

## HIIT 对心率变异性的影响：从康复到功能恢复

王玉婷 张培珍\*

北京体育大学运动医学与康复学院, 北京 100084

**[摘要]**心率变异性 (HRV) 作为衡量自主神经系统 (ANS) 功能的重要指标, 能够反映交感神经与副交感神经的平衡状态。近年来, 随着高强度间歇训练 (HIIT) 在康复和健康管理中的广泛应用, 越来越多的研究关注其对 HRV 的影响。本篇文章旨在阐明 HIIT 对 HRV 的作用机制及其在康复和功能恢复中的应用价值, 系统梳理 HRV 的评价指标, 并结合心脏康复、慢性疼痛与肌骨疾病康复等场景, 重点分析 HRV 在指导个体化运动处方制定和效果评估中的意义, 为康复方案优化与功能恢复效果提升提供实践参考。研究表明, HIIT 不仅能显著提高心肺适能, 在提升一般成人及心脏康复人群的 HRV 方面也具有积极作用, 尤其是在增强副交感神经活性、改善心血管功能和提升生活质量方面表现突出。此外, HRV 的改善还与慢性疼痛、疲劳和情绪状态的改善相关, 提示 HIIT 在多种疾病类型的康复中具有广泛的适用性。最后, 结合训练实践, 提出了基于 HRV 指导的个体化 HIIT 方案在康复中的应用前景与相关注意事项。总的来说, HIIT 通过调节 HRV, 不仅有助于提升生理机能和适应性, 也为实现从“疾病康复”到“功能恢复”的过渡提供了有效支持。

**[关键词]**高强度间歇训练 (HIIT); 心率变异性 (HRV); 康复; 自主神经系统; 功能恢复

DOI: 10.33142/jscs.v6i2.19318

中图分类号: G807.4

文献标识码: A

## The Impact of HIIT on Heart Rate Variability: From Rehabilitation to Functional Recovery

WANG Yuting, ZHANG Peizhen\*

School of Sports Medicine and Rehabilitation, Beijing Sport University, Beijing, 100084, China

**Abstract:** Heart rate variability (HRV), as an important indicator for measuring the function of the autonomic nervous system (ANS), can reflect the balance between the sympathetic and parasympathetic nervous systems. In recent years, with the widespread application of high-intensity interval training (HIIT) in rehabilitation and health management, more and more research has focused on its impact on HRV. The purpose of this article is to elucidate the mechanism of HIIT on HRV and its application value in rehabilitation and functional recovery. The evaluation indicators of HRV are systematically sorted out, and combined with scenarios such as cardiac rehabilitation, chronic pain, and musculoskeletal disease rehabilitation, the significance of HRV in guiding individualized exercise prescription formulation and effect evaluation is analyzed, providing practical reference for optimizing rehabilitation plans and improving functional recovery effects. Research has shown that HIIT not only significantly improves cardiorespiratory fitness, but also has a positive effect on enhancing HRV in general adults and cardiac rehabilitation populations, especially in enhancing parasympathetic nerve activity, improving cardiovascular function, and enhancing quality of life. In addition, the improvement of HRV is also related to the improvement of chronic pain, fatigue, and emotional states, indicating that HIIT has broad applicability in the rehabilitation of various disease types. Finally, based on training practice, the application prospects and relevant precautions of individualized HIIT scheme guided by HRV in rehabilitation were proposed. Overall, HIIT not only helps improve physiological function and adaptability by regulating HRV, but also provides effective support for the transition from "disease recovery" to "functional recovery".

**Keywords:** high intensity interval training (HIIT); heart rate variability (HRV); recovery; autonomous nervous system; functional recovery

### 引言

心率变异性 (HRV) 是指逐次心跳周期之间的微小差异, 作为自主神经系统功能的无创量化指标, 反映了交感神经与副交感神经的平衡状态<sup>[1,2]</sup>。在康复领域, HRV 可以衡量自主神经系统对心血管系统的动态调节情况与机体对内外环境刺激的适应能力。通过持续监测 HRV, 可帮助评估患者的应激反应、恢复速度与训练负荷, 检测自主神经功能的变化, 还能预测一些心脏疾病的严重程度和预后情况<sup>[3]</sup>。高 HRV 通常代表更好的心脏健康、应激适

应能力和整体恢复能力; 低 HRV 则与多种疾病风险和功能下降相关。

近年来, 高强度间歇训练 (HIIT) 作为一种省时、高效的运动策略<sup>[4,5]</sup>, 通过交替进行高强度运动和低强度恢复期, 能够提高心肺耐力以及改善心脏做功参数和骨骼肌功能等方面, 优于传统的中等强度持续训练 (MICT) 模式<sup>[6]</sup>, 在心脏康复、肥胖人群、体力低下成人中的应用越来越多。

传统康复多关注基础功能的恢复, 而心率变异性

(HRV)作为自主神经系统状态的核心指标,能够反映更高层次的生理适应能力。因此,本文探讨 HIIT 对 HRV 的影响,有助于理解这一训练模式如何同时促进康复与长期功能恢复。

## 1 HRV 与康复和功能康复

### 1.1 HRV 的主要评价指标

#### 1.1.1 时域

SDNN: 是正常心跳 (NN) 间期标准差,反映总体波动,长时记录(如 24h)更准确。RMSSD/SDSD: 指相邻 NN 差值的均方根/标准差,评估迷走神经活动所引起的短期心率变化,短期窗口更稳健, RMSSD 最常用。

CV、MAD、IQR: 则是变异系数与稳健离散度,确保在跨个体或条件下心率基线比较的稳定性。

#### 1.1.2 频域

超低频、极低频、低频、高频 (ULF/VLF/LF/HF): 指各频段功率分布; LF 和 HF 分别反映交感、副交感神经活动,其比值 (LF/HF) 常被用于衡量二者对应神经活动的相对贡献。ULF/VLF 机制更复杂,常与昼夜节律、体温/血管运动等过程相关。

#### 1.1.3 非线性指标

SD1、SD2、SD1/SD2: SD1 对应 RMSSD,反映心率的短期迷走调节; SD2 对应 SDNN,体现心率的长期波动,与交感神经调控相关。SD1/SD2 反映短/长期比与图形复杂度。还包括熵类、分形/尺度律等,非线性指标通常与线性指标互补<sup>[7]</sup>。通过上述多种方法,HRV 能够准确地分析逐次心跳间隔的变化,从而定量评估交感神经和副交感神经的活动及其平衡性<sup>[8]</sup>。

### 1.2 HRV 在康复中的意义

心率变异性 (HRV) 与心率、最大摄氧量 ( $VO_{2max}$ )、血压同等重要,均为心脏康复方案中需重点调控与监测的核心指标。HRV 在心脏康复中的意义在于既是反映心脏自主调节能力和训练适应程度的敏感生理指标,也是评估预后、优化和个体化运动处方安全性与强度的重要工具<sup>[9,10]</sup>。

HRV 作为反映交感—副交感平衡的关键生理指标,在慢性疼痛与肌骨慢性疾人群中亦呈下降特征,并与疼痛强度、情绪与疲劳等功能表现相关。多种运动干预可改善迷走神经相关的 HRV,提示 HRV 在不同疾病类型中效果稳定<sup>[11]</sup>。鉴于 HRV 在不同疾病中均能体现自主神经稳态与功能适应,未来研究可评估以 HRV 为调控依据的 HIIT 处方在慢性疼痛与肌骨疾病康复中的安全性、剂量—反应关系与功能改善效果,从而验证其普遍有效性。

在康复全过程中,HRV 的价值不仅体现在疾病状态与生理功能的即时反映上,还贯穿于从短期康复到长期功能恢复的过程之中。短期来看,HRV 的变化能够及时反映患者自主神经系统向稳态调整的速度与质量,有助于及

时识别训练过量、恢复不足或不良生理反应,从而及时优化康复干预。长期来看,HRV 的水平与运动能力提升、疲劳耐受度、心理状态等多维功能密切相关,可作为评估个体整体功能、生活能力恢复的关键指标。因此,HRV 不仅是康复基础指标,也是衡量患者能否从“康复期”顺利迈向“功能恢复期”的过渡性标志。任何能够通过训练改善 HRV 的运动形式,都可能在康复和功能恢复中发挥关键作用,HIIT 正是其中一个值得关注的训练模式。

## 2 HIIT 对 HRV 的影响

### 2.1 低体力活动人群

Preeyaphorn Songsorn<sup>[12]</sup>的研究表明,低体力活动青年被随机分配到全身 HIIT 组或对照组,运动干预 6 周,每周 3d,比较基线和训练后 HRV(时域:SDNN、RMSSD,频域:LF、HF、LF/HF 比值)和静息心率 ( $HR_{rest}$ ) 的变化。结果显示时域参数在全身 HIIT 组显著增加, $HR_{rest}$  在训练后显著下降,但频域参数无显著差异。全身 HIIT 改善缺乏运动的成年人的心脏自主神经功能,专门强化迷走神经的调节功能,即增加副交感神经活性,帮助身体在运动后更快恢复到放松模式。HRV 的积极变化往往伴随着心肺适能提升和安静心率下降等,反映出整体功能储备与恢复能力的增强。同时在健康年轻人中,HRV 与注意力控制、认知调节能力存在潜在关联,Ainara Aranberri Ruiz<sup>[13]</sup>的研究开发并实施了以呼吸为中心的心率变异性生物反馈干预,以提高注意力,提示自主神经功能改善可能广泛影响其他功能层面,但仍需更多研究验证。

### 2.2 心脏康复人群

在心脏病(冠心病、MI 后、心力衰竭等)患者中,自主神经功能受损及 HRV 下降,会导致运动耐量下降、复发风险增加、预后不良,且与机体功能受限密切相关。如心力衰竭(HF)的重要特征是交感神经系统(SNS)的过度激活和副交感神经系统(PNS)的功能减退,导致 HRV 降低、神经激素激活、炎症和氧化应激加剧,进一步加重心脏负担<sup>[14]</sup>。

近年来,将 HIIT 引入心脏康复(CR)的研究逐渐增多,并开始关注其对 HRV 的影响,而不仅仅是  $VO_{2peak}$ 、心功能、生活质量等传统结局指标。Gordon McGregor<sup>[15]</sup>的研究表明,参与者被随机分配到高强度间歇训练组(HIIT 组)或中等强度稳态运动组(MISS 组),为期 8 周,每周 2 次。其中 HIIT 由 10 组 1 分钟高强度运动间歇(运动强度 > 最大运动能力的 85%)穿插 1 min 的恢复期组成。MISS 为 20~40min 的中等强度持续运动(60%~80%最大运动能力)。研究结果主要呈现 8 周随访时心肺耐力 ( $VO_{2peak}$ ) 的变化。即在稳定性冠状动脉疾病(CAD)心脏康复人群中,HIIT 组的干预获益优于 MISS 组。8 周干预后,HIIT 组峰值摄氧量 ( $VO_{2peak}$ ) 改善幅度显著更高;同时,低运动量 HIIT 安全、耐受性良好,是实现患

者心肺耐力短期改善的有效干预方式。因此未来临床指南制定时，应考虑将低容量 HIIT 作为 MISS 的补充或替代方案。

杨畅然<sup>[16]</sup>针对冠心病患者的研究同样说明高强度间歇训练 (HIIT) 与中等强度持续训练 (MICT) 均能有效推进冠心病患者的多维度康复核心目标,但二者的干预优势存在差异。其中, HIIT 在提升患者心肺功能、有氧代谢能力、心脏自主神经功能及健康相关生活质量方面表现出更突出的改善效果,而 MICT 则在调控心血管危险因素层面具有更显著的作用。在心脏自主神经功能相关指标上, HIIT 组患者训练后的 1 分钟心率恢复值 (HRR-1min) 与峰值心率均较干预前明显提升,且两项指标的改善幅度均显著高于 MICT 组。生活质量量表评估结果显示,相较于 MICT 组, HIIT 组在生理机能、精力水平及健康变化维度的评分提升幅度更具统计学优势。值得注意的是, HIIT 的优势不仅体现在上述生理与生活质量指标的改善上,还延伸到了患者的心理状态与康复依从性层面。HIIT 提高了运动效率,能够带给患者更多的成就感和愉悦感,对缓解负面情绪、促进机能恢复等有积极影响,提高社会适应能力。

因此, HIIT 在心脏康复中的优势不仅局限于改善传统的心肺功能指标,还能通过提升 HRV 来恢复自主神经系统平衡,促进运动能力、日常活动能力和生活质量的全面改善,进而更有效有助于推动患者的康复进程,从病后康复顺利过渡到更高水平的功能恢复阶段。

虽然已有不少研究关注 HIIT 在心脏康复中的多维度获益,但专门以 HRV 或自主神经功能为主要结局指标的研究仍较少。因此需要更多针对心脏病患者,以 HRV 为主要结局,长期随访以关注其功能恢复、生活质量及预后情况的高质量研究。

### 2.3 慢性疼痛、肌骨疾病等其他康复人群

慢性肌肉骨骼疼痛 (CMP) 是指发生在肌肉、骨骼、关节、肌腱或周围软组织等部位超过 3 个月的疼痛<sup>[17]</sup>,是临床最常见的慢性疼痛,长期疼痛会导致患者生活质量下降,严重时可能导致功能残疾,或促使患者焦虑甚至抑郁的发生,造成患者个人以及家庭的负担<sup>[18]</sup>。慢性肌骨疼痛人群常见迷走相关 HRV (如 RMSSD、HF) 偏低,提示自主神经失衡。相关领域研究普遍支持,体力活动和有计划的运动训练是缓解慢性肌肉骨骼疼痛的首选方法。Timo Meus<sup>[11]</sup>研究显示,多模式联合运动干预 (尤其是纳入有氧训练的干预方案) 可能对慢性肌肉骨骼疼痛患者 (PwCMP) 的自主神经功能产生积极影响,SDNN、变异系数 (CV) 和 HF 功率等 HRV 指标均有显著改善。同样,只要合理调控训练频率与强度,抗阻训练同样能够提升心率变异性。多项研究均支持这一观点并提供了充足的证据。

目前,最佳的运动提升 HRV 的方案尚不明确。未来需要更严谨的研究,通过个性化的运动处方,来明确不同运动 (尤其是 HIIT 和有氧持续训练) 对 PwCMP 自主神经功能的影响,并通过监测运动后恢复期的 HRV 变化来精准指导运动强度。尽管直接的 HIIT 干预研究较少,但在体能与风险可控的前提下,可将 HIIT 视为候选方案,优先小规模且可行性研究验证其对 HRV 与功能结局的影响,再根据反馈逐步调整。

## 3 HIIT-HRV-功能恢复的作用机制及意义

### 3.1 机制

运动训练能够改善冠心病患者的自主神经平衡,降低交感神经兴奋度,并提升副交感神经张力。而 HIIT 因其独特的“高强度运动-间歇恢复”循环模式,更有利于自主神经功能的重塑,在间歇恢复期,副交感神经持续占据主导地位,从而延长并增强了迷走神经活动<sup>[16]</sup>。这一机制在 HRV 指标上表现为 RMSSD 与 HF 成分上升,同时静息心率降低、心率恢复速度加快<sup>[11]</sup>,共同提示 HIIT 能够有效促进自主神经系统的正向重塑,对心血管产生保护作用。与中等强度训练 (MIT) 相比,尤其是四次 4 分钟的 HIIT 方案,通过其高强度特性诱导更充沛的血流灌注与剪切应力刺激,进而显著促进调控内皮舒张与血管张力的关键分子——一氧化氮 (NO) 的合成,最终经肱动脉流介导扩张 (FMD) 评估证实,其对内皮功能的改善效果显著优于 MIT,同时能刺激骨髓释放内皮前体细胞 (EPCs),其在血管修复过程中发挥作用。HIIT 还通过产生剪切应力调节内皮细胞氧化应激水平,同时降低心血管疾病中常升高的炎症标志物与氧化应激水平,进而改善血管健康及内皮功能<sup>[19]</sup>。

### 3.2 HRV 变化与功能结局之间的联系

#### 3.2.1 HRV 提高致 $VO_{2peak}$ 增加、心肺耐力提升

总体而言,一些 Meta 分析与系统综述支持 HRV-guided 训练能够提高  $VO_{2max}$ 、改善耐力。尤其是在耐力运动员中,HRV-guided 训练相较传统固定训练方案, $VO_{2max}$  的提升效果略显著<sup>[20]</sup>。不过,也有研究指出,这种改善群体平均的  $VO_{2max}$  及耐力表现增益并不大,统计差异有时不显著<sup>[21]</sup>。因此,目前证据支持 HRV 作为训练个体化指导的工具能够轻微提升耐力表现和  $VO_{2max}$ ,尤其对于业余或非专业运动员,其潜力较为明显。

#### 3.2.2 HRV 提高致心功能、心血管、自主神经功能指标改善

HRV-guided 和其他个体化训练往往能够使迷走神经张力增强,即副交感神经功能改善,这在 HRV 的多个时域或频域指标上得以体现<sup>[21]</sup>。随着副交感提升或交感和副交感的平衡,自主神经系统平衡有利于心血管健康,同时对血压、静息心率、心率恢复等产生积极影响。且一些综述已报告心血管风险因子 (如血压、心率、体重指数等)

能够被改善<sup>[22]</sup>。虽然 HRV 提高通常与心血管健康改善相关,但对于心功能本身(如心室结构、射血分数等)的高质量研究较少,未来可进一步验证其关系。

### 3.2.3 HRV 改善致慢性疼痛、疲劳与情绪状态的改善趋势

HRV 的降低与疲劳和疼痛的增加有关,为自主神经功能障碍与上述症状之间的关系提供了潜在的支持。尤其在慢性病(包括癌症患者)中,HRV 被认为与疼痛、疲劳、神经病变等存在潜在关联,HRV 较低可能预测更高的症状负担,相反,HRV 改善被认为可能能够预测、监测和评估治疗效果,进而缓解症状,改善生活质量<sup>[23]</sup>。何倩等人指出 HRV 是衡量慢性疼痛疾病自主神经反应性的良好指标,并建议在今后的研究中可使用 HRV 生物反馈的方法调节慢性疼痛患者的自主神经系统,通过监测 HRV 变化来评估患者的治疗效果<sup>[24]</sup>。

### 3.3 临床意义

传统康复多关注心功能、疼痛、活动能力等,而 HRV 可直观反映人体自主神经的整体功能状态,同时也能体现身体对各类应激刺激的适应能力。HIIT 若能安全实施,将 HIIT 与 HRV 作为联合结局变量纳入心脏康复,利用相关指标监测其恢复状态并及时做出调整,意味着患者不仅做完了康复训练,而且能够逐步提升生理储备水平与应激适应能力,完成从“康复”到“功能恢复”的过渡。

## 4 训练处方与实践意义

### 4.1 HIIT 处方

常见 HIIT 方案包括例如“4×4 分钟高强度和恢复间歇”或“10×1 分钟高强度和恢复间歇”等。同时还推荐高强度训练部分强度设为约 85%~95%最大心率或最大摄氧量,恢复期为主动恢复。多数研究与临床康复实践采用每周 2~3 次,持续 6~12 周,这对一般成年人或心脏康复来说,既能够满足训练需求,又能够把控强度范围,保证了训练的有效性和安全性。有研究显示,全身 HIIT 可改善健康普通成人的 HRV。而对于心血管疾病患者,低量 HIIT 被作为一种可行且有效的训练方式<sup>[12,15]</sup>。还有 SAINTEX-CAD 研究<sup>[25]</sup>表明,HIIT 方案制定不能仅依赖客观强度测量,需结合患者主观感受调整目标心率范围与运动量,因此临床医生使用峰值心率( $HR_{peak}$ )和自觉疲劳程度(RPE)的组合框架,进行 HIIT 强度的制定,这可能是减少肌肉骨骼不适以及最大限度地提升安全性、依从性的最佳选择<sup>[26]</sup>。

### 4.2 HRV 在训练中的应用

HRV-guided 训练是指每天(或定期)测量静息、早晨、恢复期 HRV(如 RMSSD, SDNN 等),根据 HRV 调整当天的训练。已有研究支持 HRV-guided 训练相比固定训练,对 HRV 的改善更有优势<sup>[21]</sup>。HRV 的变化虽可作为自主神经调节或训练适应的有力指标,但由于个体差异

(年龄、性别、训练背景)、测量条件(晨间、睡眠、静息、运动后)等的差异,使得不同研究结果难以完全一致。因此应该谨慎选择 HRV 指标、基线设定方式及变化标准。

### 4.3 注意事项

对于有心血管基础疾病及近期急性事件的高风险患者,应在医生评估后再考虑 HIIT。若体能基础较弱、合并多种慢性疾病(如高血压、糖尿病、肺功能不佳)的人群,可先从低强度或中等强度训练(MICT)或低量 HIIT 开始再逐步升级。由于个体身体疲劳、心理压力、睡眠质量、生活压力等及客观因素差异不尽相同,HRV 状况可能不同,因此在训练过程中尊重个体差异,灵活调整训练计划,确保训练的安全性和可靠性。在静坐少动和或低体适能参与者中,运动强度增加可能会降低其愉悦感及依从性,这不仅会降低短期身体活动的参与度,还会阻碍长期运动行为的维持,同时可能会削弱长期 HIIT 对健康的影响<sup>[27]</sup>。因此明确与患者疾病相关的最低有效运动量(或最小有效剂量)具有重要意义,该运动量不仅能有效降低死亡率且更易被坚持,而医生推荐这类易于执行的少量运动且以简洁清晰的健康指导时,还可进一步提升患者的运动积极性与依从性<sup>[28]</sup>。

## 5 结语

通过本文的探讨,HIIT 被证明不仅在心脏康复中显著改善 HRV 和自主神经功能,还能促进慢性疼痛、肌骨疾病等患者的功能恢复。HRV 作为反映自主神经状态的关键指标,为训练负荷调整和个体化康复干预提供了有力支持。尽管现有研究表明 HIIT 有助于提升心肺功能和自主神经系统平衡,但仍需更多长期研究验证其对不同疾病类型的适应性和安全性。未来的研究可以进一步探讨 HRV-guided HIIT 在各类人群中的效果,为其广泛应用提供科学依据。总的来说,HIIT 为康复训练提供了一种有效的个性化方案,有助于提升运动能力、改善生活质量,并实现从康复到功能恢复的过渡。

### [参考文献]

- [1]王冠博,王俊,李阳子,等.心率变异性的研究进展[J/OL]. 淮海医药,2025,43(3):320-323[2025-12-08]. <https://doi.org/10.14126/j.cnki.1008-7044.2025.03.024>.
- [2]黄培佳.大学生体育舞蹈观赏者心率变异性特征研究[D/OL]. 广州:广州体育学院,2021[2025-12-09]. <https://doi.org/10.27042/d.cnki.ggztc.2020.000131>.
- [3]龚凤平,黄天凤,李晖,等.血压昼夜节律及心率变异性相关研究进展[J/OL]. 右江医学,2025,53(5):468-473[2025-12-08]. <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2025&filename=YJYX202505014>.
- [4]胡静芸,蔡明,商庆慧,等.高强度间歇训练改善认知功能及其机制研究进展[J/OL]. 生理学

- 报,2021,73(1):126-136[2025-12-08].<https://doi.org/10.13294/j.aps.2020.0077>.
- [5]ATAKAN M M,LI Y,KOŞAR Ş N,et al.Evidence-based effects of high-intensity interval training on exercise capacity and health: A review with historical perspective[J/OL].International Journal of Environmental Research and Public Health,2021,18(13):7201[2025-12-08].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8294064/>.
- [6]范瑀轩,李真,范志清,等.高强度间歇训练在心脏康复中的应用与探讨[J/OL].中华心血管病杂志,2024,52(5):571-576[2025-12-08].<https://rs.yiigle.com/cm/aid/1502232>.
- [7]PHAM T,LAU Z J,CHEN S H A,et al.Heart rate variability in psychology: A review of HRV indices and an analysis tutorial[J/OL].Sensors,2021,21(12):3998[2025-11-29].<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/12/3998>.
- [8]胡业菊,刘尧,王玉坤,等.心率变异性评估神经病理性疼痛自主神经功能研究进展[J/OL].中国疼痛医学杂志,2025,31(6):449-454[2025-12-09].<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2025&filename=ZTYZ202506007>.
- [9]ESER P,JAEGGER E,MARCIN T,et al.Acute and chronic effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise on heart rate and its variability after recent myocardial infarction: A randomized controlled trial[J/OL].Annals of Physical and Rehabilitation Medicine,2022,65(1):101444[2025-11-28].<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877065720301895>.
- [10]YUE T, WANG Y, LIU H, et al.Effects of high-intensity interval vs. Moderate-intensity continuous training on cardiac rehabilitation in patients with cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis[J/OL].Frontiers in Cardiovascular Medicine,2022,9:845225[2025-11-28].<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcvm.2022.845225/full>.
- [11]MEUS T, VAN EETVELDE J,MEUWISSEN I,et al.Exercise and heart rate variability in chronic musculoskeletal pain: A systematic review[J/OL].Sports Medicine - Open,2025,11(1):109[2025-11-28].<https://sportsmedicine-open.springeropen.com/articles/10.1186/s40798-025-00916-8>.
- [12]SONGSORN P,SOMNARIN K,JAITAN S,et al.The effect of whole-body high-intensity interval training on heart rate variability in insufficiently active adults[J/OL].Journal of Exercise Science & Fitness,2022,20(1):48-53[2025-12-01].<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1728869X21000435>.
- [13]ARANBERRI RUIZ A,NEVADO B,MIGUELES SECO M,et al.Heart rate variability biofeedback intervention programme to improve attention in primary schools[J/OL].Applied Psychophysiology and Biofeedback,2024,49(4):651-664[2025-12-08].<https://link.springer.com/10.1007/s10484-024-09659-w>.
- [14]刘敏.Research progress in cardiovascular autonomic dysfunction in patients with heart failure[J/OL].Advances in Clinical Medicine,2025,15(4):2777-2785[2025-12-09].<https://www.hanspub.org/journal/paperinformation?paperid=112575>.
- [15]MCGREGOR G,POWELL R,BEGG B,et al.High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: A multi-centre randomized controlled trial[J/OL].European Journal of Preventive Cardiology,2023,30(9):745-755[2025-11-29].<https://academic.oup.com/eurjpc/article/30/9/745/7031580>.
- [16]杨畅然,邢军,张曼曼,等.高强度间歇训练对冠心病患者心肺功能、心脏自主神经功能和生活质量的影响[J/OL].中国康复医学杂志,2025,40(11):1666-1673.[https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=dSUnQCB\\_TmPiG14me6w0x4b5VhakUGb2pmuKFkdOSIDF0ZGhuvZMEJxeQ7y7gFhBa94GQKdfr1nT6P26HB0lhrOuFJcKPKi7NgFsG4tlhx0JWfzXMfupCorZzgp7Kp6LWAqUXonRnJQhFcAZFTT5J-GBIstmnLzlVM8EjlTwAeGAB9OVXcycw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS](https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=dSUnQCB_TmPiG14me6w0x4b5VhakUGb2pmuKFkdOSIDF0ZGhuvZMEJxeQ7y7gFhBa94GQKdfr1nT6P26HB0lhrOuFJcKPKi7NgFsG4tlhx0JWfzXMfupCorZzgp7Kp6LWAqUXonRnJQhFcAZFTT5J-GBIstmnLzlVM8EjlTwAeGAB9OVXcycw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS).
- [17]阿依布塔·吾哈甫,董正惠,韩欣悦,等.中老年慢性肌肉骨骼疼痛患者恐动症的影响因素分析[J/OL].现代临床护理,2024,23(3):9-15[2025-12-09].<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2024&filename=XDLH202403002>.
- [18]应振华,于晶晶,李慧敏,等.慢性肌肉骨骼疼痛研究概况及药物治疗进展[J/OL].浙江医学,2020,42(9):883-886[2025-12-08].<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2020&filename=ZJYE202009004>.
- [19]FUERTES-KENNEALLY L,BLASCO-PERIS C,CASANOVA-LIZÓN A,et al.Effects of high-intensity interval training on vascular function in patients with cardiovascular disease: A systematic review and meta-analysis[J/OL].Frontiers in Physiology,2023,14:1196665[2025-12-03].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10413117/>.

- [20]GRANERO-GALLEGOS A,GONZÁLEZ-QUÍLEZ A,PLEWS D, et al.HRV-based training for improving VO<sub>2</sub>max in endurance athletes. A systematic review with meta-analysis[J/OL].International Journal of Environmental Research and Public Health,2020,17(21):7999[2025-12-04].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7663087/>.
- [21]MANRESA-ROCAMORA A,SARABIA J M,JAVALOYES A,et al.Heart rate variability-guided training for enhancing cardiac-vagal modulation, aerobic fitness, and endurance performance: A methodological systematic review with meta-analysis[J/OL].International Journal of Environmental Research and Public Health,2021,18(19):10299[2025-12-04].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8507742/>.
- [22]GRÄSSLER B,THIELMANN B,BÖCKELMANN I,et al.Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review[J/OL].Frontiers in Physiology,2021,12:657274[2025-12-04].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8107721/>.
- [23]BOLANOS J,HNEINY L,GONZALEZ J,et al.Prognostic and diagnostic utility of heart rate variability to predict and understand change in cancer and chemotherapy related fatigue, pain, and neuropathic symptoms: A systematic review[J/OL].Supportive Care in Cancer,2025,33(12):1040[2025-12-04].<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12602565/>.
- [24]何倩,李亦梅.心率变异性用于慢性疼痛的临床研究进展 [J/OL]. 中国现代医生,2025,63(4):118-121,130[2025-12-04].<https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFQ&dbname=CJFDLST2025&filename=ZDYS202504030>.
- [25]CONRAADS V M,PATTYN N,DE MAEYER C,et al.Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: The SAINTEX-CAD study[J/OL].International Journal of Cardiology,2015,179:203-210[2025-12-08].<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167527314020920>.
- [26]王蓓,林梅,谢文亮.高强度间歇训练在心脏康复中的研究进展 [J/OL]. 中国疗养医学,2023,32(6):595-599.<https://link.cnki.net/doi/10.13517/j.cnki.ccm.2023.06.008>.
- [27]NASSIS G P.High-intensity interval training: How much pain to get a gain?[J/OL].British Journal of Sports Medicine,2017,51(6):492-493[2025-12-05].<https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2016-097144>.
- [28]WEN C P,WAI J P M, TSAI M K, et al. Minimum amount of physical activity for reduced mortality and extended life expectancy: A prospective cohort study[J/OL].The Lancet,2011,378(9798):1244-1253[2025-12-08].<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673611607496>.
- 作者简介: 王玉婷 (2003—), 女, 汉族, 山西朔州人, 硕士在读, 北京体育大学运动医学与康复学院, 研究方向: 运动康复与健康; \*通讯作者: 张培珍 (1974—), 女, 汉族, 山西人, 博士, 教授, 北京体育大学运动医学与康复学院, 研究方向: 运动与心血管健康, 运动健身与运动处方。