

# Effect analysis of endurance training load monitoring in weight loss intervention of obese adolescents

Yuxin Xia Jizu Shi\*

1. Jilin Sports System Sports Trauma Hospital, Changchun, Jilin, 130000, China

2. Jilin Institute of Physical Education, Changchun, Jilin, 130000, China

## Abstract

**Objective:** To comprehensively understand the specific effects of endurance training load monitoring technology on weight management interventions for obese adolescents, providing experimental evidence to optimize exercise prescriptions and enhance the physiological response efficiency of exercise interventions. **Methods:** Sixty obese adolescents were randomly divided into an experimental group and a control group, each consisting of 30 participants. Both groups underwent 12 weeks of periodic moderate-intensity endurance training, 5 times a week for 60 minutes each session. During the training period, the experimental group implemented systematic load monitoring measures, using real-time heart rate and subjective exertion rating (RPE) to achieve regulation and feedback adjustments. The control group followed the same exercise plan but did not undergo dynamic monitoring. Before and after the intervention, the subjects from both groups were quantitatively tested for BMI, body fat percentage, and maximum oxygen uptake ( $VO_2$  max), and the results were compared. **Results:** After the intervention, the experimental group showed significantly greater improvements in individual body composition and cardiorespiratory function compared to the control group ( $P < 0.01$ ). Specifically, the average BMI decreased by  $3.1 \pm 0.8 \text{ kg/m}^2$ , the body fat percentage decreased by  $5.2 \pm 1.4\%$ , and  $VO_2$  max increased by  $6.3 \pm 1.4 \text{ ml/kg/min}$ . **Conclusion:** Endurance training load monitoring can significantly enhance the weight loss intervention effects for obese adolescents, making it highly valuable for promotion and application.

## Keywords

endurance training; load monitoring; obese adolescents; weight loss intervention

## 耐力训练负荷监控在肥胖青少年减重干预中的效果分析

夏宇馨 史继祖\*

1. 吉林省体育系统运动创伤医院, 中国·吉林 长春 130000

2. 吉林体育学院, 中国·吉林 长春 130000

## 摘要

**目的:** 全面了解耐力训练负荷监控技术应用于肥胖青少年体重管理干预时的具体作用效果, 为优化运动处方制定、提升运动干预的生理响应效率提供实验依据。**方法:** 选取60名肥胖青少年, 随机分为实验组和对照组各30例, 两组都行12周周期性的中等强度耐力训练, 每周5次, 每次60min; 实验组在训练期间增加了系统的负荷监控措施, 并通过实时的心率、主观用力感受评分(RPE)等信息来实现调控与反馈调整; 对照组同样执行同样的运动计划, 但是没有进行动态监控。分别于干预前、后对两组受试者进行BMI、体脂率、最大摄氧量( $VO_2$  max)进行定量检测, 对比分析。**结果:** 干预后实验组较干预前个体成分改善情况及心肺功能提高情况明显大于对照组( $P < 0.01$ ), 即 BMI 平均降低  $3.1 \pm 0.8 \text{ kg/m}^2$ , 体脂率降低  $5.2 \pm 1.4\%$ ,  $VO_2$  max 提高  $6.3 \pm 1.4 \text{ ml/kg/min}$ 。**结论:** 耐力训练负荷监控可显著提高肥胖青少年减重干预效果, 有很好的推广应用价值。

## 关键词

耐力训练; 负荷监控; 肥胖青少年; 减重干预

## 1 引言

近年来, 青少年群体中超重、肥胖的发生率一直处于

增加趋势, 已经严重地影响到青少年群体的身体健康水平以及未来身体健康状况。通过大量流行病学调查显示, 青少年肥胖不仅会引发代谢紊乱、高血压、胰岛素抵抗等一系列慢性病, 而且还会引起一系列的心理行为问题, 例如: 焦虑症、自尊心低下和社交障碍等等。运动干预非药物性减重方式, 干预方式灵活多样, 在各种干预模式中均有涉及, 并以中等强度持续性耐力训练为手段来进行的运动干预最为常见。然而, 我们常用的运动处方在现实的操作使用过程中, 往往过

**【作者简介】** 夏宇馨 (1989-), 女, 中国吉林德惠人, 硕士, 助教, 从事体育教育训练学研究。

**【通讯作者】** 史继祖 (1982-), 男, 中国山东临清人, 硕士, 副教授, 从事运动训练研究。

于注重运动频率、运动时间、运动量（强度、时间、频度），忽视了青少年个体自身的运动能力基础与个体对运动负荷的适应程度，使得本应该达到预设目标的运动负荷量没有达到，因此既达不到效果，同时又极易出现运动损伤，不能起到良好的效果。但是在落实传统处方时，往往过于注重运动频率、运动时间、运动量（强度、时间、频度），忽视了青少年个体自身的运动能力基础与个体对运动负荷的适应程度，使得本应该达到预设目标的运动负荷量没有达到，因此既达不到效果，同时又极易出现运动损伤。在这样的现实情况下，如何能够充分结合机体负荷以及个体的感受情况，动态调整体内的负荷情况，并且嵌入及时的反馈调节系统，这对于改善肥胖青少年的体成分指标（BMI、体脂率）以及心肺耐力有较为重要的意义。基于此，本论文针对肥胖青少年进行负荷监测组与对照组的心肺耐力及体成分指标变化情况进行比较。

## 2 资料与方法

### 2.1 一般资料

按照分层抽样的原则从该市一所中学学生中选取在体检时 60 名肥胖青少年作为对象，男 32 例、女 28 例，其平均年龄为  $(13.8 \pm 1.2)$  岁；所有受试者在入选前均进行了问卷调查和临床筛查，并剔除了合并心血管系统功能异常、骨骼肌肉系统损伤及代谢性疾病史及半年内服用过减肥药、激素类药物者。所有研究对象及其监护人均签署了知情同意书，并经所在单位伦理委员会批准后开展试验，保证整个试验研究的符合伦理规范要求。分别给予两组对照组和干预组对象行随机数字表法分组，每组各 30 人。独立样本 t 检验结果显示：两组性别构成、年龄分布、BMI 平均值以及体脂百分比的基线数据比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，表明组间基线情况具有较好的可比性。卡方检验结果显示：两组基线数据差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )，说明组间基线数据具有可比性。为后续的干预效果分析提供了可靠的保障。

### 2.2 干预方法

在此次研究中，对两组受试者都采取了结构化耐力训练方案，干预周期共 12 周，每周训练次数为 5 次，每次训练时长为 90 分钟，按照热身 (10min) > 主训练 (70min) → 放松恢复 (10min) 顺序执行；主训练包括室外变速跑、固定式动感单车两种训练形式，运动强度根据 Karvonen 公式计算，控制在个体最大心率的 60%~80%，保障机体处于有氧代谢状态，利于脂质动员。

在此基础上，实验组引入了系统化训练负荷监控方法，构建了闭环动态调节训练负荷的正向反馈循环结构。以国外、国内关于青少年脂肪最大氧化速率 (Fatmax) 的相关研究为基础，结合受试者的各项基础运动测试结果，确定每一位受试者的训练心率目标值。在记录受试者本次训练的心率

时运用蓝牙传输功能的心率检测仪，在全过程中以高频率记录，将运动期间的目标心率达达成率、运动期间心率变异性 (HRV) 和运动后心率恢复速度作为受试者的生理负荷量化评价指标，全面了解受试者体内真实负荷状况。

训练结束后第一时间指导受试者按 Borg 6-20 运动强度量表做 RPE 评分并记录主观感受，构成主客观负荷数据互补充系统，每周汇总相关数据，建立动态趋势模型，分析个人训练响应的时序特征以及短期负荷变化情况，做好训练异常反应标记（如目标心率偏差过大、过早疲劳产生、恢复缓慢）。结合生理参数和主观指标综合评定情况，根据国家注册资质的运动指导人员进行每日运动处方实时优化：① 长短练主训练阶段时间；② 热身—拉伸、节奏变化；③ 调整间歇密度与恢复时间等。除满足上述测试标准外，在保障干预全程可追溯、有据可依、记录数据完整的基础上，建立干预全过程档案管理体系，利用数字平台搭建训练日志数据库，记录各类体能指标的变化轨迹以及教练员对运动员的各项调整建议；整个系统采用“评估—执行—反馈—调整”的闭环逻辑方式，匹配干预强度和青少年运动适应性，加强青少年训练负荷的管控；对照组严格按照既定耐力训练方案进行操作，并没有具体个性化的干预计划，不在训练负荷的采集范围内。

### 2.3 评价指标

干预前后分别测量以下指标：

1. 身体质量指数 (BMI) = 体重 (kg) / 身高<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>)；
2. 体脂率 (采用生物电阻抗法)；
3. 最大摄氧量 (VO<sub>2max</sub>, 采用逐级负荷跑步测试法估算)；
4. 静息心率及 RPE 评分。

## 3 结果分析

### 3.1 BMI 变化

干预前两组 BMI 无显著差异 ( $P > 0.05$ )；干预后实验组 BMI 平均下降  $3.1 \pm 0.8$  kg/m<sup>2</sup>，对照组下降  $1.9 \pm 0.7$  kg/m<sup>2</sup>，差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。

两组 BMI 变化情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	干预前 (kg/m <sup>2</sup> )	干预后 (kg/m <sup>2</sup> )	变化量 (kg/m <sup>2</sup> )
对照组	30	27.6 ± 2.0	25.7 ± 1.9	-1.9 ± 0.7
实验组	30	27.5 ± 2.1	24.4 ± 2.0	-3.1 ± 0.8
t				-8.13
P				< 0.001

### 3.2 体脂率变化

实验组体脂率由  $28.4 \pm 2.6\%$  降至  $23.2 \pm 2.1\%$ ，对照组由  $28.6 \pm 2.4\%$  降至  $25.5 \pm 2.3\%$ ；组间比较差异显著 ( $P < 0.05$ )。

两组体脂率变化情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	干预前 (%)	干预后 (%)	变化量 (%)
对照组	30	28.6 ± 2.4	25.5 ± 2.3	-3.1 ± 1.3
实验组	30	28.4 ± 2.6	23.2 ± 2.1	-5.2 ± 1.4
t				-4.90
P				< 0.001

### 3.3 VO<sub>2</sub>max 变化

实验组 VO<sub>2</sub>max 提高幅度为 6.3 ± 1.4 ml/kg/min, 对照组为 3.7 ± 1.2 ml/kg/min, 提升效果实验组明显优于对照组 (P < 0.01)。

两组 VO<sub>2</sub>max 变化情况比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	干预前 (ml/kg/min)	干预后 (ml/kg/min)	变化量 (ml/kg/min)
对照组	30	34.5 ± 3.1	38.2 ± 3.0	3.7 ± 1.2
实验组	30	34.7 ± 3.2	41.0 ± 3.1	6.3 ± 1.4
t				6.95
P				< 0.001

### 3.4 RPE 和心率控制情况

实验组 RPE 值整体稳定在 11~13 (中等强度), 训练中心率波动较小, 呈逐周适应上升趋势。对照组 RPE 波动大, 部分参与者出现过高 (> 15) 或过低 (< 10) RPE, 心率波动不规则, 训练心率控制不稳定。

## 4 讨论

该研究建立的耐力训练负荷监控干预体系应用到肥胖青少年身上效果较好。通过添加连续心率监测和自觉运动感受 (RPE) 量化的方法来跟踪训练负荷和即时反馈, 能有效的避免运动时运动强度的主观判断失误所带来的运动损伤。用 RPE 量表指导受试者自我感知锻炼后感到疲劳的程度以及心理所可承受的负荷大小, 能在锻炼结束以后使研究对象可以立刻获得自己的疲劳程度和承受训练负荷的能力。将 RPE 数据与心率曲线进行比较分析能建立起一种从运动者主观反馈和客观指标相结合的新的综合评价体系, 提高负荷监控的多维效能。对于周期内

收集的干预数据, 按照每次训练后的 HR 恢复速率、变异性指标、训练间的个体状态变化规律制定周期内个体训练负荷的自适应调整方案, 且个体训练负荷按照本人的负荷耐受水平和身体负荷适应曲线进行不断调节, 尽量避免使用相同的干预措施。

负荷监控系统有效运转的前提是建立教练员、运动指导员同训练对象的数据信息互动与反馈渠道, 由运动指导人员判断并提出针对运动训练负荷的调节意见, 给予教练和运

动员良好的及时的干预。并在反复训练的过程中根据多次测试情况, 做出持续修正与调整, 并将其用作后续干预期监测趋势与评价个体训练适应度的重要依据。与此同时, 在提高青少年训练依从性的过程中促进行为干预目标达成, 增强数据化、可视化呈现方式带来的青少年身体负荷状况判定的准确程度, 帮助他们更加科学的了解自己平时运动状态, 并促进青少年自愿的参与到日常训练之中, 自觉纠正错误的动作和想法, 在一定程度上可降低因不规律运动所导致的身体受损的可能。但是对青少年来说此类负荷监控系统较为严苛, 需要心率检测设备具有较高的采样频率及优良的佩戴性, 在运动时不应间断或数据漂移才能达到精准地监控负荷的目的。而且其 RPE 反馈易受个人主观因素或情绪波动的影响, 要在结合具体生理检测数据后加以判断是否能够反映真实的体能变化情况。从应用角度来看, 由于系统存在一定的局限性, 导致对人的依赖过重, 首先表现为指导人员的水平影响很大, 其次为数据解读能力也会影响到系统干预的效果。因此, 在推广过程中应该注重考虑干预环境中的软硬件可及性以及人适配的情况, 根据场地情况、资源条件、个体差异等特点, 形成具有较强适宜性的、易于操作的本地化应用模式。

根据以上文分析结果可知: 在耐力训练干预时, 利用负荷监控干预, 实现运动量和自身生理负荷相匹配, 在一定时间内有效调整机体能量代谢状态, 增加脂肪氧化和肌肉保存。在负荷干预的运动过程中, 对核心生理学参量 (如 HRV、RPE 等) 进行监测, 并以此建立一个运动-反应-反馈-新的训练循环系统, 使身体更好地完成心肺系统的适应性提高。并且在这一训练循环中, 可以根据个人的运动负荷进行微调, 保证运动训练的稳定性以及规范性, 避免训练过载或者效应不足的问题。借助于可穿戴监测设备及数据平台, 可以实现整个训练过程中全过程、全方位地跟踪并给予相应的干预指导。因此, 可借鉴此机制, 在青少年减重运动处方的制定上添加多维度负荷评估体系, 并借助数字化手段加强个人训练档案, 形成基于大数据的精准运动干预模式, 将运动管理模式由经验主导向科学调控为主导的转换。

### 参考文献

- [1] 王海俊,严诗钰.儿童青少年肥胖干预研究需开展依从性评价[J].中国学校卫生, 2023, 44(4):481-484.
- [2] 李华,张萍.高强度间歇训练与有氧耐力训练对肥胖/超重青少年减肥效果影响比较的meta分析[C]//第八届中国体育博士高层论坛论文集(专题报告).2022.
- [3] 孙义飞.肥胖女性青少年联合训练与耐力训练干预效果的对比研究[D].武汉体育学院,2022.