

超长距离耐力运动对身体的深层影响与科学恢复策略

摘要

超长距离耐力运动，如大铁226 (Ironman 140.6) 或百公里超级马拉松，对人体而言是一场全面的生理重塑与急性应激挑战。尽管适量运动对心血管健康、代谢功能和长寿具有显著益处，但此类极限赛事会引发复杂的生理级联反应。本报告将从心血管、肌肉骨骼、肾脏、免疫、内分泌及神经系统等多维度，深入剖析比赛对身体的急性影响、内环境稳态的短暂失衡，以及潜在的长期病理性重塑。在此基础上，报告将提供一份基于科学证据的分阶段恢复与干预策略，旨在帮助运动员在追求卓越的同时，最大限度地保障健康与安全。

引言：极限挑战下的身体重塑

1.1 什么是超长距离耐力运动？

超长距离耐力运动代表了人类体能的极限探索，其特点在于持续时间长（通常数小时到数十小时）、强度高、能量消耗巨大，并常在复杂多变的环境中进行。这类赛事包括全程大铁三项（游泳3.8公里、骑行180公里、跑步42.2公里）、半大铁（Ironman 70.3）以及超越马拉松距离的超级马拉松（Ultramarathon）等。这些挑战不仅考验运动员的心肺功能和肌肉耐力，更是一场对身体内环境稳态的全面考验。

1.2 报告核心目标：从宏观到微观的系统性剖析

本报告旨在超越对超长距离运动后“疲劳”和“酸痛”的表面认知，深入探究身体在极限运动后的深层生理、生化和细胞级变化。报告将揭示其对身体系统的双刃剑效应，即在带来巨大益处的同时，也伴随着不可忽视的潜在风险。通过详尽的分析，本报告期望为运动员、教练员以及相关医疗专业人士提供一份权威、实用的健康蓝图，指导他们如何在追求极限的道路上，实现更智能、更安全的训练与恢复。

第一部分：急性生理应激与系统性损伤

2.1 心血管系统：心脏的“微损伤”与急性功能障碍

一次大强度耐力运动会对心血管系统造成巨大的急性负荷。在比赛中，为满足持续增加的需氧量，心输出量可提升至安静状态下的5至7倍¹。这种高负荷导致心脏的四个腔室过度伸展，特别是右心室，可造成心肌纤维微损伤¹。研究发现，运动后运动员的右心室会出现短暂性扩大和功能受损¹。

心肌损伤的生物标志物也会显著升高。比赛后，血清心肌钙蛋白(cTn)和B型脑钠肽(BNP)水平会明显上升，这些是心肌细胞受损的特异性指标¹。这些生物标志物水平的升高与运动的持续时间和右心室功能下降的程度具有相关性¹。从病理生理学角度看，持续高强度运动会产生大量自由基，且儿茶酚胺水平会持续升高，两者共同通过诱导和加剧炎症反应来恶化心肌损伤¹。

心脏在极限运动中的反应呈现出一种复杂的双向效应。剧烈运动会引发心输出量激增，从而对右心室施加巨大的血流动力学压力，这是右心室后负荷(Afterload)线性增加的结果¹。这种机制解释了为何右心室比左心室更容易受到急性损伤，也揭示了运动强度在决定急性损伤程度中的关键作用。这并非简单的疲劳现象，而是一种与运动强度直接相关的独特病理机制，意味着即便总运动时长相同，高强度训练对右心室的急性影响可能远大于低强度训练²。

这种急性损伤与长期适应之间存在一个值得深入探讨的矛盾。一方面，适度且规律的耐力运动对心脏有益，可显著降低心血管疾病的风险¹。然而，本报告的分析也明确指出，经年累月的过度高强度运动可能导致心肌微损伤的累积，最终形成瘢痕和心肌纤维化，尤其是在心房和右心室¹。这种病理改变为心律失常，特别是房颤(Afib)和室性心律失常提供了结构基础¹。这种现象提示，运动的“量”(每周总运动时间)和“强度”(是否超过特定阈值)是决定其对心脏影响是利是弊的关键。

表1: 超长距离运动后心血管损伤生物标志物的时间轴变化

生物标志物	赛前基线	赛后即刻	赛后24-48小时	赛后7天
心肌钙蛋白(cTn)	低或不可检出	显著升高	逐步下降	多数恢复正常
脑钠肽(BNP)	正常范围	显著升高	逐步下降	多数恢复正常
肌酸激酶(CK-MB)	正常范围	显著升高	仍可能高于正常	逐步恢复

2.2 肌肉骨骼系统:从宏观疲劳到微观破坏

超长距离比赛，特别是像超马这类以跑步为主的高冲击运动，会对肌肉骨骼系统造成深远影响。比赛中，肌肉纤维会发生超微结构破坏⁵，这通常表现为普遍的延迟性肌肉酸痛症(DOMS)，其疼痛感通常在比赛后24至72小时达到顶峰⁷。

更严重的情况下，剧烈运动可能引发运动性横纹肌溶解症(Exertional Rhabdomyolysis, ER)。这是一种由肌肉细胞破裂、细胞内容物(特别是肌红蛋白Myoglobin和肌酸激酶CK)释放入血所引起的综合征⁹。其典型症状包括肌肉极度疼痛、无力、肿胀，以及最关键的信号——茶色或深褐色尿液⁹。血清肌酸激酶(CK)是诊断ER的关键指标，其水平可升高至正常值的5倍以上，甚至可达数十万单位¹²。

这种肌肉损伤是多系统病理级联反应的起点。当肌肉纤维破裂，大量肌红蛋白(Mb)被释放到血液中，它们会通过肾脏进行过滤。然而，大剂量的Mb在肾小管中析出，可能造成堵塞，引发急性肾损伤(AKI)⁹。因此，横纹肌溶解症并非一个孤立的肌肉问题，而是一个能够引发多器官功能障碍的潜在致命性威胁⁹。对于运动员而言，认识到“茶色尿”不仅仅是疲劳的标志，而是需要立即就医的严重警报至关重要。

2.3 肾脏功能:急性肾损伤的潜在威胁

超长距离运动后，肾脏面临多重应激。在比赛中，身体为了维持核心体温和向工作肌肉供血，会重新分配血液流向，导致肾脏血流量减少¹⁷。同时，大量出汗引起的脱水和电解质(尤其是钠)流失，进一步加剧了血容量的减少，使肾脏处于缺血状态⁹。

正如约翰斯·霍普金斯大学的研究所示, 体液量和汗液中钠的流失是赛后急性肾损伤(AKI)的关键因素¹⁷。这一机制与神经内分泌反应紧密相关: 血容量减少会促使垂体分泌升压素(vasopressin), 导致血管收缩以维持血压, 但这同时也会减少肾脏血流量和滤过率¹⁷。此外, 如上一节所述, 横纹肌溶解症释放的肌红蛋白是导致AKI的另一条关键路径⁹。这两种机制独立发生, 但在赛后汇聚, 对肾脏造成双重打击。

尽管一些研究显示, 超长跑后血清肌酐水平的升高通常是短暂且可逆的⁶, 并在几天内恢复, 但重复性的急性损伤是否会增加长期慢性肾病的风险, 仍是未来需要持续研究的领域¹⁷。这再次强调了在追求极限的同时, 需要保持谨慎和科学的监测态度。

2.4 免疫系统: “开放性窗口”与感染风险

超长距离、高强度运动后, 身体会经历一个短暂的免疫抑制期, 这是一种被称为“精英运动员悖论”的现象¹⁹。这个时期通常被称为“开放性窗口”, 持续3至72小时, 期间运动员对感染, 特别是上呼吸道感染的抵抗力会降低²¹。

这种现象与运动中产生的细胞因子和应激激素有关。在长时间运动后, 白细胞介素-6(IL-6)会显著升高, 其水平可达基线的数百甚至数千倍¹⁵。IL-6作为一种肌动素, 具有强大的抗炎作用, 但当其分泌量被放大到远远超过正常水平时, 可能会削弱机体对外部病原体的防御能力²⁴。同时, 应激激素如皮质醇和儿茶酚胺的急剧升高, 可以抑制免疫细胞(如自然杀伤细胞NK)的功能和数量, 导致淋巴细胞减少¹⁵。

这一系列的生理反应揭示了免疫系统的一种“过度”自我保护机制。在应对内部损伤和炎症时, 身体会系统性地放大抗炎反应。然而, 这种策略的副作用是暂时牺牲了对外部病原体的防御能力²⁴。这一发现颠覆了“运动越多越健康”的简单认知, 并为运动员提供了明确的赛后健康管理建议: 在“开放性窗口”期间, 应特别注意个人卫生、避免人群密集场所, 并及时补充碳水化合物以维持免疫系统正常运转¹⁹。

第二部分: 内环境稳态的崩溃与重建

3.1 能量代谢: 燃料耗尽与代谢策略的转变

超长距离运动的最大生理挑战之一是能量耗尽⁵。在比赛中,身体燃烧卡路里的速度可能会超过吸收食物并转化为能量的速度,这代表了人类表现的生物学上限²⁵。运动前期和中期,碳水化合物是主要能量来源,但随着体内有限的糖原储备耗尽,身体会转向分解脂肪和蛋白质作为主要燃料⁵。研究显示,在超长距离运动中,蛋白质可提供约10%的总能量消耗²⁷。

这种能量耗竭不仅影响运动表现,也对全身系统造成深远影响。糖原耗竭会促使身体分解脂肪和蛋白质供能,导致肌肉蛋白分解和肌肉损伤加剧²⁷。同时,能量不足还会导致大脑疲劳,影响决策能力和运动表现²⁹。这解释了为何超长距离比赛后,肌肉恢复如此缓慢,且对营养补充有严格要求。这不仅仅是为了下一次训练储备能量,更是为了从根本上扭转身体的分解代谢状态,促进组织修复。

3.2 内分泌系统:激素风暴与应激响应

超长距离运动后,内分泌系统会经历一场激素风暴。应激激素如皮质醇和儿茶酚胺水平会急剧升高¹,这是一种为了应对生理应激和维持血糖水平的正常反应³⁰。然而,睾酮和黄体生成素(LH)等性激素水平则会下降³¹。

长期而言,经年累月的过度训练可导致下丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA轴)功能紊乱,最终表现为皮质醇水平的异常波动,并引发一系列与过度训练综合征相关的症状,如表现力下降、失眠、易怒和情绪低落¹⁵。这种HPA轴的过度激活和持续高水平的皮质醇会影响中枢神经系统,导致情绪障碍、睡眠失调、认知功能减退等¹⁵。

这一系列生理反应直接连接了“运动过量”这一生理现象与“精神倦怠”、“运动成瘾”等心理问题³³。它解释了为何有些运动员在停止训练后会感到沮丧、易激动,因为身体已经产生了对内啡肽等类吗啡物质的依赖,而HPA轴的持续疲劳使得身体无法正常调节情绪³²。

3.3 精神与神经:中枢疲劳与心理倦怠

超长距离运动中的疲劳不仅来自肌肉本身(外周疲劳),也源于大脑(中枢疲劳)³⁵。中枢疲劳是一种复杂的“心理生物学状态”,由长时间高要求的认知活动引起²⁹。其特点是它不会显著影响最大摄氧量或心率等生理指标,但会提高自觉用力程度(Rate of Perceived Exertion),并可能导致运动表现下降几个百分点,例如,在百英里超马中可能慢45分钟²⁹。

精神疲劳的累积效应源于比赛中的重复性微小决策。在超马比赛中,运动员需要长时间、重复性地做出各种微小决策,例如选择吃何种口味的能量胶、计算下一个补给点的距离,这些都持续消耗精神能量²⁹。这种持续的决策疲劳会累积,最终影响比赛表现和赛后恢复。这表明精神疲劳不

只发生在比赛中。赛前繁琐的计划和过度分析同样是“往口袋里装石头”的行为，会消耗运动员的精神储备²⁹。因此，心理恢复与身体恢复同等重要，且需要贯穿整个训练和比赛周期。

第三部分：长期影响与身体重塑

4.1 心脏重塑：良性适应与病理性重构的界线

长期耐力训练通常会引发心脏的生理性重塑，即“运动员心脏”³。这种适应性变化表现为心室和心房容积增大、心肌肥厚，从而提高心输出量和运动表现⁴。这些变化通常被认为是良性的，并且在减少运动量后可以逆转³。

然而，长期过度的大强度运动可能导致病理性重构。研究发现，经年累月的重复性微损伤可引起心肌纤维化，尤其是在心房和右心室，这为房颤和室性心律失常提供了结构基础¹。这种从量变到质变的病理路径是：单次比赛后的心肌微损伤（可逆）→重复性、高强度的训练与比赛→微损伤无法完全恢复→心肌纤维化和瘢痕形成→心脏结构和电生理改变→心律失常易感性增加¹。这一发现解释了为何在退役多年后，一些顶级耐力运动员仍然面临心律失常的风险⁴。这说明，在某些高风险个体（可能存在遗传易感性）中，过度运动造成的病理改变可能是持久的，甚至不可逆的。因此，赛前的心脏筛查尤为重要³。

4.2 超马与大铁的异同：损伤模式与恢复策略的对比

尽管超马和大铁都属于超长距离耐力运动，但其对身体的生理负荷模式存在显著差异，并导致不同的损伤类型和恢复需求。

- 超马：以跑步为主，对身体的冲击力更大，特别是关节和肌肉。由于单一的重复性动作，更容易导致肌肉疲劳和关节劳损³⁷。因此，超马往往会造成更严重的物理性损伤，需要更长的恢复时间³⁷。
- 大铁：包含游泳、骑行和跑步三项运动，运动模式的多样性使得身体不同部位承受负荷。尽管总时长相似，但骑行和游泳对关节的冲击力较小³⁷。大铁的疲劳更多源于赛前巨大的训练量，而非比赛本身造成的物理性损伤³⁷。

大铁三项运动模式的交替，使得不同肌群和关节轮流受力，从而有效降低了单一肌群和关节的累积冲击力，相较于超马，比赛本身造成的物理性损伤较轻³⁷。这一比较不仅有助于理解两种运动对

身体影响的差异，也为交叉训练的益处提供了佐证。它提示运动员，通过在训练中加入不同模式的运动，可以有效降低单一运动带来的过度使用损伤风险。

第四部分：基于科学的恢复与干预策略

5.1 分阶段恢复时间线：从即刻到完全

专业的赛后恢复策略必须根据不同的生理机制需求来制定。

恢复阶段	时长	核心目标	具体行动
阶段一：即刻恢复期	0-24小时	损伤控制与能量补充	立即补充水分和电解质 ³⁹ 。饮用富含碳水化合物和蛋白质的液体或小餐，以快速补充糖原和启动肌肉修复 ³⁹ 。充分休息和睡眠，目标8-10小时 ³⁹ 。
阶段二：短期恢复期	1-7天	缓解疲劳与肌肉酸痛	轻度的主动恢复，如散步、游泳或轻松骑行，以促进血液循环，清除代谢废物 ³⁹ 。可辅以按摩、泡沫轴放松和拉伸，但避免过度用力 ⁷ 。
阶段三：长期恢复期	1-4周	循序渐进地恢复训练	在身体感觉良好后，可开始进行轻松的跑步，但初期应严格控制在低强度、短时间（如20分钟） ⁴² 。每周增加的跑量不

			应超过10%，并继续监测疲劳迹象 ³⁹ 。
阶段四：完全恢复	4周+	身体与心理的双重调整	大部分运动员需要4-6周才能从百英里超马等赛事中完全恢复 ³⁹ 。这一阶段应包括身体和心理上的双重调整，例如，可以暂时不设定下一个比赛目标，享受“无结构”的跑步乐趣 ⁴² 。

5.2 精准营养：重建能量储备与修复组织

营养是赛后恢复的基石。比赛后30至60分钟内，肌肉吸收和储存营养的能力增强，被称为“恢复黄金窗口”⁴⁰。

- 碳水化合物：比赛中，建议每小时摄入30至60克碳水化合物，高强度运动中可增加至80至120克¹⁹。赛后应尽快补充，以每公斤体重1.2克碳水化合物为目标⁴⁰。
- 蛋白质：赛后立即补充蛋白质对于肌肉修复至关重要，建议每餐摄入约0.5克/公斤体重⁴⁵。对于耐力运动员，日常蛋白质摄入量建议为1.2至1.7克/公斤体重⁴⁵。蛋白质在赛后能够促进肌肉蛋白质合成并减缓分解，对组织修复至关重要²⁸。

5.3 倾听身体信号：过度训练的预警

超长距离运动后，必须警惕身体发出的预警信号，这有助于避免过度训练和潜在的健康问题。

- 关键指标：持续性疲劳超过2至3天，肌肉疼痛持续3至4天以上，静息心率升高，睡眠质量差或失眠，以及感到精神压力和易怒³²。这些是身体发出的警报信号，提示需要减少训练量或完全休息³²。

过度训练会引发一系列连锁反应。持续高强度训练导致身体长期处于恢复的负平衡状态，这会引发中枢神经的持久性兴奋，导致失眠，进而加剧精神压力和易怒³²。这一连锁反应解释了为何过度训练会使人对运动产生厌倦感³²。它揭示了“欲速则不达”的科学原理，强调了规律休息对机能

提升的重要性³²。

结论与前瞻：超越极限，安全前行

完成一场超长距离耐力运动是对身体极限的深刻探索，它既能带来心肺功能、代谢效率等长期的益处，也伴随着急性系统性损伤、内环境失衡和潜在的长期风险。成功的秘诀在于“智能运动”（Smart Exercise）。这不仅仅是训练强度和时长，更关乎赛前的全面健康筛查、赛中的精准补给以及赛后的科学恢复。

尽管现有研究已为我们提供了宝贵的洞见，但关于重复性急性损伤与慢性疾病（如心肌纤维化、肾病）之间的长期关联，以及如何更精准地监测和干预精神中枢疲劳，仍是未来运动医学研究的重要方向。最终，我们相信，在科学的指导下，人类能够在追求极限挑战的道路上，走得更远，也更健康。

Works cited

1. 长期大强度耐力运动对心脏的不利影响 - 体育科学, accessed September 22, 2025, <http://tykx.xml-journal.net/cn/article/pdf/preview/10.16469/j.css.201606005.pdf>
2. Exercise-induced cardiac fatigue: the need for speed - PMC, accessed September 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4887695/>
3. 长期耐力运动对心脏有益还是有害？ - North DHC Express, accessed September 22, 2025, <https://www.northdhc.org.hk/sc/activity/%E9%95%B7%E6%9C%9F%E8%80%90%E5%8A%9B%E9%81%8B%E5%8B%95%E5%B0%8D%E5%BF%83%E8%87%9F%E6%9C%89%E7%9B%8A%E9%82%84%E6%98%AF%E6%9C%89%E5%AE%B3%EF%BC%9F%C2%A0>
4. Potential Adverse Cardiovascular Effects From Excessive ..., accessed September 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3538475/>
5. What Happens to Your Body in An Ironman? - Triathlete, accessed September 22, 2025, <https://www.triathlete.com/culture/a-physiological-view-of-what-the-human-body-goes-through-in-an-ironman-2/>
6. (PDF) Muscle damage and inflammatory status biomarkers after a 3 ..., accessed September 22, 2025, https://www.researchgate.net/publication/342501364_Muscle_damage_and_inflammatory_status_biomarkers_after_a_3-stage_trail_running_race
7. 健身后浑身酸痛怎么办？ - 群众体育 - 三明市人民政府, accessed September 22, 2025, http://www.sm.gov.cn/wz/hdjlzsk/tyj/czty/202309/t20230926_1957940.htm
8. 运动后的痛你了解多少？ - 国家体育总局, accessed September 22, 2025, <https://www.sport.gov.cn/n20001280/n20001265/n20066978/c23900635/content.html>

9. 跑馬拉松的隱形危機：認識橫紋肌溶解症、預防與應對建議 - BETERY 運動誌, accessed September 22, 2025, <https://mag.betery.com.tw/exercise-induces-rhabdomyolysis/>
10. 运动性横纹肌溶解症2例诊治分析, accessed September 22, 2025, <http://zgycgc.ijournals.cn/zgycgc/article/abstract/201710036?st=search>
11. 激烈運動後小心橫紋肌溶解症 - 啟新健康世界-專業健康檢查/醫學健康促進, accessed September 22, 2025, <https://www.ch.com.tw/index.aspx?chapter=ABA960601>
12. 儿童急性横纹肌溶解症的临床特点 - 中国当代儿科杂志, accessed September 22, 2025, <http://www.zgddek.com/CN/abstract/html/2015-11-1253.htm>
13. A marathon runner with rhabdomyolysis | Request PDF - ResearchGate, accessed September 22, 2025, https://www.researchgate.net/publication/330553813_A_marathon_runner_with_rhabdomyolysis
14. 剧烈运动后, 肌肉会“溶解”吗 - 吉林日报, accessed September 22, 2025, http://jlrbzsb.dajilin.com/pc/paper/c/202410/15/content_60021.html
15. The Effect of an Ultradistance Foot Race on Thyroid, Stress Hormone Levels and the Immune System - ClinMed International Library, accessed September 22, 2025, <https://clinmedjournals.org/articles/ijsem/international-journal-of-sports-and-exercise-medicine-ijsem-7-207.php?jid=ijsem>
16. 横纹肌溶解症常见并发症及治疗进展, accessed September 22, 2025, <https://www.tjybjb.ac.cn/CN/10.11958/20221284>
17. Why acute kidney injury strikes marathon runners - Futurity, accessed September 22, 2025, <https://www.futurity.org/marathons-acute-kidney-injury-2159552/>
18. Acute kidney injury during an ultra-distance race - PMC, accessed September 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6760777/>
19. 运动后免疫力有所降低宜补碳水增强免疫-新华网, accessed September 22, 2025, http://www.xinhuanet.com/world/2017-02/21/c_129486530.htm
20. 锻炼上强度反而更容易生病？多项研究证实：长时间+高强度运动会抑制免疫系统并引起多项人体血液生理指标变化，乳酸堆积或成罪魁祸首？ - 生物谷, accessed September 22, 2025, <https://news.bioon.com/article/5b98846045ed.html>
21. pmc.ncbi.nlm.nih.gov, accessed September 22, 2025, [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3475230/#:~:text=Heavily%20exercising%20endurance%20athletes%20experience,respiratory%20tract%20infections%20\(URTI\).](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3475230/#:~:text=Heavily%20exercising%20endurance%20athletes%20experience,respiratory%20tract%20infections%20(URTI).)
22. Exercise-Induced Immunodepression in Endurance Athletes and ..., accessed September 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3475230/>
23. Inflammatory Response to Ultramarathon Running: A Review of IL-6, CRP, and TNF- α , accessed September 22, 2025, <https://www.mdpi.com/1422-0067/26/13/6317>
24. The elite athlete paradox: how running a marathon can make you ill ..., accessed September 22, 2025, <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/the-running-blog/2015/aug/27/the-elite-athlete-paradox-how-running-a-marathon-can-make-you-ill>

25. 科学家摸到人类耐力“天花板” - 新闻- 科学网, accessed September 22, 2025, <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2019/6/427284.shtm>
26. 疲劳的肌肉是由于糖原的分解| Bangkok Hospital Headquarter, accessed September 22, 2025, <https://www.bangkokhospital.com/zh/bangkok/content/muscle-fatigue>
27. Protein Metabolism and Endurance Exercise - ResearchGate, accessed September 22, 2025, https://www.researchgate.net/publication/6363536_Protein_Metabolism_and_Endurance_Exercise
28. 全馬補給策略: 賽前、中、後3 時期營養全攻略 - BETERY 運動誌, accessed September 22, 2025, <https://mag.betery.com.tw/marathon-endurance-runner-nutrition-tips/>
29. How Ultramarathon Runners Can Overcome Mental Fatigue - Jason ..., accessed September 22, 2025, <https://trainright.com/how-ultrarunners-overcome-mental-fatigue/>
30. 运动性猝死与肾上腺功能不全的关系及防治研究进展*, accessed September 22, 2025, <https://lcjz.whuhzszs.com/data/article/lcjz/preview/pdf/20210514.pdf>
31. Thieme E- Journals - International Journal of Sports Medicine / Abstract, accessed September 22, 2025, <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2007-972629?device=desktop&innerWidth=412&offsetWidth=412>
32. 欲速则不达: 锻炼切忌过度运动 - 健康频道- 央视网, accessed September 22, 2025, <http://jiankang.cctv.com/2016/08/24/ARTIUqZ7qzFsQP8XZsl09GGp160824.shtml>
33. 运动过量损身不利己, accessed September 22, 2025, <https://www.sgh.com.sg/news/patient-care/excessive-exercise-is-bad-for-yourself>
34. 过度训练导致机体健康损害的关键内在机制探讨PDF, accessed September 22, 2025, <https://www.pibb.ac.cn/pibben/article/html/20230395>
35. www.pibb.ac.cn, accessed September 22, 2025, <https://www.pibb.ac.cn/pibbcn/article/html/20250056>
36. 超级马拉松长跑: 做好准备 - Samitivej Hospital, accessed September 22, 2025, <https://www.samitivejhospitals.com/zh/article/detail/ultramarathon-heart-risks>
37. Is an Ultra Marathon Harder Than an IRONMAN Triathlon? - MOTTIV, accessed September 22, 2025, <https://www.mymottiv.com/how-to-train-for-an-ultra-marathon/is-an-ultra-marathon-harder-than-an-ironman>
38. Which is more difficult: Ironman or Ultramarathon? - Quora, accessed September 22, 2025, <https://www.quora.com/Which-is-more-difficult-Ironman-or-Ultramarathon>
39. How Long Does It Take To Recover From An Ultra Marathon?, accessed September 22, 2025, <https://www.mymottiv.com/how-to-train-for-an-ultra-marathon/ultra-marathon-recovery>
40. 铁人三项营养指南, accessed September 22, 2025, <https://www.scienceinsport.com/sports-nutrition/zh/triathlon-nutrition-guide/>

41. 埃鲁德·基普乔格：如何像马拉松世界纪录保持者一样休息、补给和恢复, accessed September 22, 2025, <https://www.olympics.com/zh/news/how-to-fuel-rest-recover-like-eliud-kipchoge>
42. Optimizing Recovery After an Ultramarathon - CTS, accessed September 22, 2025, <https://trainright.com/recovery-after-running-an-ultramarathon/>
43. 恢复体育伤后的身体恢复| Bangkok Hospital Headquarter, accessed September 22, 2025, <https://www.bangkokhospital.com/zh/bangkok/content/recovery-after-sports-injury>
44. 【銳速講堂】鐵人三項競賽補給策略, accessed September 22, 2025, <https://www.raceon.com.tw/zh-TW/blogs/news/118995>
45. Protein Nutrition for Endurance Athletes: A Metabolic Focus on Promoting Recovery and Training Adaptation - PMC, accessed September 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12152099/>
46. 加拿大营养师协会(DC)及美国运动医学会(ACSM)的, accessed September 22, 2025, <https://acsm.org/wp-content/uploads/2025/01/Nutrition-and-Athletic-Performance-Simplified.pdf>
47. 隔天跑还是天天跑专家教你这么选 - 国家体育总局, accessed September 22, 2025, <https://www.sport.gov.cn/n20001280/n20001265/n20066978/c24626151/content.html>