国际竞技体育科技前沿

2024 年 12 月　　第 12 期　　总 第 12 期

目　　录

1.竞技表现	估算精英运动员的肌肉纤维类型组成：全球专家调查	1-3
	奥林匹克冬季耐力运动中的性别差异：表现与影响因素	4-6
	不同竞技表现水平下马拉松跑者的训练强度分布	7-8
	世界游泳趋势的十年演变：不同表现水平的高斯模型	9-11
2.训练效果	低量速度耐力训练通过减少训练量提升高水平自行车运动员竞技表现	12-13
	改善柔韧性的最佳拉伸剂量及处方建议：荟萃分析	14-15
	竞技体育里的周期化：以力量/爆发训练为重点——观点综述	16-17
3.数智训练	机器学习方法预测运动中的损伤风险：基于证据综合的综述	18-19
	扩展现实技术在运动感知-认知技能研究中的应用：系统综述	20-21
4.可视化图	教练，想看我的报告吗？三步支撑运动科学与实践融合	22

国家体育总局科教司　　国家体育总局体育科学研究所　合编

负荷调控

估算精英运动员的肌肉纤维类型组成：全球专家调查

人体肌纤维分为快肌纤维（II 型）和慢肌纤维（I 型）。快肌纤维主要通过糖酵解供能，能够快速收缩产生较大力量；而慢肌纤维以有氧供能为主，耐力表现更为优异。本研究旨在调查并比较以下两方面内容：1）当前用于估算人体肌纤维类型成分的侵入性与非侵入性方法；2）人体肌纤维类型成分在运动科研及运动医学领域的实际应用情况。

一、基于人体肌纤维成分的实践现状

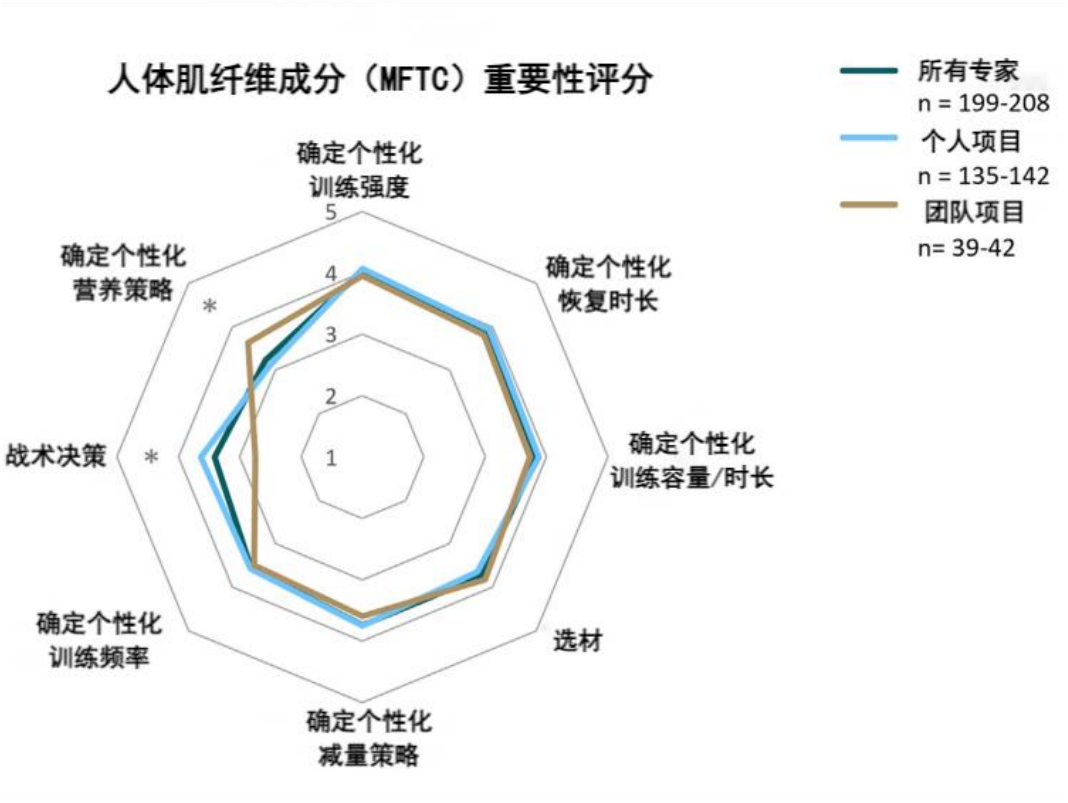
在调查中，40%的专家表示，他们会通过测量或估算的人体肌纤维成分作为选材、训练以及配速的参考依据；10%的专家认为其价值有限；而 50%的专家尚未将肌纤维成分应用于实践。由于部分专家及运动员不愿接受肌肉活检，因此需进一步探索更广泛的肌纤维成分估算方法。目前除肌肉活检外，不同专家还通过以下方法来估算人体肌纤维成分：

- 跳跃测试：反向跳、深蹲跳、连续跳跃、跳深测试、侧向跳。
- 力量测试：功能性力量、等长收缩力量、等速收缩力量。
- 生理测量：短时间的峰值或平均功率、完成任务或测试的时间、有氧阈值、无氧阈值、测试中的最大乳酸浓度。
- 训练测量：对训练的适应情况、训练中的恢复速度、训练后的恢复效率。
- 表现测量：耐力项目与冲刺项目的表现对比、短距离的最大加速能力、反应时间、配速策略。
- 生物力学测量：力-速曲线、最大踏频或步频、地面反作用力、最优踏频或步频、步长。

二、人体肌纤维成分在训练和比赛中的应用

- 在人体肌纤维成分如何影响训练和比赛决策的问题上，超过 80%的专家表示，他们使用这些知识来确定个性化的训练量、持续时间和强度。

- 约 50%至 60%的专家将这些信息用于制定个性化的恢复时间、训练频率和减量策略，以及战术规划（如配速策略）和选材决策。
- 此外，约 20%的专家基于肌纤维成分信息制定个性化的营养补充方案。
- 专家还对肌纤维成分信息在不同实践领域的重要性进行了评分（如图 1 所示），评分范围从 1（不重要）到 5（非常重要）。



三、总结与实践建议

- 本研究揭示了人体肌纤维成分在运动训练中的重要性，大多数专家认可其指导运动员表现优化的潜力。非侵入性测量方法（如跳跃测试、生理测量）显示出与肌纤维成分的密切相关性。研究还表明，不同肌纤维比例的运动员需针对性调整训练量、强度及方式，快肌纤维主导者适合冲刺训练，慢肌纤维主导者更适合低强度持续训练。
- 推广非侵入性测试（如跳跃测试、生理测量），为教练员提供客观评估肌纤维成分的工具，减少对主观判断的依赖，提升训练方案的科学性。

- 根据运动员的肌纤维成分优化训练策略。快肌纤维主导者应注重短时间、高强度的冲刺训练；而慢肌纤维主导者更适合低强度、长时间的持续输出训练，以发挥其耐力优势。
- 慢肌纤维比例较高的运动员可耐受更高训练量，而快肌纤维比例较高的运动员需通过高强度训练激活肌肉潜能。教练应灵活调整训练参数，确保负荷与运动员能力相匹配。
- 结合力量测试、运动表现测量和生物力学评估，定期跟踪运动员的适应情况与表现变化，及时调整训练方案以确保持续进步。
- 在教练员培训中增加肌纤维类型相关知识的普及与应用培训，帮助教练科学掌握评估和运用肌纤维信息的方法，从而制定更精确的个性化训练方案。

编译来源：Lievens E, Van de Casteele F, De Block F, et al. Estimating Muscle Fiber-Type Composition in Elite Athletes: A Survey on Current Practices and Perceived Merit. Int J Sports Physiol Perform. 2024;19(11):1197-1208. Published 2024 Aug 28.

编译：王宇航

奥林匹克冬季耐力运动中的性别差异：表现与影响因素

1924 年首届冬奥会，女性参赛者占比仅 4%。到 2022 年北京冬奥会，这一比例已升至 45%，预计 2026 年将达 47%，届时女性将参与争夺 43%的金牌。随着女性体育职业化进程的加速，性别差异在参赛机会和竞技表现方面逐渐缩小。

一、比赛中的性别差异

1.速度差异显著

- 在冬奥会耐力项目中，男性与女性在竞赛速度上存在显著差异。越野滑雪、冬季两项和长距离速滑项目中，男性竞赛速度通常快于女性 7%-16%。

2.配速策略异同

- 越野滑雪和冬季两项中，男女运动员的宏观配速策略基本一致。
- 然而，在微观配速上，由于地形变化的影响，性别差异较为明显，这可能与两性身体特征的差异密切相关。

3.技术选择倾向

- 相比男性，女性运动员更少使用双杖推撑和一步一撑技术，同时由于力量与技术稳定性的差异，其技术转换更为频繁，因此掌握子技术之间的流畅转换对女性运动员尤为关键。

4.冬季两项射击表现

- 射击表现是冬季两项成绩的关键因素。顶尖女性运动员的射击时间比男性长 7%-10%，但射击准确性的性别差异尚不明确。
- 此外，滑雪速度、步枪重量及其他生理或心理因素对射击表现的具体影响仍需进一步研究。

二、表现决定因素中的性别差异

1.实验室测试结果对比

- 越野滑雪实验室测试中，男性运动员在各年龄组的表现均优于女性，这不仅与测试时长和坡度相关，也受到技术使用的影响。
- 速度滑冰中，男性平均功率输出高于女性。

2.人体测量数据差别

- 越野滑雪中男性运动员的绝对瘦体重比女性高出 41%，且绝对瘦体重与男女冲刺序幕赛表现呈很大正相关。
- 但在速度滑冰中，身体形态与成绩表现无明显关联。

3.峰值摄氧量差距

- 在冬奥会耐力项目中，男性的峰值摄氧量在绝对/相对值上均高于女性。
- 近年来，女性通过针对性训练，其峰值摄氧量与男性的差距有所缩小。

4.运动效率表现

- 越野滑雪和冬季两项运动员中，总效率随斜坡陡峭程度增加而变化，且在两性之间存在成绩水平差异。

三、训练中的性别差异

- 在训练过程中，女性增加上肢肌肉质量和减少脂肪量对提高运动表现尤为关键，尤其是上肢肌肉的增加，能显著改善其在越野滑雪和冬季两项中的表现。

四、总结与实践建议

- 本文全面分析了冬奥会耐力项目中的性别差异，涵盖竞赛速度、技术选择等多个方面，为制定性别针对性的训练计划和改进训练方法提供了重要科学依据。然而，目前在北欧两项和滑雪登山等新兴项目中的性别差

异研究几乎为空白，这些领域的进一步探索将为未来训练方法提供更多参考。

- 针对女性运动员在上肢肌肉质量和力量方面的不足，教练应在训练中增加专注于上肢肌肉发展的专项内容，例如力量训练中的双杖推撑模拟练习和拉力带增强训练。对于男性运动员，可强化长时间耐力训练，以进一步优化其峰值摄氧量和能量利用效率。
- 女性运动员技术转换频繁且容易受体能影响，因此教练员应在越野滑雪和冬季两项训练中，增加子技术转换的专项训练模块，重点提升不同技术切换的流畅性，例如从经典式滑雪切换到自由式滑雪的技术稳定性。
- 根据比赛地形和性别特征，制定个性化配速策略。男性运动员可利用更强的爆发力在起步和坡段发力，女性运动员则可优化耐力阶段的速度保持和节奏管理，从而提升整体表现。
- 在冬季两项训练中，结合滑雪速度和射击技术训练，减少射击时间差异。通过降低枪械相对重量或模拟心理压力的射击练习，帮助女性运动员更快完成射击环节，同时在滑雪段提升效率以弥补速度差距。

编译来源：Solli GS, Sandbakk Ø, McGawley K. Sex differences in performance and performance-determining factors in the Olympic winter endurance sports. Sports Med Open. 2024;10(1):126.

编译：武凡超

不同竞技表现水平下马拉松跑者的训练强度分布

尽管精英运动员的训练特征和训练强度分布（TID）已有广泛研究，但针对不同竞技能力水平跑者的训练强度分布的全面分析仍较为有限。本研究基于Strava 运动记录软件的匿名化数据，收集了 119452 位跑者在 2014 年至 2017 年间完成的 151813 场马拉松比赛及赛前 16 周的跑步记录。当跑步记录距离达到 42.195 公里且与主要马拉松比赛的日期、时间和地点一致时，将其标记为比赛记录，并由此提取前 16 周的跑步数据。

每条跑步记录包含距离、时间、爬升和配速的百米采样数据，并通过科学公式将平地、上坡和下坡的配速标准化。此外，基于每位跑者 400 米~5000 米的最佳成绩数据，构建“距离-时间”关系，以斜率估算临界速度（Critical Speed）。训练强度分布（TID）基于三区法（Z1、Z2 和 Z3），其中 Z2 与 Z3 的分界为临界速度，Z1 与 Z2 的分界为临界速度的 82.3%。

每周训练课的 TID 分类如下：

若 Z1 > Z2 且 Z3 > Z2，则为两极化模式；

若 Z1 > Z2 且 Z2 > Z3，则为金字塔模式；

若 Z2 > Z1 且 Z2 > Z3，则为阈值模式；

若 Z3 > Z1 且 Z3 > Z2，则为高强度模式。

一、研究结果

1. 训练量与竞技水平

- 所有跑者的平均训练量为 45.1±26.4 公里/周，而最快跑者群体（马拉松完赛时间为 2 小时~2.5 小时）的训练量约为较慢跑者群体（完赛时间大于 4 小时）的 4 倍，体现了高竞技水平与高训练量之间的密切关联。

2. 训练强度分布

- Z2 和 Z3 速度区域的总训练时间在各竞技水平跑者中相对一致，但 Z1 速度区域的训练占比随着竞技水平的提升而显著增加。

3. 训练模式选择

- 金字塔模式是最常见的 TID 类型，完赛速度越快的群体采用该模式的比例越高，最快跑者群体中金字塔模式的比例达到 80%。

4. **训练量与完赛时间的相关性：**

- 马拉松完赛时间与总训练量及 Z1 速度区域的训练占比呈显著负相关。
- Z2 和 Z3 速度区域的训练占比则与较慢的完赛时间显著相关。

上述结果表明, 金字塔模式的高跑量训练是提升马拉松竞技水平的重要因素。

二、总结与实践建议

- 速度最快的跑者训练量显著较高，这主要通过增加 Z1 速度区域的训练量实现。马拉松跑者普遍采用金字塔型分布模式，且该模式在速度最快的跑者中出现的比例更高。
- 对高水平跑者及想要提升竞技表现的跑者，建议采用金字塔模式分配训练强度，即高比例训练时间分布于低强度区间（Z1），适当补充中强度（Z2）及高强度（Z3）训练。
- 提升训练总量对于马拉松竞技表现至关重要。高水平跑者的训练量显著高于业余跑者，建议逐步增加训练距离以适应高强度比赛需求。
  Z1 速度区域的训练占比是提升竞技水平的关键。教练员应合理安排低强度长距离训练，提高跑者的基础耐力。
- 不同竞技水平跑者的训练强度需求存在显著差异，教练员应根据跑者的目标完赛时间及现有训练水平，制定个性化的训练计划。

编译来源：Muniz-Pumares D, Hunter B, Meyler S, Maunder E, Smyth B. The Training Intensity Distribution of Marathon Runners Across Performance Levels. Sports Med. Published online December 1, 2024.

编译：李晨曦

全球游泳竞技水平的十年演变趋势：基于高斯模型

过去几十年间，游泳运动的竞技水平显著提升，尽管 20 世纪 90 年代初经历了短暂停滞，但近年来在训练专业化、科技创新和人才培养的推动下，全球游泳排名持续进步。然而，目前对于游泳排名趋势的系统性分析仍然不足，尤其是在不同竞技水平的运动员在奥运会和世界锦标赛等大规模赛事中的表现差异方面，研究较为缺乏。现有研究主要聚焦于精英游泳的全球趋势，如奥运会决赛选手的成绩演变，但对不同竞技水平群体的表现缺乏深入分析。此外，新冠疫情的全球爆发对竞技体育，特别是游泳运动，造成了显著影响。泳池关闭和训练环境受限导致运动员训练量锐减，不仅影响当年竞技表现，还可能对全球排名的长期趋势产生深远变化。本文旨在分析过去十年世界游泳排名的变化，重点探讨新冠疫情对不同水平运动员的影响，研究不同泳姿、距离和性别的表现趋势，为政策制定者、运动组织和教练提供全球游泳趋势的深刻见解，以支持未来训练与比赛规划。

一. 研究结果

本研究基于 122 个国家的 67,991 条记录，涵盖 10,386 名运动员（包括 5474 名男性和 4914 名女性），对 2013 至 2022 年的世界游泳排名进行了深入分析。

1. 总体趋势

- 2013 至 2019 年间，世界游泳排名总体呈现上升趋势，平均得分从 826 分增加至 847 分（增长 2.5%）。
- 2020 年受 COVID-19 疫情影响，运动员表现显著下降，平均得分减少 4.6%（37 分）。
- 2021 年，世界排名回升至最佳水平，平均得分达到 851 分，超过 2019 年的 847 分。
- 2022 年成绩略微回落，得分为 844 分，与 2018 年相近，下降幅度为 0.8%。

2. 不同泳姿和距离的趋势

- 100 米与 200 米项目：趋势与整体结果一致，2021 年成绩达到峰值，2022 年有所下降。

- 超过 400 米的长距离项目：2021 年得分最高，但 2022 年回落至接近 2015 至 2017 年的水平。
- 50 米短距离项目：2022 年成绩达到最高，表现尤为突出。

3. 性别差异

- 男性运动员的平均得分显著高于女性（$P < 0.05$）。
- 自 2017 年以来，性别间的表现差距逐渐增大，男性进步幅度明显超过女性，2022 年性别差距增至 1.5%。

4. 竞技水平群体的划分与表现

- 世界排名前 200 的运动员被划分为三个竞技水平群体（Cluster 1, Cluster 2, Cluster 3）：
- Cluster 1：男性排名前 23.3%，女性排名前 31.5%，平均得分分别为 910（男性）和 907（女性）；
- Cluster 2：男性排名 24%-66.5%，女性排名 32%-72.5%，平均得分分别为 858（男性）和 847（女性）；
- Cluster 3：男性排名 66.5%-100%，女性排名 72.5%-100%，平均得分分别为 816（男性）和 802（女性）。
- 各泳姿项目表现存在差异：男性蛙泳（Cluster 1）的得分最高（927 分），而女性蝶泳（Cluster 1）的得分最低（898 分）。

5. COVID-19 疫情影响

- COVID-19 对表现的影响显著，通过高斯模型分析发现，2020 年疫情期间的运动员表现低于非疫情年份，差距因群体和性别而异。
- 对于男性和女性的 Cluster 1，疫情期间的得分差距分别为 21 分和 29 分。
- 对于 Cluster 2 和 Cluster 3，差距更大，男性分别为 28 分和 34 分，女性分别为 31 分和 36 分。
- 性别差距：女性运动员受疫情影响更为严重，尤其是在低排名群体（Cluster 3）中，表现差距更为突出。

二. 总结与实践建议

- 近十年世界游泳成绩总体呈上升趋势，2020 年因疫情表现下降，2021 年迅速恢复并达峰值。性别差距自 2017 年以来逐渐扩大，排名依据表现水平划分为 Cluster 1、Cluster 2 和 Cluster 3，女性和 Cluster 3 群体受疫情影响尤为显著。研究进一步完善了对全球游泳趋势的理解，并指出女性项目可能为运动员进入国际舞台提供更多机会。
- 针对女性运动员受疫情影响较大的特点，教练应制定个性化训练计划，重点加强心理支持与恢复性训练，通过技术优化与专项提升，帮助其稳定竞技表现，并在竞争较小的项目（如蝶泳）中寻找突破。此外，女性项目整体竞争压力较低，教练员应帮助运动员选择适合项目，积极参与国际赛事，提升综合竞争力与曝光度。
- 针对不同竞技水平（Cluster 1：顶尖选手，Cluster 3：较低水平选手）的运动员，制定明确目标。顶尖选手应聚焦技术优化与比赛策略，而较低水平选手应通过强化专项训练和增加高强度训练时间，逐步缩小与高水平运动员的差距。
- 在国际赛事备战中，应综合考虑性别差异与项目特点，合理安排训练负荷。通过定期进行模拟比赛、优化战术执行方案以及数据化评估训练效果，帮助运动员在疫情后阶段全面恢复竞技状态并提升综合竞争力。

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

训练效果

低量速度耐力训练通过减少训练量提升高水平自行车运动员竞技表现

速度耐力训练通常指短时间（10-40 秒）、高强度或次高强度的训练，其间歇时间通常为工作与休息比的 1:5 或更大。研究表明，速度耐力训练是提高高水平运动员短时运动表现（<10 分钟）的有效方法。然而，高量速度耐力训练可能引发运动表现、最大摄氧量及线粒体呼吸功能的下降。本研究旨在比较低量速度耐力训练和高量速度耐力训练对高水平自行车运动员（年龄：25 ± 6 岁，最大摄氧量：68.3 ± 5.0 mL/min/kg，训练量：472 ± 154 分钟/周）的冲刺能力、短时及长时运动表现的影响。受试者随机分配至以下三组并进行 6 周干预：高量组（12 × 30 秒，间歇 3 分钟）、低量组（6 × 30 秒，间歇 3 分钟）与对照组（无速度耐力训练）此外，还考察了两种训练对线粒体功能、骨骼肌离子转运蛋白及酶活性的应用效果差异。

一. 结果

1. 功率

- 高量组（647 ± 118，820 ± 195 W）和低量组（622 ± 127，849 ± 221 W）的平均输出功率和峰值功率均显著提高，但组间差异不显著。

2. 计时赛表现

- 低量组在 4 分钟计时赛中的表现提高了 3.8%，而高量组未见显著变化。

3. 生理生化指标

- 最大摄氧量、冲刺表现、骨骼肌线粒体呼吸功能及线粒体面积均未发生显著改变。
- 高量组的骨骼肌离子转运蛋白和酶活性显著增加，而低量组无明显变化。

上述结果表明，高量组和低量组的功率均显著提高，但计时赛表现仅低量组有改善，高量组在骨骼肌离子转运蛋白和酶活性方面表现出显著提升。

二. 总结与实践建议

- 低量速度耐力训练可以有效维持高水平自行车运动员的冲刺能力、最大摄氧量、长时间运动表现及肌肉的氧化代谢功能。同时，低量训练对短时运动表现的提升更为显著，而高量训练未见显著变化。
- 低量速度耐力训练适合比赛期运动员，由于训练时间有限，可避免过度疲劳或损伤，同时维持运动表现。
- 高量速度耐力训练在提高骨骼肌酶活性和离子转运蛋白方面更具优势，对促进肌肉代谢适应及可能的肌肉肥大效果更为有益，适合基础训练阶段使用。
- 根据运动员的比赛需求和训练周期，合理搭配高量和低量训练，既保证运动表现的维持，又促进肌肉代谢和功能的长期优化。

编译来源：Jeppesen JS, Wickham KA, Zeuthen M, et al. Low-Volume Speed Endurance Training with Reduced Volume Improves Short-Term Exercise Performance in Highly Trained Cyclists. Med Sci Sports Exerc. 2024;56(9):1709-1721.

编译：邓鉴峰

改善柔韧性的最佳拉伸剂量及处方建议：荟萃分析

柔韧性是指关节或多个关节在其功能性活动范围内自由移动的能力。静态拉伸作为提升柔韧性的常用方法，已被广泛应用。然而，目前关于提高柔韧性的最佳剂量（包括频率、强度及持续时间）尚无明确共识。本研究旨在通过系统分析确定静态拉伸的最佳频率、强度和总量，以最大化提升柔韧性，并探讨这些效果是否受肌肉群、年龄、性别、训练状态及基线柔韧水平等因素的影响。

一、结果

研究共纳入 189 项研究的数据，涉及 6654 名成年人（61%为男性，平均年龄为 26.8 ± 11.4 岁）。主要发现如下：

1. 静态拉伸的效果

- 单次静态拉伸对柔韧性具有中等水平的改善效果。
- 多次静态拉伸对柔韧性的改善效果更显著。

这表明拉伸频率的增加能进一步显著提升柔韧性。

2. 影响因素

- 拉伸强度、年龄、性别、训练状态、每周拉伸频率及干预时间（仅限多次静态拉伸）均未显著影响柔韧性的改善。
- 但基线柔韧性水平较低的成年人比柔韧性水平一般的成年人改善更显著。

3. 肌肉群的差异

- 急性静态拉伸后，腘绳肌的柔韧性改善程度显著优于脊柱，可能与腘绳肌的解剖特性及其在运动中的使用频率相关。

4. 最佳拉伸剂量

- 每次拉伸 4 分钟（单次）和每周累计 10 分钟（多次）为最大化柔韧性改善的最佳剂量。
- 超过这一剂量并未显示出额外的效果增益。

二、总结与实践建议

- 静态拉伸能够显著改善成年人的柔韧性，但每次拉伸时间超过 4 分钟或每周累计超过 10 分钟后，进一步延长拉伸时间并未显示出额外的效果增益。虽然拉伸的强度、频率、年龄、性别及训练状态对柔韧性的改善无显著影响，但基线柔韧性较低的成年人更可能获得显著的改善。
- 每次静态拉伸的最佳持续时间为 4 分钟，超过该时间无明显效果提升。
- 每周累积静态拉伸时间不超过 10 分钟，分次进行可更高效。
- 对柔韧性较差的成年人可制定更具针对性的拉伸计划，优先选择改善效果更显著的肌肉群（如腘绳肌）。
- 根据运动员的个体柔韧性水平，合理安排拉伸时间与频率，以最大化训练效果。

编译来源：Ingram LA, Tomkinson GR, d'Unienville NMA, et al. Optimising the Dose of Static Stretching to Improve Flexibility: A Systematic Review, Meta-analysis and Multivariate Meta-regression. Sports Med. Published online November 30, 2024.

编译：陶美玲

竞技体育里的周期化：以力量/爆发训练为重点——观点综述

周期化训练历史悠久，其核心在于科学管理训练变量，以系统优化运动员的身体适应和竞技表现。然而，近年来部分学者对周期化训练的理论基础、个性化适用性以及其在现代体育中的发展方向提出质疑。深入分析后发现，这些质疑大多源于对周期化训练基本概念、内在逻辑及其实际应用的片面解读。因此，有必要系统探究周期化训练的理论依据与实践应用，为争议提供科学回应。

一、理论指导

1. 峰值维持

- 训练实践中，体能提升与疲劳累积呈动态交替关系，导致运动员体能高峰的维持时间通常仅为 3 周左右。
- 这要求教练员精确量化训练变量，科学规划训练周期以最大化体能表现。

2. 协同训练因素难题

- 团队项目中，传统周期化模式需充分考虑多种训练因素的复杂性与动态变化，确保团队与个体训练需求的协调一致。

3. 制定训练计划精要

- 多关节、大肌群参与的练习可有效激发深层生理适应，为体能提升奠定基础；
- 优先安排多关节练习，可降低强度衰减与损伤风险；
- 科学处理耐力与力量训练编排，精准协调二者以避免训练干扰效应；
- 在微周期内通过波动式负荷变化设计，提升训练效果；
- 根据运动员的个体特征和训练阶段，灵活应用集中负荷和超负荷策略，确保训练效果精准且高效。

4. 板块周期的优势及证据

- 板块周期模式通过集中负荷效应强化训练的残余效应，优化训练效果叠加，并能针对运动员弱点及时补强（图 1）。

- 与传统周期模式相比，板块周期模式在疲劳管理、训练灵活性及针对性上均具有显著优势。

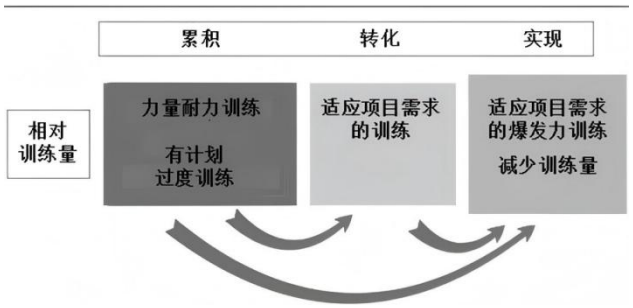


图 1　板块分期阶段的残余效应

二、总结与实践建议

- 周期化训练作为系统管理运动员综合素质发展的方法，涵盖传统与板块周期化两大体系。板块周期化以积累、转化、实现等关键阶段为架构，通过训练阶段间的紧密协同及残余效应持续优化训练效果。微周期内的动态调控在其中扮演关键角色，与周期化深度融合。
- 教练员应深度分析所涉运动项目的特性及运动员个体需求，精准选择传统周期化或板块周期化模式（可进一步细分为单目标与多目标类型）。在编写训练计划时优先考虑多关节练习，科学编排练习顺序，规避训练干扰，同时通过波动式负荷动态调控负荷强度。
- 根据运动员训练阶段及目标，灵活运用集中负荷与超负荷策略，动态调整训练方案以提升针对性与适配性。通过实时监测运动员的适应情况及训练反馈，动态优化训练负荷与计划，确保训练方案精准、高效。

编译来源：Stone, Michael H et al. “Periodization and Block Periodization in Sports: Emphasis on Strength-Power Training-A Provocative and Challenging Narrative.” Journal of strength and conditioning research vol. 35,8 (2021): 2351-2371.

编译：王嘉鑫

数智训练

机器学习方法预测运动中的损伤风险：基于证据综合的综述

运动损伤是体育竞技中的主要威胁，不仅影响运动员健康，还可能对团队成绩造成不利影响。机器学习（ML）作为一种先进的分析工具，通过深度挖掘海量运动员数据，能够精准预测损伤风险，为运动员提供个性化的防护措施，显著降低损伤发生率。本研究旨在总结机器学习方法的最新进展，并探讨其在实际应用中的指导意义。

一、ML 模型大观园：多样选择，精准适配

- ML 模型种类繁多，各有其适用场景与优势。例如，随机森林和 XGBoost 在多项研究中表现出卓越的预测能力，而逻辑回归和支持向量机在处理数据维度较低或结构相对简单时具有明显优势。
- 非线性数据的首选：当数据特征呈非线性分布且变量间交互复杂时，XGBoost 凭借其强大的特征捕捉能力成为理想选择。
- 简洁高效的模型：在数据维度较低或特征单一的情况下，逻辑回归因其计算效率高、解释性强而更具优势。
- 选择适配的 ML 模型如同为教练提供一座工具宝库。教练员需根据具体运动项目、运动员特征及场景需求，灵活选用适合的模型，以实现最佳预测效果。

二、数据：模型的“智慧燃料”

1. 多源数据整合：驱动模型的核心动力

- 高质量、大规模的多元数据是 ML 模型高效运转的基础。仅依赖赛前筛查数据无法准确应对复杂的损伤风险，需整合多源数据以提高预测精度。
- 采集维度：数据应涵盖运动员基本状况（年龄、性别、伤病史）、生理指标（体能测试、身体成分）、心理特质（比赛焦虑、压力水平）及动态训练数据（强度、疲劳指标等）。

- 典型案例： 例如，通过长期监测心率变异性并结合心理压力波动数据，能显著提升模型预测的精准性与泛化能力，为个性化训练规划奠定数据基础。

2. 解决类不平衡问题

- 类不平衡问题是数据处理中常见的挑战，可能导致模型在少数类（损伤风险样本）识别中的偏差。
- 应对方法： 通过~~过~~采样技术对少数类样本进行补充，提升模型在损伤风险预测中的敏锐度，确保预测结果兼具全面性与准确性。

三、模型评估：AUC 之外的多元视角

- 传统评估指标如 AUC 虽为常用工具，但单一指标难以全面反映模型性能。敏感性、特异性和 F1 值等多维指标能够提供更加全面的评价。
- 高 AUC 值的模型未必适用于所有运动场景。例如，有些模型虽预测准确率较高，但在损伤分级上的表现可能不足，难以为具体干预策略提供支撑。
- 教练员应根据特定运动场景选择兼具高准确性与强临床指导价值的模型，以便制定切实可行的预防和康复策略。

四、总结与实践建议

- ML 为运动损伤预测提供了科学支持，通过模型选择、数据整合及多维评估，能够帮助教练员优化训练计划，降低运动员的损伤风险。
- 根据数据特性及预测目标，选择适合的 ML 模型。例如，XGBoost 适用于复杂非线性数据，而逻辑回归适用于数据结构简单的场景。全面基本信息、生理指标、心理状态及训练数据，提升模型预测精度与适用性。
- 通过~~过~~采样等技术解决类不平衡问题，增强模型对少数类（损伤风险）的预测能力。在选择模型时注重临床相关性和实用性，确保预测结果能有效指导预防性训练与康复干预。

编译来源：Leckey C, van Dyk N, Doherty C, Lawlor A, Delahunt E. Machine learning approaches to injury risk prediction in sport: a scoping review with evidence synthesis. Br J Sports Med. Published online December 4, 2024.

编译：戴思雨

扩展现实科技在体育领域知觉认知技能研究中的应用

扩展现实技术结合真实环境与虚拟环境，通过人机交互设备（如可穿戴设备）生成模拟情境。这些技术包括虚拟现实技术、增强现实技术、360 度虚拟现实技术（沉浸式视频与环绕视频）以及混合现实技术。近年来，扩展现实技术在科研与运动训练实践中的应用快速发展，尤其在评估和提升运动员及裁判员的知觉与认知技能方面表现出巨大潜力。本研究旨在系统回顾扩展现实技术在体育运动中的应用现状，总结现有研究的类型、技术手段和运动情境的特点，并为该领域未来发展提供指导。

一、结果

- 根据检索策略，最终纳入 57 篇研究，其中 67%的文献发表在 2020 年之后。绝大多数为定量研究，约三分之二为横断面研究，28%涉及针对运动表现提升的干预研究。
- 干预研究的总周期从单次至 8 周不等，最常见的方案为每周进行 1 至 3-4 次训练，持续 4 至 6 周。
- 约 60%的研究聚焦于提升运动员的决策能力，其次为视觉搜索能力、预判能力、视觉注意力和记忆能力等。
- 最常用的技术手段是通过头戴式显示器播放虚拟动画环境，这一方法占研究的 51%。40 篇研究创建了动画或虚拟环境，17 篇研究采用了基于真实世界影像的情境。
- 足球、手球和篮球是扩展现实技术最常应用的运动项目，分别占研究的 32%、19%和 9%。此外，还有橄榄球、空手道、拳击、高尔夫和网球等其他运动项目。

二、总结与实践应用建议

- 从 2020 年至 2024 年，扩展现实技术在体育训练中的研究和实践应用快速增加。佩戴头戴式显示器营造虚拟动画环境是最常见的技术手段，研究主要聚焦于足球等集体运动项目中的决策能力评估与干预。
- 当前研究集中于集体球类项目，而其他运动项目如橄榄球、武术类运动的研究较少。未来应将扩展现实技术应用于更多运动项目及不同运动员群体中，以提升技术的广泛适用性。
- 可以通过采样复杂赛场情境，将比赛过程分解为关键局部，逐一设计训练方案。结合可穿戴传感器的实时反馈数据，动态优化训练内容和持续时长，使训练情境更贴近实际比赛需求。
- 扩展现实技术设备如虚拟现实眼镜或沉浸式训练室已被广泛应用，但设备的有效性与专项性需基于“共同设计”原则，即教练员、运动员及运动表现团队共同参与虚拟情境的设计。
- 根据具体运动专项特点、运动员的技能需求及队伍整体训练目标，定制虚拟训练内容。例如，可以采集赛场实际数据用于个性化训练规划，并模拟多因素干扰情境，以强化运动员在复杂条件下的表现能力。
- 虽然扩展现实技术可以模拟接近真实比赛的情境，但其刺激强度和负荷需要谨慎控制。长时间的沉浸式训练可能导致认知负荷过高、神经系统过度兴奋以及疲劳累积，从而影响后续训练表现。因此，教练员需结合运动员的生理和心理监测数据，科学调整训练强度和时长，确保训练效能的优化。

编译来源：Kittel A, Lindsay R, Le Noury P, Wilkins L. The Use of Extended Reality Technologies in Sport Perceptual-Cognitive Skill Research: A Systematic Scoping Review. Sports Med Open. 2024;10(1):128.

编译：卞超

可视化图

教练，想看我的报告吗？三步支撑运动科学与实践融合

编译来源：Buchheit M. Want to see my report, coach? Sport science reporting in the real world. Aspetar Sports Medicine Journal. 2017;6(February):36-43.

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