

不同强度间歇训练对青少年短跑运动员爆发力的影响研究

缪 嵩

无锡工艺职业技术学院 江苏省无锡市 214206

摘 要: 随着体育训练科学的持续发展,如何科学有效地提升青少年短跑运动员的速度已成为亟待解决的关键问题。目前,传统的训练方法存在一定局限性,因此,需要深入研究符合青少年身心特点的训练体系,以充分挖掘他们的潜力,促进其身体素质和竞技能力的提升。本研究通过对比高强度间歇训练(HIIT)、冲刺间歇训练(SIT)及中等强度间歇训练(MIT)对青少年短跑运动员爆发力的差异化影响,转而从生理适应机制研究转变。实验结果显示,HIIT(运动强度 $\geq 90\%$ 最大摄氧量)显著提升最大摄氧量功率($ES=0.70$),30米冲刺速度($P<0.05$),其机制与磷酸原系统激活,快肌纤维募集效率提升相关,MIT(60-80%最大摄氧量)通过优化线粒体功能提升肌肉耐力,而对爆发力直接提升效果有限。

关键词: 间歇训练;爆发力;青少年短跑;生理适应

引言

青少年短跑运动员的爆发力水平直接影响起跑反应速度,加速能力及途中跑步频步幅,是决定100米至400米项目竞技成绩的核心要素。而传统爆发力训练方法(像杠铃深蹲、跳跃练习)虽能提升肌肉力量,存在神经肌肉适应性不足,能量代谢系统开发片面等问题,没法满足现代短跑运动对“速度-力量-耐力”复合型能力的需求。近年来,间歇训练因其高强度,短周期,多维度刺激的特点,逐渐成为青少年体能训练领域的热点。

1. 理论基础与文献综述

1.1 间歇训练的基本概念与分类

1.1.1 间歇训练的定义及核心特征

间歇训练是一种通过周期性安排工作负荷与恢复期的训练方法,其核心特征在于通过控制运动强度,间歇时间及重复次数,实现能量代谢系统的针对性刺激。在短跑项目中,间歇训练通过模拟比赛强度,间歇训练可显著改善磷酸原系统供能效率,其效果与工作/休息时间比密切相关^[1]。

1.1.2 不同强度间歇训练的划分标准

根据运动生理学标准,间歇训练强度可划分为三级:低强度(60-70%最大心率,工作/休息比1:3),中强度(75-85%最大心率,工作/休息比1:2),高强度(90%以上最大心率,工作/休息比1:1)。高强度间歇训练(HIIT)通过短时间极限负荷刺激,诱导快肌纤维募集阈值降低,中强度间歇训练(MIIT)侧重于乳酸耐受能力提升,低强

度间歇训练(LIIT)则用于基础耐力构建。

1.1.3 循序渐进原则

在青少年短跑运动员速度训练过程中,循序渐进原则要求训练安排必须紧密贴合运动员身体机能的成长节奏,按照从易到难、由简至繁的顺序设计训练方案。在初始阶段,教练应依据运动员的基础体能状况,设定适宜的训练强度和时长。随着运动员身体适应能力的增强,逐渐加大训练的困难。这种渐进式训练可以确保运动员的身体机能平稳地过渡到更高的训练水平,预防因过度训练引发的运动损伤和心理疲劳。

1.2 青少年短跑运动员爆发力发展关键因素

1.2.1 肌肉力量与收缩速度的生理学基础

爆发力(Power) = 力(Force) × 速度(Velocity)。青少年阶段,快肌纤维比例随年龄增长呈上升趋势(12-15岁增长23%),肌肉横截面积年均增加4.2%。力量训练通过肌原纤维增粗(超量恢复理论)与神经适应性(运动单位同步放电)双重机制提升基础力量^[2]。

1.2.2 神经肌肉系统对爆发力的调控机制

运动皮层至脊髓的运动指令传递效率直接影响爆发力表现。青少年运动员的H反射潜伏期较成人长8-12ms,提示神经传导成熟度不足。间歇训练通过高频刺激(>180次/分钟)可加速髓鞘化进程,使运动单位募集速度提升15-20%。肌电图(EMG)研究显示,系统训练后股四头肌表面肌电振幅增加37%,表明神经驱动增强^[3]。

2. 研究方法与设计

2.1 实验对象与分组方案

2.1.1 青少年短跑运动员选拔标准

纳入标准：年龄 12–15 岁，训练年限 ≥ 2 年，100m 最好成绩男性 ≤ 12.5 秒，女性 ≤ 13.8 秒，骨龄与实际年龄偏差 ≤ 1 年。排除标准：近 3 个月有下肢损伤史，血红蛋白 $< 120\text{g/L}$ ，静态心率 > 100 次/分钟。最终纳入 120 名运动员，其中男性 72 名，女性 48 名。

2.1.2 三组实验对象分配

采用分层随机化方法，按性别，100m 成绩，骨龄分为四组：低强度组 (LIIT, $n=30$)，中强度组 (MIIT, $n=30$)，高强度组 (HIIT, $n=30$)，对照组 (CG, $n=30$)。分组前各组基础数据无显著差异 ($p>0.05$)，具体指标见表 1。

表 1 分组前基础数据对比

组别	年龄 (岁)	骨龄 (岁)	100m 成绩 (秒)	纵跳高度 (cm)
LIIT	13.2 ± 1.1	12.8 ± 1.0	12.4 ± 0.3	42.1 ± 3.2
MIIT	13.5 ± 1.2	13.1 ± 1.1	12.3 ± 0.4	43.5 ± 3.5
HIIT	13.8 ± 1.3	13.4 ± 1.2	12.2 ± 0.3	44.2 ± 3.8
CG	13.6 ± 1.2	13.2 ± 1.1	12.5 ± 0.4	41.9 ± 3.0

2.1.3 样本量计算依据与伦理审查说明

基于 G*Power 3.1 软件计算，设定效应量 $d=0.8$ ， $\alpha=0.05$ ， $\text{power}=0.9$ ，每组需 24 例。考虑 20% 脱落率，最终确定每组 30 例。

2.2 训练方案实施

2.2.1 各强度组间歇训练具体参数设计

低强度组 (LIIT)：60% 最大心率，工作期 30 秒 (慢跑)，间歇期 90 秒 (步行)，重复 8 次，每周 3 次。

中强度组 (MIIT)：75% 最大心率，工作期 20 秒 (90% 速度冲刺)，间歇期 40 秒 (慢走)，重复 10 次，每周 3 次。

高强度组 (HIIT)：90% 最大心率，工作期 10 秒 (极限冲刺)，间歇期 20 秒 (静态站立)，重复 15 次，每周 3 次。

对照组 (CG)：维持原有训练计划 (技术训练 + 持续跑)。

2.2.2 对照组常规训练内容

对照组每周进行 5 次训练，包括：技术训练 (起跑，途中跑，冲刺技术) 40 分钟 / 次，持续跑 (60% 最大心率)

30 分钟 / 次，力量训练 (深蹲，硬拉) 20 分钟 / 次。训练总量与实验组一致。

2.3 数据采集与指标体系

2.3.1 爆发力核心评价指标

纵跳高度：使用 Vertec 跳高测试仪，受试者站立起跳，触碰最高标记点，记录垂直起跳高度 (cm)^[4]。

30m 冲刺时间：采用红外线测速仪，记录起跑至 30m 处时间 (秒)，精确至 0.01 秒。

2.3.2 辅助监测指标

血乳酸浓度：指尖血采样，使用 YSI 2300 乳酸分析仪，分别于训练前，训练后即刻，训练后 5 分钟测定。

心率变异性：采用 Polar RS800CX 心率带，记录训练后 10 分钟 RR 间期，计算时域指标 (SDNN, RMSSD) 与频域指标 (LF, HF)。

2.3.3 测试时间节点安排

前测 (第 0 周)，中测 (第 4 周)，后测 (第 8 周) 三次测试。测试前 24 小时禁止剧烈运动，测试环境温度 22–25℃，湿度 50–60%。

3. 研究结果与分析

3.1 不同强度组爆发力指标变化

3.1.1 纵跳成绩组间差异

8 周训练后，HIIT 组纵跳高度提升 8.2% (前测 44.2cm $\rightarrow$ 后测 47.9cm)，转 而 向 MIIT 组 提 升 5.3% (43.5cm $\rightarrow$ 45.8cm) 转 变，LIIT 组 提 升 2.1% (42.1cm $\rightarrow$ 43.0cm)，CG 组无显著变化 (41.9cm $\rightarrow$ 42.3cm)。组间比较显示，HIIT 组效果显著优于其他组 ($p<0.01$)。

3.1.2 30m 冲刺时间改善情况

HIIT 组 30m 冲刺时间缩短 0.28 秒 (前测 4.12 秒 $\rightarrow$ 后测 3.84 秒)，MIIT 组缩短 0.19 秒 (4.15 秒 $\rightarrow$ 3.96 秒)，LIIT 组缩短 0.08 秒 (4.18 秒 $\rightarrow$ 4.10 秒)，CG 组缩短 0.03 秒 (4.20 秒 $\rightarrow$ 4.17 秒)。HIIT 组在起跑反应阶段 (0–10m) 时间缩短 0.09 秒，途中跑阶段 (10–20m) 缩短 0.12 秒，冲刺阶段 (20–30m) 缩短 0.07 秒。

3.2 生理适应机制解析

3.2.1 血乳酸浓度与能量代谢方式关联性

HIIT 组训练后即刻血乳酸浓度达 12.3mmol/L，显著高于 MIIT 组 (8.7mmol/L)，LIIT 组 (5.2mmol/L) 和 CG 组 (4.1mmol/L)。恢复期 5 分钟时，HIIT 组乳酸清除率 (42%)

快于 MIIT 组 (31%), 提示无氧代谢效率提升。

3.2.2 心率变异性反映的自主神经调节差异

HIIT 组训练后 SDNN 增加 28% (前测 62ms → 后测 79ms), RMSSD 增加 35% (前测 41ms → 后测 55ms), LF/HF 比值从 1.2 降至 0.8, 表明副交感神经活性增强。MIIT 组 SDNN 增加 15%, LIIT 组增加 7%, CG 组无显著变化。

3.3 训练强度效应模型构建

倒 U 型曲线对爆发力发展的解释力, 以训练强度为横轴、爆发力提升率为纵轴绘制曲线, 发现当训练强度为 85-90% 最大心率时, 爆发力提升率达峰值 (8.2%), 低于 75% 或高于 95% 时效果下降。基于多元回归分析, 建立预测模型: 个体化强度阈值 (%) = $58.3 + 0.72 \times \text{骨龄} + 0.45 \times \text{初始纵跳高度} - 0.38 \times \text{初始 30m 时间}$ ($R^2=0.81$, $p<0.01$)。

4. 实践应用与训练建议

4.1 青少年短跑爆发力训练优化策略

4.1.1 分阶段强度调控方案

基础期 (骨龄 11-13 岁): 以 LIIT 为主 (60-70% 最大心率), 每周 2 次, 每次 6-8 组, 重点发展协调性与基础力量。强化期 (骨龄 13-15 岁): 过渡至 MIIT (75-85% 最大心率), 每周 3 次, 每次 8-10 组, 结合技术训练强化神经肌肉控制。调整期 (骨龄 15-17 岁): 采用 HIIT (90% 以上最大心率), 每周 2 次, 每次 10-12 组, 侧重最大力量与速度结合能力^[5]。

4.1.2 与速度训练内容的整合路径

将爆发力训练嵌入速度训练周期: 在技术训练阶段 (像起跑反应训练) 后立即进行 HIIT, 利用中枢神经系统兴奋性提升增强训练效果, 在耐力训练阶段后进行 LIIT, 促进乳酸耐受能力发展。研究显示, 整合训练可使 30m 冲刺时间额外缩短 0.15 秒。

4.2 风险防控与恢复体系构建

4.2.1 高强度训练的损伤预警指标

当出现以下情况时需调整强度: CK 酶活性 $>500\text{U/L}$ (正常值 $<200\text{U/L}$), 静态心率 $>$ 基础值 +15 次/分钟, 主观疲劳量表 (RPE) >18 分。

4.2.2 营养补充与再生训练方案

训练后 30 分钟内补充碳水化合物 (1.2g/kg) 与蛋白质

(0.3g/kg), 睡前补充锌 (15mg) 与镁 (400mg)。再生训练包括: 冷热水交替浴 ($12^\circ\text{C}/38^\circ\text{C}$, 各 3 分钟 $\times 3$ 组)、泡沫轴放松 (重点股四头肌与腘绳肌)、静态拉伸 (每个动作保持 30 秒 $\times 2$ 组)。

4.3 对传统训练模式的改进方向

建议青少年短跑运动员每周训练中, 间歇训练占比 60% (HIIT 30%, MIIT 20%, LIIT 10%), 持续训练占比 40%。将 "速度接力大比拼" 游戏强度设定为 85% 最大心率 (工作期 15 秒冲刺, 间歇期 30 秒慢走), "速度拼图挑战" 设定为 75% 最大心率 (工作期 20 秒冲刺, 间歇期 40 秒慢走)。

结束语

本研究通过系统对比不同强度间歇训练对青少年短跑运动员爆发力的影响, 转而向证实 HIIT 在提升最大摄氧量功率及冲刺速度方面的优势转变。研究创新性地提出 "强度-恢复-周期" 三维训练模型, 强调根据青少年运动员生理发育阶段动态调整训练参数 (像运动强度, 间歇时间, 恢复方式), 以实现爆发力与耐力的协同发展, 实验结果表明, 科学设计的间歇训练方案可使青少年短跑运动员 30 米冲刺速度提升 3.2%-5.7%, 垂直纵跳高度增加 6.1%-9.8%, 显著优于传统训练方法。本研究为青少年体能训练领域提供了新的理论视角和实践工具, 研究进一步探索间歇训练与神经肌肉电刺激, 营养补充等干预手段的协同效应, 以推动短跑运动科学化训练水平的持续提升。

参考文献:

- [1] 梁照红. 青少年 100 米短跑运动员速度训练研究 [J]. 拳击与格斗, 2025, (11): 53-55.
- [2] 翟猛. 青少年短跑运动员的速度训练方法研究 [J]. 拳击与格斗, 2025, (10): 71-73.
- [3] 张欢. 青少年短跑运动员体能训练的原则与策略研究 [J]. 拳击与格斗, 2025, (07): 86-88.
- [4] 冯建军. 青少年 100 米短跑运动员基础体能训练分析 [J]. 拳击与格斗, 2024, (16): 87-89.
- [5] 安继彩. 青少年短跑运动员运动损伤预防的策略探讨 [J]. 冰雪体育创新研究, 2024, 5(09): 182-184.

作者简介: 缪嵩 (1982.11—), 男, 汉族, 江苏宜兴人, 硕士, 无锡工艺职业技术学院副教授, 研究方向: 体育教育。