

Research on the Impact of Optimized Inter-hurdle Stride Frequency and Stride Length Training on Hurdle-clearance Speed in 400-meter Hurdles Athletes

Zhixuan Lan

Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract

The 400-meter hurdles is a short-distance track and field event that demands both technical complexity and high physical fitness. Enhancing performance in this event heavily relies on an athlete's ability to optimize inter-hurdle stride frequency and stride length. In traditional training, athletes often experience issues such as distorted movements due to excessively fast stride frequency, energy wastage caused by overly large stride lengths, or a drop in speed in the latter part of the race due to disrupted rhythm, all of which constrain the stability of hurdle-clearance speed and overall efficiency. This study focuses on the dynamic balance mechanism between inter-hurdle stride frequency and stride length. By analyzing the synergistic effects of stride frequency and stride length on hurdle-clearance speed, it reveals the influence of technical movement standardization, speed endurance distribution, and rhythm control ability on hurdling rhythm.

Keywords

400-meter hurdles; inter-hurdle stride frequency; stride length optimization; hurdle-clearance speed; rhythm control; speed endurance

400 米栏运动员栏间步频步幅优化训练对过栏速度的影响研究

兰芷璇

广西师范大学，中国·广西·桂林 541000

摘要

400米栏作为田径项目中技术复杂性与体能要求并重的短距离项目，其成绩提升高度依赖运动员的栏间步频与步幅优化能力。传统训练中，运动员常因步频过快导致动作变形、步幅过大引发能量浪费，或因节奏紊乱导致后程掉速，制约了过栏速度的稳定性与全程效率。本研究聚焦栏间步频与步幅的动力平衡机制，通过分析步频与步幅对过栏速度的协同作用，揭示技术动作规范性、速度耐力分配及节奏控制能力对跨栏节奏的影响。

关键词

400米栏；栏间步频；步幅优化；过栏速度；节奏控制；速度耐力

1 引言

400米栏作为田径项目中兼具技术复杂性与高强度体能要求的短距离项目，其成绩提升高度依赖运动员栏间步频与步幅的精准调控能力。传统训练中，运动员常因步频过快导致动作变形、步幅过大引发能量浪费，或因节奏紊乱导致后程掉速，制约了过栏速度的稳定性与全程效率。因此，探究栏间步频与步幅的优化训练对过栏速度的影响机制，成为提升400米栏竞技水平的关键科学问题。本研究从技术动作规范性、速度耐力分配、节奏控制能力、个体化训练策略及综

合训练效果五方面展开分析，旨在为运动员栏间节奏优化提供理论依据与实践指导。

2 技术动作规范性对过栏速度的影响

2.1 技术动作规范性对步频与步幅协同的基础作用

技术动作规范性是栏间步频与步幅优化的核心前提。在400米栏中，过栏动作的连贯性与经济性直接影响步频与步幅的协同效率。步频过快时，若起跨腿蹬伸不充分，会导致身体重心向上过度抬升，形成“跳跃式”跨栏，增加腾空时间；同时，攻栏角度偏小会使摆动腿前摆路径延长，进一步降低步频的转换效率。步幅过大时，摆动腿前摆过高会引发躯干前倾过度，破坏身体平衡，导致着地时重心滞后，增加制动距离。这种技术缺陷会迫使运动员在后续栏间调整动

【作者简介】兰芷璇（2005-）仫佬族，从事运动训练研究。

作,形成“一步大、一步小”的节奏紊乱,最终降低过栏速度。通过分解技术训练(如栏侧起跨腿专项练习),可强化起跨腿的快速蹬伸能力,确保身体重心平稳过渡;摆动腿折叠前摆强化训练则能缩短前摆时间,提升攻栏角度的精准性。^[1]

2.2 技术动作规范性对能量利用效率的优化

技术动作的规范性直接影响运动员的能量利用效率。在400米栏中,无效动作(如过度腾空、躯干晃动)会显著增加能量消耗,导致后程疲劳提前。步频过快时,起跨腿蹬伸不充分会迫使运动员通过增加摆动腿幅度补偿动力,形成“以步幅换步频”的被动模式,加剧能量浪费;步幅过大时,躯干前倾过度会引发下肢肌肉过度拉伸,增加肌肉做功负荷,降低能量转化效率。分解技术训练通过针对性强化关键动作环节(如髋关节灵活性、踝关节稳定性),可减少能量在非目标方向的损耗。

2.3 技术动作规范性对动作自动化水平的提升

技术动作的规范化是形成动作自动化的关键。在400米栏的高强度竞争中,运动员需在极短时间内完成起跨、攻栏、腾空、着地等复杂动作,若依赖意识控制每个动作细节,极易因疲劳或压力导致技术变形。通过分解技术训练,运动员可逐步将规范动作转化为肌肉记忆,形成条件反射式的动作模式。例如,栏侧起跨腿练习通过反复强化“蹬伸-提拉”的连贯动作,使运动员在高速跑动中无需思考即可完成起跨腿的快速回收;摆动腿折叠前摆强化训练则通过固定前摆角度与时机,使摆动腿与起跨腿的配合更默契。技术动作的自动化水平提升后,运动员可将更多注意力分配至步频与步幅的节奏调控上,减少因技术犹豫导致的速度损耗。

3 速度耐力分配对栏间节奏的调控作用

3.1 速度耐力分配对全程节奏持续性的影响

400米栏全程需跨越10个栏架,速度耐力的合理分配是维持栏间节奏持续性的核心。若前半程步频过高、步幅过大,会导致肌肉快速进入无氧代谢状态,乳酸堆积加速,引发后程肌肉僵硬、动作变形。例如,前3个栏架过度追求高速会使运动员在后续栏间因乳酸阈值突破而被迫降低步频,步幅因力量下降而缩短,形成“前快后慢”的节奏断裂。分段速度耐力训练通过模拟比赛节奏(如前半程保持85%强度、后半程逐步提升至95%),可增强运动员对乳酸耐受能力的适应性,延缓疲劳发生时间。^[2]变速栏间跑训练则通过交替进行高速栏间跑与低速调整跑,使运动员学会在高速运动中合理分配体能,避免因单一强度持续刺激导致过早疲劳。速度耐力的合理分配使运动员能在全程中保持步频与步幅的动态平衡,确保每个栏间的过栏速度波动最小化。

3.2 速度耐力训练对肌肉代谢能力的强化

速度耐力分配的优化需以肌肉代谢能力的提升为基础。400米栏属于磷酸原-糖酵解混合供能项目,肌肉快速收缩能力与乳酸清除能力共同决定栏间节奏的稳定性。前半程步

频过高会加速磷酸原系统耗竭,迫使运动员过早依赖糖酵解系统供能,导致乳酸快速积累;步幅过大则会增加肌肉离心收缩负荷,加剧微损伤与炎症反应,进一步降低后程肌肉收缩效率。重复跨栏组合练习通过设定不同栏间距离与速度要求(如短距离高速跨栏+长距离调整跑),可针对性强化肌肉的快速收缩与放松能力,提升磷酸原系统的恢复速度;变速栏间跑则通过交替进行有氧与无氧代谢刺激,增强肌肉的乳酸清除酶活性,加速运动后乳酸代谢。肌肉代谢能力的强化使运动员能在更高强度下维持栏间节奏,减少因代谢紊乱引发的速度下降。

3.3 速度耐力感知对节奏调控的精准性

速度耐力的合理分配需运动员具备精准的节奏感知能力。在400米栏中,运动员需根据自身体能状态实时调整步频与步幅,避免因节奏失控导致速度断层。前半程过度追求高速会使运动员对疲劳信号感知迟钝,直至动作严重变形才被迫降速;而后半程过度保守则可能因体能剩余未充分利用导致成绩未达极限。分段速度耐力训练通过设定明确的强度区间与时间目标(如每2个栏架为一个速度阶段),可帮助运动员建立“速度-疲劳”的关联记忆,提升对节奏变化的敏感度。例如,在高速栏间跑阶段,运动员需通过呼吸频率、肌肉紧绷度等生理信号判断体能储备,及时调整步频与步幅比例;在调整阶段则需通过主动放松降低肌肉张力,为下一阶段加速储备能量。速度耐力感知能力的提升使运动员能在全程中实现“主动调控”而非“被动应对”,确保栏间节奏的精准性与稳定性。

4 节奏控制能力对跨栏连贯性的影响

4.1 节奏控制对步频与步幅动态平衡的调节作用

节奏控制是栏间步频与步幅协同的核心机制。在400米栏中,运动员需在高速跑动中完成起跨、腾空、着地等连续动作,若步频与步幅比例失调(如步频过快导致步幅不足,或步幅过大引发步频下降),会直接破坏跨栏周期的流畅性。步频过快时,起跨腿蹬伸时间缩短,身体重心向上抬升,导致腾空阶段延长;同时,摆动腿前摆路径因攻栏角度偏小而延长,进一步增加动作转换时间。步幅过大时,躯干前倾过度会引发重心滞后,着地时需通过额外补偿动作(如前倾身体、快速扒地)维持平衡,导致动作衔接断层。模拟比赛节奏训练通过设定固定节拍(如节拍器设定每步0.3秒),可强制运动员在特定时间框架内完成步频与步幅的匹配。

4.2 节奏感知对动作自动化水平的提升

节奏控制能力依赖运动员对动作时序的精准感知。在400米栏中,跨栏动作的连贯性要求运动员在无意识状态下完成起跨、腾空、着地的转换,若依赖主动思考调整节奏,极易因反应延迟导致技术变形。模拟比赛节奏训练通过重复性刺激(如持续跟随节拍器跑动),可强化大脑皮层对动作时序的记忆,形成条件反射式的节奏模式。例如,在听节拍

器跨栏训练中，运动员需将节拍声与起跨腿蹬伸、摆动腿前摆等动作精准对应，使神经系统在长期训练中建立“节拍-动作”的固定联系。这种训练模式使运动员在高速运动中无需刻意控制动作细节，仅通过听觉信号即可自动调整步频与步幅，显著提升动作的自动化水平。^[3]

4.3 节奏稳定性对能量利用效率的优化

节奏控制能力直接影响运动员的能量分配效率。在400米栏中，无效动作（如腾空时间过长、着地制动过大）会显著增加能量消耗，导致后程疲劳提前。节奏紊乱时，运动员常因步频与步幅比例失调而被迫进行额外补偿动作（如步频过快时通过摆臂幅度增加维持平衡，步幅过大时通过躯干扭转调整方向），这些动作虽能短暂维持速度，但会大幅增加能量损耗。模拟比赛节奏训练通过设定稳定的节奏目标（如全程保持每栏间3步节奏），可迫使运动员在训练中减少无效动作，优化能量分配路径。

5 个体化训练策略对步频步幅优化的适配性

5.1 身体形态差异对步频步幅优化的导向作用

不同运动员的身体形态（如身高、腿长、躯干比例）直接影响其步频与步幅的潜在优势。高个子运动员因下肢较长，步幅潜力更大，但若髋关节灵活性不足，易导致起跨腿蹬伸不充分，步幅优势无法转化为实际速度；矮个子运动员则因身体重心较低，步频转换更快，但若下肢力量不足，易在高速跑动中因步幅过小而限制速度提升。个体化训练策略需根据身体形态特征设计针对性方案。例如，高个子运动员需通过髋关节灵活性训练（如侧卧腿摆动、跪姿髋关节拉伸）增强起跨腿的活动范围，同时结合摆动腿爆发力训练（如弹力带抗阻前摆）提升步幅的发力效率；矮个子运动员则需通过下肢力量训练（如深蹲、跳箱）增强蹬伸力量，同时结合小步幅高频跑训练（如30米加速跑）优化步频的转换速度。身体形态导向的训练策略使运动员能最大化发挥自身优势，避免因“一刀切”训练模式导致的潜力浪费。

5.2 力量素质差异对技术动作的支撑需求

力量素质（如最大力量、爆发力、力量耐力）是步频与步幅优化的基础。力量型运动员因肌肉横截面积较大，最大力量与爆发力突出，但若力量耐力不足，易在后程因肌肉疲劳导致步频下降；速度型运动员则因肌肉类型以快肌纤维为主，步频转换快，但若最大力量不足，易在高速攻栏时因力量损耗导致步幅缩小。个体化训练策略需根据力量素质差

异调整训练重点。例如，力量型运动员需通过高强度间歇训练（如400米重复跑）提升力量耐力，同时结合等长收缩训练（如靠墙静蹲）增强关节稳定性，避免因力量衰退引发技术变形；速度型运动员则需通过超等长训练（如跳深、连续跨栏跳）提升爆发力，同时结合核心力量训练（如平板支撑、侧桥）优化力量传导效率，确保步频与步幅的同步提升。力量素质适配的训练策略使运动员能在保持技术稳定性的前提下，实现步频与步幅的持续优化。

5.3 技术特点差异对训练方法的针对性选择

技术特点（如攻栏角度、腾空高度、着地方式）是步频步幅优化的关键变量。部分运动员因攻栏角度偏小，导致摆动腿前摆路径过长，步频转换效率低；部分运动员则因腾空高度过高，导致身体重心波动大，步幅稳定性差。个体化训练策略需根据技术特点设计纠正方案。例如，攻栏角度偏小的运动员需通过栏侧攻栏模拟训练（如标记攻栏点）强化视觉反馈，同时结合摆动腿快速前摆训练（如弹力带辅助前摆）缩短动作时间；腾空高度过高的运动员则需通过低栏训练（如降低栏架高度）降低身体重心，同时结合躯干控制训练（如仰卧抬腿）增强核心稳定性，减少无效腾空。技术特点导向的训练策略使运动员能针对性解决技术短板，避免因“泛化训练”导致的效率低下。

6 结语

栏间步频与步幅的优化训练对400米栏运动员过栏速度具有显著影响。通过规范技术动作、合理分配速度耐力、强化节奏控制能力、制定个体化训练策略及实施综合训练方案，可有效提升运动员的跨栏连贯性，减少栏间时间损耗，实现过栏速度的优化与全程效率的提升。未来研究可进一步结合生物力学分析与运动生理监测技术，深化对栏间节奏调控机制的理解，为400米栏训练提供更精准的科学支持。

参考文献

- [1] 胡可,韩华芳.400米栏运动员专项体能训练方法的深度探析[J].田径,2024,(07):28-30.
- [2] 王准义.复合式力量训练对高校400米运动员运动能力影响的实验研究[D].吉林体育学院,2024.
- [3] 奥航,杨俊超,邱俊强.大学生400米跑专项运动员能量代谢和配速特征及其对运动成绩影响的研究[C]//中国体育科学学会.第十三届全国体育科学大会论文摘要集——专题报告(运动训练学分会).北京体育大学,2023:249-251.