评估和测试

- 教练采用多种类型的测试来监测力量和短跑表现，包括反向跳、力-速度图、1/3 最大重复次数、水平跳跃、蹲跳等；在短跑测试中，30 米行进间跑是主要测试方式，其他测试包括 60 米、150 米等。

三、总结

欧洲短跑教练展示了在计划和管理方面的全面性，揭示了他们在训练方法和运动员测试中的多样化手段。通过结合不同的训练方法和监测工具，教练能够优化训练质量，提升运动员的运动表现。

编译来源：Agudo-Ortega A, Sandbakk Ø, Salinero JJ, Johansen B, González-Rave JM. Optimization of Sprint Training Among European Coaches: Quality Over Quantity. Int J Sports Physiol Perform. 2024 Jul 24;19(9):905-913.

编译：陶美玲

大脑耐力训练优化运动表现

长时间密集的认知参与会导致脑力疲劳，损害运动表现。而来自不同项目的运动员、教练员和相关从业人员也普遍意识到了脑力疲劳是引起这些消极影响的重要因素，对如何抵抗和消除提出了要求。由于身体和心理层面的努力所涉及的脑区存在一定程度的重叠，Marcora 等人提出了一种创新的训练方法，要求运动员在一般的耐力训练中同步完成认知任务，重复进行之后使得运动员更适应脑力疲劳，增强了耐力表现。这种训练方式以及之后不同形式的变种被称为“大脑耐力训练（Brain Endurance Training, BET）”。该方法针对训练课中的内容安排，协同增加身体能力的负荷与脑力/认知负荷，通过长期训练适应，提升运动员的大脑功能以及对于脑力疲劳的耐受能力，降低疲劳对于运动表现的侵扰，达到预期的大脑健康和表现能力的双重训练效果。

一、大脑耐力训练的方案安排

- 训练时机：根据认知任务融入训练的时机不同，BET 分为不同形式，例如在体能训练前的 BET、在体能训练间歇期进行的混合 BET，以及在体能训练结束后的 BET。
- 训练频次和时长：现有研究中，单次训练时长多在 20-60 分钟之间，干预周期一般为四周或更长。例如，每周三次的骑行训练同步进行一小时的认知任务持续十二周，或足球体能训练课后进行 20-30 分钟的 BET，连续四周共 40 次训练。但由于现有研究数量较少，尚无一致的结论。

二、大脑耐力训练的机制探讨

- 由于身体和心理努力涉及的脑区存在一定程度的重叠，同步训练这两个部分可能长期带来大脑功能和结构的适应性变化。
- 具体而言，前扣带皮层和前额叶皮层是与认知控制和耐力表现密切相关的脑区。功能性近红外光谱（fNIRS）研究表明，BET 能够提高前额叶皮层的氧合水平（即增加氧合血红蛋白的浓度），相比单独的身体或认知训练，BET 能够更显著地激活前额叶皮层，从而在执行认知任务时实现更高效的大脑功能。

三、大脑耐力训练的未来方向

- 为了推动该领域的发展，未来的研究和应用应关注几个关键领域。首先，需要进行更大规模的研究，涵盖多样化的运动员群体，并应用更为标准化的 BET 训练方案，证实 BET 的潜在益处在不同训练方案和各种运动项目中的普适性。其次，需要结合先进的神经生理测量手段，从脑部的表征、实时监控出发以阐明 BET 背后的大脑机制，帮助优化其应用形式。最后，还需要探索将 BET 融入康复计划的可能性，尤其是帮助训练/生活中更易劳损的运动员群体。通过这些努力，将 BET 作为关键环节融入传统训练计划中，降低疲劳和损伤的风险。

四、总结与建议

- 目前，BET 尚未形成统一的实施标准，教练和运动员可在高强度间歇训练的间歇期使用智能手机或平板电脑进行数分钟的认知任务。借助脑力任务 APP，增加认知负荷，使运动员在身体休息的同时保持脑区的持续刺激，达到一定的脑力疲劳的累积，频次可以匹配一般体能训练，逐步增加和适应，以期望得到大脑的适应性改变和长期效应，尤其强调在运动任务中大脑功能的增强。

- 基于脑可塑性理论，高水平运动员通常具有优越的脑部功能，这为 BET 提供了理论支持。但与其他肌肉骨骼适应性训练一样，BET 的设计必须考虑训练量、强度、疲劳恢复等因素，特别是在赛季前或备赛初期时，结合主客观监控手段评估训练效果和疲劳情况。

- 以开放性技能运动为主的训练项目本身就具有身体与认知的共同刺激。例如，在战术任务和比赛场景中的动作执行，要求高水平的认知参与。因此，训练安排应注重情境还原，避免在静态环境中过度执行技术动作，忽视赛场中动态情境下的脑部功能组合训练。

编译来源：Roelands B, Bogataj Š. Optimizing Athletic Performance Through Brain Endurance Training. Int J Sports Physiol Perform. 2024 Aug 28;19(10):973-974.

编译：卞超

恢复策略

篮球运动中的恢复方法与实践应用：系统综述

篮球是一项高强度的运动，运动员在比赛中频繁进行跑动、跳跃、快速变向等动作，这些动作会对身体产生较大负荷，导致生理与心理疲劳的积累。尤其是在高强度和高频率的比赛背景下，充分的恢复对优化运动表现和预防伤病至关重要。现有的恢复手段包括睡眠、营养补充、补水，以及更为先进的技术如冷水浸泡和压缩衣等，这些方法广泛应用于缓解疲劳并促进运动员的恢复。然而，关于哪种恢复手段在篮球运动中最为有效，尚缺乏一致的结论。因此，有必要对不同的恢复方法进行系统性的评估，以提供科学依据支持这些恢复手段在篮球运动中的应用。本研究旨在评估不同恢复方法在减轻疲劳方面的有效性，并提供实践优化策略。本文将为教练员、科研人员和体能训练师提供参考，帮助他们在选择恢复策略时作出更为明智的决策，从而在提升运动表现的同时，降低过度训练和受伤的风险。

一、不同恢复策略及其有效性

1. 睡眠

- 睡眠是运动员身心恢复的关键因素，尤其对于篮球运动员，建议每晚睡眠时长为 7 至 9 小时。
- 延长睡眠时间至 10 小时以上可以显著提升运动表现，特别是在冲刺速度和投篮命中率方面，提升幅度可达 9%。
- 此外，延长睡眠还与身心健康的改善密切相关。
- 相反，睡眠不足则会导致心率上升，并削弱耐力表现和无氧运动表现。
- 因此，在密集比赛季节中，教练应重视睡眠管理，确保运动员获得充足的休息，以增强恢复并预防受伤。

2. 营养

- 合理的营养摄入对篮球运动员在密集的训练和比赛中恢复至关重要。
- 高蛋白饮食（蛋白质摄入占总热量的 36%）能够有效改善大脑氧饱和度，减少运动疲劳。
- 碳水化合物与蛋白质结合的饮食有助于在运动后快速补充肌糖原，尤其是在每小时摄入 0.2-0.4 克/公斤体重的蛋白质和 0.8 克/公斤体重的碳水化合物时，效果最佳。
- 因此，运动员在运动后应优先摄入高蛋白质和碳水化合物平衡的膳食以促进恢复。

3. 补水

- 补水对于维持表现和防止疲劳至关重要。
- 当篮球运动员的脱水量达到 1-2%时，会影响注意力、垂直跳跃表现和认知功能。
- 摄入含碳水化合物和电解质的饮料比单纯饮水更有助于提升水合作用、认知能力和篮球特定技能表现。
- 因此，教练和运动员应优先采用包含电解质的补水策略，以确保在训练和比赛中的最佳表现。

4. 补剂

- 补充剂（尤其是支链氨基酸、维生素 C 和维生素 E 等抗氧化剂）已被证明能够减少篮球运动员的氧化应激，促进恢复。
- 例如，维生素 E（600 毫克）、维生素 C（1 克）和β-胡萝卜素（32 毫克）的每日补充显著减少了运动期间的氧化应激标志物。
- 因此，在恢复期中适量补充这些营养素有助于减少运动导致的氧化损伤，提升恢复效果。

5. 冷水浸泡（CWI）

- 冷水浸泡是一种广泛使用的运动恢复方法。
- 在运动后使用 15℃的冷水浸泡 15 分钟，可以显著减少肌肉酸痛，而间歇浸泡（5 次 1 分钟，水温 11℃）可以在 24 小时后显著提升垂直跳表现。
- 冷水浸泡可以降低肌肉损伤标志物，如乳酸脱氢酶和肌酸激酶。因此，冷水浸泡应被纳入高强度训练或比赛后的恢复策略中。

6. 压缩衣物

- 压缩衣物对缓解肌肉酸痛具有显著作用，尽管对后续运动表现的提升效果有限，但能够显著降低运动员的感知疲劳（RPE），并改善恢复期间的睡眠质量。
- 因此, 压缩衣物适用于在高频比赛日程中帮助减少肌肉酸痛的恢复策略。

7. 按摩

- 按摩通过缓解肌肉紧张和疲劳，促进血液流动，有助于恢复肌肉功能。
- 结合拉伸的按摩方法已被证明能够提高篮球运动员的垂直跳和冲刺表现，尤其是在比赛后。
- 此外，按摩还有助于心理放松，提升整体恢复体验。定期按摩应成为运动员恢复计划中的重要组成部分。

8. 针灸

- 针灸作为一种替代的恢复手段，已被证实可以减少肌肉酸痛，改善血清肌酸激酶水平，并增加副交感神经活动，从而促进恢复和肌肉功能的提升。
- 因此，针灸可以作为运动员肌肉疲劳或酸痛时的恢复策略之一。

9. 减量训练

- 在比赛前逐渐减少训练强度和训练量，帮助运动员恢复并在比赛时达到最佳状态。
- 减量训练有助于减少疲劳，提升无氧能力，并促进整体恢复。
- 因此，教练应根据比赛日程安排合理的减量训练，以确保运动员在比赛前处于最佳竞技状态。

10. 正念训练

- 正念训练能够帮助运动员减少焦虑和压力，提升专注力并加速心理恢复。
- 正念训练可以显著降低心理压力，改善运动员的比赛准备状态和心理应对能力。
- 因此，正念练习作为心理恢复的手段之一，可有效促进运动员的全面恢复。

11. 红光疗法

- 红光疗法在改善运动员睡眠质量和促进恢复方面显示出积极作用。
- 连续两周每晚进行 30 分钟的红光照射，可以显著提高血清褪黑激素水平，并改善耐力表现。
- 尽管仍需更多研究来验证其效果，但红光疗法作为一种辅助恢复方法，特别是在提升睡眠质量方面具有一定潜力。

二、总结与实践建议

- 恢复应作为训练方案中的重要组成部分。所有恢复策略（如睡眠、营养、水合作用、CWI、补充剂、压缩衣物和逐渐减量）都可以在一定程度上减轻篮球运动员的疲劳并促进恢复。睡眠、营养和水合作用是基本需求，应优先考虑以确保运动员的最佳恢复能力。需要时，也可以纳入二次恢复策略，以进一步优化恢复过程，确保运动员为即将到来的竞技需求做好准备。

- 正念训练是其中最适合且非侵入性的恢复方法之一，不仅对运动员的场上表现有显著影响，还能间接改善睡眠和整体健康。尽管所有恢复方法都能在一定程度上减轻延迟性肌肉酸痛（DOMS），但软组织处理（如按摩和拉伸）似乎具有额外的效果。
- 充足的补水和营养摄入是唯一能够持续维持适当液体和营养需求的恢复方法。
- 最佳恢复策略应结合对恢复过程的积极感知，并关注恢复训练和比赛后所需的生理与心理机制。在篮球运动中，实施个性化的恢复方法，结合多种恢复手段有助于加速恢复并保持运动员的高水平竞技状态。同时，教练、运动员与团队其他成员之间的合作和有效沟通，对于降低过度训练和伤病风险，以及优化运动员的表现至关重要。

编译来源：Mihajlovic M, Cabarkapa D, Cabarkapa DV, et al. Recovery Methods in Basketball: A Systematic Review. Sports (Basel). 2023;11(11):230.

编译：殷明越

热水浸泡而非冷水更有助于缓解运动性骨骼肌损伤所带来的肌肉输出速率的下降

降低核心温度或肌肉温度的恢复策略通常被认为可以维持内环境稳定，并调节机体的炎症反应，从而加速神经肌肉系统的恢复。冷疗在实践中常被用于在受伤后降低肌肉温度，以抑制继发性损伤的扩散。尽管动物实验表明冷疗在这一方面具有一定效果，但人体实验的结果尚不一致。近年来，热水浸泡（HWI）因其在调节免疫炎症反应方面的关键作用，从而促进神经肌肉恢复，得到了广泛关注。特别是在早期恢复阶段（即运动后数小时内）使用热水浸泡，无论是在实验室环境还是在一天中多次训练间隙中应用，都显示出了积极效果。因此，本研究的目的是比较热水浸泡与冷水浸泡对运动性骨骼肌损伤后力量输出速率恢复的影响。在本研究中，30 名男性运动员在经历运动性骨骼肌损伤后，分别进行冷水浸泡（11°C）、热水浸泡（41°C）和热水浴（36°C）。研究中持续监测运动员的核心温度，并在肌肉损伤诱导前（pre）、损伤后 24 小时（post-24h）和 48 小时（post-48h）测量膝关节伸膝的最大等速力量和爆发力。

一、研究结果

1. 核心温度

- 热水浸泡后核心温度显著上升（38.82 ± 0.13 °C vs 37.47 ± 0.24 °C），核心温度达到 38.5 °C 的平均时间为 22.2 分钟。

2. 神经肌肉恢复

- 运动后 48 小时，冷水浸泡（-8.3 ± 6.8%）和热水浸泡（-1.4 ± 4.1%）均使膝关节伸膝力矩恢复到运动前水平。
- 热水浸泡使爆发力（-2.3 ± 29.3%）和疼痛感（+5.6 ± 14.6%）恢复到接近运动前水平，而冷水浸泡和热水浴未表现出同样的恢复效果。

二、总结与建议

- 运动后采用热水浸泡比冷水浸泡更有效地促进恢复后期的肌肉力量输出速率。41°C 的热水浸泡对快速恢复肌肉力量发展速率（RFD）有显著效果，而 RFD 对爆发力至关重要。实践中，运动员在高强度训练后可以采用单次热水浸泡，以加快恢复进程。

- 虽然 41°C 的热水浸泡显示出良好的恢复效果，但要将体温提升到适宜的恢复水平可能需要长达 60 分钟。考虑到运动员的时间限制，建议进一步探索如微波透热疗法等更快速的局部加热方法，特别适用于局部肌肉恢复的情境。

- 尽管冷水浸泡在运动恢复中的应用广泛，但本研究表明，在需要快速力量生成的情况下，热水浸泡具有更大的优势。冷水浸泡虽然有助于维持最大力量，但对爆发力的恢复作用有限。

编译来源：Sautillet B, Bourdillon N, Millet GP, Billaut F, Hassar A, Moufti H, Ahmaïdi S, Costalat G. Hot But Not Cold Water Immersion Mitigates the Decline in Rate of Force Development following Exercise-Induced Muscle Damage. Med Sci Sports Exerc. 2024 Jul 5.

编译：邓鉴峰

可视化图

科学支持的提高运动员睡眠的补充剂

编译来源：Langan-Evans C, Hearris MA, Gallagher C, Long S, Thomas C, Moss AD, Cheung W, Howatson G, Morton JP. Nutritional Modulation of Sleep Latency, Duration, and Efficiency: A Randomized, Repeated-Measures, Double-Blind Deception Study. Med Sci Sports Exerc. 2023 Feb 1;55(2):289-300.

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