

• 综 述 •

低容量高强度间歇训练在慢性病患者中应用的研究进展

陶泽钦¹,程艳蓉¹,邢诗慧¹,王晓琳¹,张灵¹,王诗源¹,刘伟¹,辛红梅²,吴孝妃³,龚智逊⁴,高星¹

摘要: 从低容量高强度间歇训练的运动类型、运动原则、运动时间和频率及其在糖尿病、心血管疾病、超重肥胖、癌症人群的应用现状进行综述,分析其优势并提出发展方向,为慢性病患者制订切实可行的低容量高强度间歇训练方案提供参考。

关键词: 慢性病; 低容量高强度间歇训练; 高强度间歇训练; 运动干预; 有氧运动; 抗阻运动; 综述文献

中图分类号: R47; R875 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2026.15.108

Research progress on low-volume high-intensity interval training in patients with chronic diseases

Tao Zeqin, Cheng Yanrong, Xing Shihui, Wang Xiaolin, Zhang Ling, Wang Shiyuan, Liu Wei, Xin Hongmei, Wu Xiaofei, Gong Zhixun, Gao Xing. School of Nursing, Hainan Medical University, Haikou 571199, China

Abstract: This paper provides a review of low-volume high-intensity interval training (LV-HIIT), including its exercise types, principles, duration, and frequency, as well as its application in populations with diabetes, cardiovascular diseases, overweight/obesity, and cancer. The advantages of LV-HIIT are analyzed and future directions are suggested, with the aim of providing a reference for designing feasible LV-HIIT regimen for patients with chronic diseases.

Keywords: chronic disease; low-volume high-intensity interval training; high-intensity interval training; exercise intervention; aerobic exercise; resistance exercise; literature review

当前,慢性病已成为导致我国居民死亡和疾病负担的主要原因^[1]。中等强度持续训练作为常用的运动干预方案,已被证实能够有效改善慢性病患者的生理功能和疾病预后^[2]。然而中等强度持续训练单次运动时间需 30 min 以上,每周总时间需要达到 150 min,且运动形式单一,容易让患者产生枯燥感和心理怠倦^[2],从而降低患者运动依从性。低容量高强度间歇训练(Low Volume High-Intensity Interval Training, LV-HIIT)作为一种新型的高强度间歇训练(High-Intensity Interval Training, HIIT),是指每次高强度运动的总时间 ≤ 15 min,负荷强度为 80%~100%最大摄氧量(VO_2 max)或最大心率(HRmax),两次高强度运动之间包含间歇期,其在改善认知功能、提升运动愉悦感的同时,还能以极少的运动量产生与中等强度持续训练近似甚至更好的健康效益^[3]。目前, LV-HIIT 已应用于糖尿病、心血管疾病、肥胖以及癌症等慢性病人,在运动时间效率、运动安全性以及依从性上相较传统 HIIT 具有更大的优势^[4],同时 LV-HIIT 在改善生活质量^[5]、心血管相关指标^[6-7]、调节血糖^[5]和血脂^[8]以及改善体成分^[8]方面

能获得与 HIIT 相似的健康效益。本研究旨在综述 LV-HIIT 在常见慢性病患者中的应用现状,以期慢性病患者提供科学高效的运动干预方案和运动实践指导意见。

1 LV-HIIT 概述

1.1 LV-HIIT 的运动类型 LV-HIIT 运动类型的选择需要考虑运动器械、运动强度及适用人群,主要为有氧运动^[7]、组合运动^[9]两种类型。①有氧运动:包括跑步机类^[5,10-12]、固定器械类^[9,11,13-15]、户外类^[13,16],适配大多数人群,运动特点为低冲击、可控制强度的有氧器械或户外运动,主要目的是提高心肺功能与代谢功能。LV-HIIT 的有氧运动类型及适用人群,见表 1。②组合运动:组合运动即将有氧与抗阻训练相结合,可以有效提升心肺适能与肌肉力量。常用方案为 4 min 有氧高强度间歇训练,随后开展 8~10 组抗阻训练,强度为最大重复次数(1-RM)80%,每组 1 min,组间休息 1 min^[9]。相比单一有氧 LV-HIIT,此方案可有效降低三酰甘油、增加肌肉质量并减少内脏脂肪,适用于需调控血糖水平与改善体成分的 2 型糖尿病合并肥胖患者。

1.2 LV-HIIT 的运动原则 ①干预前的安全评估:在制订 LV-HIIT 方案前,需对患者进行全面的健康筛查,了解基础疾病、用药情况,并测定峰值摄氧量或最大心率。基线峰值摄氧量需达到 22~31 mL/(kg·min),能耐受短时间高强度间歇负荷,避免因储备不足引发意外^[14,17]。②干预过程中的运动监测:在运动实施中,应通过使用胸部心率监测仪进行实时运动监

作者单位:1. 海南医科大学护理学院(海南 海口, 571199);2. 海南省人民医院乳腺外科;3. 海南省卫生健康职业学院;4. 海南医科大学第二附属医院放疗科

通信作者:高星, 479297163@qq.com

陶泽钦:男,硕士在读,学生, 819726507@qq.com

科研项目:2025 年海南省自然科学基金立项项目(825MS094);

2024 年海南省卫生健康科技创新联合项目(WSJK2024MS215)

收稿:2026-03-02;修回:2026-05-12

测,采用 Borg 量表了解患者的主观感受^[5,13],并维持心率、血压在可控范围内,收缩压不超过 180 mmHg、舒张压不超过 110 mmHg;间歇恢复阶段,心血管指标需能快速回落至安全水平,无异常波动^[18]。糖尿病患者需额外监测运动前及运动后 2 h 血糖水平^[19],脑卒中患者建议监测脑血流速度^[20]。居家运动干预时,建议通过音视频远程监督或数字化健康平台进行依从性与安全性管理^[19]。③运动强度的个体化调

整:运动强度遵循从低强度、短时间起步原则,随着患者心肺耐力的提升,个体化调整运动强度,逐步增加间歇次数或提升强度^[21]。大部分患者初始运动强度需达 80%~95%最大心率或相应阈值,这是 LV-HIIT 产生生理效益的前提^[8]。对于老年合并心血管疾病、癌症患者以及中年肥胖患者等高风险人群,初始强度应降至 75%~85%。

表 1 LV-HIIT 的有氧运动类型及适用人群

运动类型	具体形式	强度控制方式	适用人群
跑步机类 ^[5,10-12]	快走、慢跑、上坡跑 (坡度 5%~15%)	调整速度(高强度阶段达到 85%~95% HRmax/HRpeak,或接近 90% VO ₂ peak/100% VO ₂ max;恢复阶段降至低强度步行或 50%~60% HRpeak)	体能较好、无下肢关节疾病的健康人群、2 型糖尿病患者(非肥胖型)
固定器械类 ^[9,11,13-15]	固定自行车、椭圆机、划船机	固定自行车:调节阻力(高强度阶段达到 85%~95% HRmax/HRpeak,或 RPE 17~19);椭圆机/划船机:调节阻力等级(根据目标心率、RPE 和个体耐受情况调整阻力等级,不同设备阻力等级不可横向比较)	下肢关节不适(如膝关节炎)、肥胖(BMI≥30 kg/m ²)、心肌梗死后患者等需低冲击运动人群
户外类 ^[13,16]	户外快走、慢跑、游泳	佩戴心率监测设备,依据运动强度(高强度 80%~95% HRpeak,恢复期 50%~60% HRpeak)确保达标	无器械条件、偏好户外场景的健康人群、下肢静脉功能正常者

注:HRpeak 指峰值心率,即受试者在运动负荷测试过程中实测达到的最高心率;HRmax 指最大心率,一般采用年龄预测,即按 220-年龄进行估算。VO₂peak 指峰值摄氧量,即受试者在递增负荷心肺运动试验过程接近或达到运动上限时所获得的最高摄氧量水平,通常用于未观察到明确摄氧量平台期的情况;VO₂max 指最大摄氧量,是反映机体最大有氧能力的重要指标,通常指在逐级递增运动负荷下,摄氧量随负荷增加达到平台、不再明显升高时的最高摄氧量水平。RPE 指主观疲劳程度(Rating of Perceived Exertion),用于评价受试者运动过程中的主观用力感受。

1.3 LV-HIIT 的运动时间与频率 根据个体差异和干预目标,LV-HIIT 的单次时间、周频次需要根据患者的疾病与身体状况设计,并在保证安全的前提下动态调整。①运动时间:单次 LV-HIIT 的总训练时间通常在 11~25 min,部分方案延长至 40 min,其中高强度运动时间≤15 min,一般运动时间占总时间的 50%~79%^[13,22]。②干预频率:针对不同的人群,干预频率也有所不同。针对健康人群^[23]、2 型糖尿病患者^[24]及癌症患者^[18]等,目前大部分研究采用每周 3 次非连续训练的方式,并为患者预留恢复时间避免过度疲劳,心血管高危人群则建议每周进行 2 次训练以降低负荷^[18]。③干预周期:短期干预一般为 2~8 周,可有效改善代谢指标。为期 2 周(含 6 次干预)即可降低 24 h 平均血糖水平^[10];持续 8 周可有效提升最大摄氧量(增幅 16%~20%)及胰岛素敏感性,适用于需要控制血糖的患者^[13]。中期干预周期常为 12~16 周,可系统性改善患者的生理功能。干预 12 周可有效降低糖化血红蛋白(HbA1c)并优化血管内皮功能^[25];持续干预 16 周则对改善心肌梗死患者血管内皮功能、氧化应激及延缓动脉粥样硬化展现出更好的效果^[6]。

2 LV-HIIT 在慢性病患者中的应用

2.1 糖尿病 LV-HIIT 在 2 型糖尿病患者中的应用不仅能有效调控血糖水平,还能改善胰岛素敏感性、血脂、血压等关键指标。Ahmad 等^[5]对 2 型糖尿病患者实施为期 12 周、每周 3 次的跑步机 LV-HIIT,该方案包含 5 min 热身(65%~70%峰值心率),两组

4 min 高强度训练(85%~90%峰值心率),组间穿插 3 min 主动恢复运动(同热身强度),最后进行 3 min 冷却运动,全程使用指尖脉搏血氧仪监测心率,结果显示 LV-HIIT 在改善患者血脂、血压、体成分以及生活质量方面获得了与高容量 HIIT 相当的干预效果。Little 等^[26]开展了为期 2 周的骑行类 LV-HIIT,方案为 3 min 热身,10 组 60 s 的高强度骑行(90%最大心率),组间穿插 60 s 主动恢复期,运动结束后有 2 min 冷却运动,结果显示 LV-HIIT 不但能有效控制 24 h 平均血糖水平,减少餐后血糖波动,还能够增强线粒体能力,从而增强肌肉氧化代谢能力,改善胰岛素敏感性。糖尿病患者建议优先采用固定自行车作为运动器械,因其坐姿运动可使下肢承重远低于跑步、快走等负重运动,减轻患者膝踝关节压力,降低下肢静脉功能不全患者的运动风险^[11];对于合并周围神经病变者需备防滑透气运动鞋减少足部损伤风险^[5,11]。为确保 LV-HIIT 的安全性,Ahmad 等^[5]优先选取病程小于 5 年且 HbA1c≤9.0%的患者;年龄>80 岁,存在心血管疾病风险、糖尿病相关严重并发症以及处于急性感染的患者应为排除对象。运动前需详细评估患者的用药情况,尤其是使用胰岛素或磺脲类药物者,需遵医嘱调整药物剂量^[13],并在训练前、后以及训练后 2 h 进行监测,避免运动诱发低血糖^[19]。

2.2 心血管疾病 对于心血管疾病特别是心肌梗死后患者,LV-HIIT 不仅能优化心脏本身的结构与功能,还能改善血管健康和整体心肺耐力。Aispuru-Lanche 等^[4]针对心肌梗死后 1~6 个月且左心室功

能保留的成年患者设计了为期 16 周、每周 2 次的 LV-HIIT, 运动方式为跑步机与功率自行车轮流使用, 其中跑步机训练采用间歇模式, 先进行 4 min 高强度训练, 再进行 3 min 恢复运动, 循环 2 组; 功率自行车同样采用间歇模式, 30 s 高强度训练后, 进行 16 组 60 s 恢复运动; 结果显示, LV-HIIT 能有效改善患者的左心室重构及心功能, 降低血浆中 N 端脑钠肽前体和可溶性生长刺激表达基因 2 蛋白水平。Ingle 等^[27]在冠心病患者中开展每周 2 次、共 8 周的渐进式功率自行车 LV-HIIT, 第 1 周 5 组 30 s 的高强度训练, 第 4~8 周 10 组 60 s 的高强度训练; 研究显示 LV-HIIT 组平均心率、峰值心率、摄氧量等方面均高于中等强度持续训练组。心血管疾病患者开展 LV-HIIT 前需评估心电图、超声心动图、心肺运动试验, 以建立基线数据并筛查潜在风险^[4,6,27]。运动实施过程中, 若患者存在肌酸激酶升高、血压骤升, 应调整至低强度训练或暂停训练; 对于血流动力学不稳定患者, 如不稳定型心绞痛、未控制的高血压(收缩压>200 mmHg/舒张压>110 mmHg)、恶性心律失常及 NYHA 分级Ⅲ~Ⅳ级心力衰竭, 或并存严重合并症(如肾衰竭、重度贫血、肌肉骨骼疾病)、妊娠或哺乳期, 或预期寿命<1 年等高危指征患者则不宜进行 LV-HIIT 训练^[4,6,27]。同时需个性化调整方案, 如 Sabag 等^[25]为老年心血管病患者进行运动设计时, 将初始运动强度降低至 75%~80% 最大心率, 并延长间歇时间, 优先选择坐姿运动, 降低老年患者的运动负荷; 对于术后恢复期患者, Ghardashi-Afousi 等^[28]建议冠状动脉旁路移植术后 6~8 周启动训练, 初始强度为 60%~70% 最大心率, 避免上肢过度用力。

2.3 超重、肥胖 Cao 等^[17]为超重、肥胖青年设计了为期 12 周、每周 3 次的 LV-HIIT, 两种训练模式分别为功能性自重训练(开合跳、深蹲、扭转跳和登山跑 4 个动作)、跑步机训练, 每组 LV-HIIT 包含 4×30 s 的高强度训练与 3×30 s 恢复运动, 每组训练之间休息 1 min, 共 4 组, 结果显示, 两种训练模式均能显著改善超重、肥胖青年的体成分与心肺适能, 功能性自重训练模式在提升瘦体重和肌肉耐力方面表现更优, 且依从性达到 96.4%。功能性自重训练模式没有器材限制, 动作包含全身功能性训练, 更适合需要增加肌肉量、改善肌肉力量且追求场地灵活性的人群, 跑步机训练模式更适合以减少内脏脂肪、降低体质量且偏好传统有氧训练的人群。Reljic 等^[22,29]为期 12 周的 LV-HIIT, 运动工具为固定自行车, 干预包含 2 min 热身运动, 5 组 1 min 高强度运动(80%~95% 最大摄氧量), 4 组 1 min 恢复运动以及 3 min 冷却运动; 结果显示, LV-HIIT 能有效降低 C 反应蛋白、白细胞介素-6 等与肥胖密切相关的炎症标志物水平^[22], 12 周干预后端粒长度显著延长^[29], 提示 LV-HIIT 不仅能够有效减脂, 更是一种延缓肥胖相关衰老进程的干预

策略。肥胖患者可优先选择固定自行车、椭圆机及划船机^[30]等非负重类运动, 此类运动不但能精准控制心率区间, 还有效减少对关节的影响; 单纯肥胖患者 LV-HIIT 的运动强度通常控制在 80%~90% 最大心率^[17,30], 对于合并心血管疾病、代谢性疾病、骨关节障碍、心肺功能低下等高风险人群初始强度应降至 75%~85% 最大心率^[29,31]。不同年龄段肥胖患者运动方案也有所不同, Lee 等^[32]为青少年肥胖患者设计了 10 组 60 s 高强度, 以及训练后 90 s 恢复的运动方案, 并采取逐组挑战的方式提升运动趣味性; 对于中年肥胖患者, Poon 等^[33]则采取降低初始运动强度, 延长热身和冷却时间的方式提升患者对运动的适应性, 并重点监测心血管反应和骨关节状态。

2.4 癌症 Toohey 等^[18]在癌症患者中开展为期 12 周、每周 3 次的固定自行车 LV-HIIT 干预, 研究显示 LV-HIIT 对于患者生活质量的改善效应(Cohen's $d = 1.11$) 远大于中等强度持续训练($d = 0.57$), 同时能减小患者腰围, 提升下肢力量。Reljic 等^[14]为期 12 周的固定自行车 LV-HIIT 干预, 脱落率低于 14%, 出勤率超过 92%, 且未报告与运动相关的严重不良事件或急性免疫抑制。然而相较于 Toohey 等^[18]的研究结果, Reljic 等^[14]研究中并未观察到显著的体成分变化, 提示 LV-HIIT 对于疾病进程更晚、代谢紊乱更严重的患者, 可能需要更长周期或与其他干预(如营养支持)相结合的方案。对癌症患者开展 LV-HIIT 干预需确保患者处于稳定治疗阶段, 并能配合完成基础训练。对于急性感染, 存在脑、骨转移, 并存严重心脏、骨科、神经系统疾病, 以及肌肉骨骼损伤等情况的患者则不宜参加 LV-HIIT^[14,18]。训练过程中若患者出现严重心律失常、晕厥、咯血、重度呼吸困难、疼痛, 连续 2 次训练后疲劳评分升高 ≥ 3 分、出现感染症状则及时停止训练。

3 LVHIIT 的优势

3.1 时间效率与依从性 慢性病患者缺乏运动时间与运动耐受性差是阻碍慢性病患者规律锻炼的主要障碍^[7]。LV-HIIT 通过将高强度运动时间压缩至 15 min 内, 降低了运动的时间门槛和心理负担^[34]。Yin 等^[7]Meta 分析显示, LV-HIIT 所需时间仅为中等强度持续训练的 14%~47%, 为高容量高强度间歇训练的 44%~94%, 但其在提升心脏代谢健康和改善体成分方面并无差异, 同时其运动依从性达 78%~100%, 且无不良事件报告。李秀鹏等^[34]进一步证实, LV-HIIT 在改善体脂百分比和心血管风险因子方面与中等强度持续训练效果相当, 且时间效益更优。

3.2 安全性与适用性 传统观念认为高强度运动对慢性病患者风险较高, 而 LV-HIIT 通过减少训练总时间, 能保留足够的训练强度, 在确保健康效益的同

时减少不适和风险。LV-HIIT 可通过调整运动强度以及运动间歇比^[7]为患者设计个体化的运动方案,从而安全地应用于运动耐受性差的临床人群。

3.3 生理效益与临床价值 LV-HIIT 在代谢、心血管与免疫系统均显示明确健康效益。①在代谢系统方面,LV-HIIT 可以有效改善胰岛素敏感性,其通过改善骨骼肌细胞的胰岛素信号通路,激活单磷酸腺苷活化蛋白激酶信号通路^[35],以及减少肝脏等^[24]部位的异位脂肪沉积等方式改善胰岛素抵抗。②在心血管系统方面,LV-HIIT 被证实可以有效提升心肺耐力,其核心在于心肺耐力的提升主要与运动“强度”而非与“训练时间”呈正相关,而心肺耐力每提升 1 个代谢当量,全因死亡风险可降低 10%~20%^[36]。LV-HIIT 通过更低的运动负荷获得更多的健康效益,适合锻炼时间有限或运动受限的人群。③在免疫方面,LV-HIIT 通过短时高强度运动激活肾上腺素和白细胞介素-6 等信号分子,促进自然杀伤细胞等免疫细胞释放,增强机体的免疫能力。同时在肥胖人群中观察到端粒长度改善的信号,提示 LV-HIIT 可能延缓与肥胖相关的细胞衰老^[29]。

4 展望

4.1 优化个体化处方 尽管 LV-HIIT 在群体水平上表现出显著效果,但个体间的反应差异较大。Trachsel 等^[37]研究显示,在消耗相同的情况下,LV-HIIT 组中未达到预期干预效果的比例高达 61%,远超等热量消耗的中等强度持续训练组(21%),因此任何标准化的 LV-HIIT 方案都可能使一部分患者无法获得预期收益。应根据患者的运动情况,设计阶梯式的 LV-HIIT 训练方案,根据患者的健康获益情况,调整其高强度运动的训练频次与运动强度,并进行实时监测,确保运动刺激能达到其生理阈值。

4.2 验证长期效果与可持续性 当前有关 LV-HIIT 的研究大部分干预时间不超过 16 周,其长期健康效益与运动的可持续性仍需要进一步研究。Ekkekakis 等^[38]研究显示,现有超过 12 个月的长期高强度间歇训练均表明,在无监督条件下,高强度间歇训练组普遍存在主动降低运动强度的情况,短期高强度间歇训练可产生一定的健康效益,但若训练强度和频率难以持续维持,其获益可能逐渐减弱甚至消失。因此,后续开展长期研究时,应考虑依次性问题,结合借助移动医疗平台与可穿戴设备,建立由医院处方、线上监督、居家执行的数字化管理模式,通过激励机制提升患者在居家环境下的运动依从性。

4.3 数字健康赋能有效干预 数字健康工具的推广,有效解决了 LV-HIIT 在干预过程中遇到的监督困难、依从性不足以及干预适配不及时等问题,实现高质量的居家运动治疗。未来可通过可穿戴设备采集患者的心率、血氧及主观疲劳评分等数据,并进行即时分析,

实现运动强度的实时调整;通过整合患者的既往病历、生理指标与过往运动数据,为患者构建数字孪生模型^[39],模拟不同的 LV-HIIT 方案,预测其健康获益与运动不良反应,从而选择最适合的运动方案。

5 小结

当前 LV-HIIT 已应用于糖尿病、心血管疾病、肥胖、癌症等慢性病领域,相较于传统的中等强度持续训练与高强度间歇训练,其在提高运动的时间效率与患者依从性的同时,能够获得近似的健康效益。但当前 LV-HIIT 的临床应用仍处于发展阶段,存在缺少长期干预。后续随访研究匮乏等情况。未来的研究需关注个体化处方优化、验证长期干预效果与可持续性,并积极融合数字健康技术,推动慢性病智慧化精准运动管理的发展。

参考文献:

[1] 王凤娟,蔡闵敏,冯晓茹,等.慢性病患者信息过载的研究进展[J].护理学杂志,2025,40(1):115-119.

[2] Thum J S, Parsons G, Whittle T, et al. High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise[J]. PLoS One, 2017, 12(1):e0166299.

[3] 刘昭志,黄丽,苗向阳,等.低剂量高强度间歇训练对冠心病康复的作用与机制[J].湖北体育科技,2024,43(6):22-27.

[4] Aispuru-Lanche G R, Gallego-Muñoz M, Jayo-Montoya J A, et al. Low-volume and high-intensity aerobic interval training may attenuate dysfunctional ventricular remodeling after myocardial infarction; data from the INTERFARCT study[J]. Rev Cardiovasc Med, 2023, 24(1):20.

[5] Ahmad A M, Mahmoud A M, Serry Z H, et al. Effects of low- versus high-volume high-intensity interval training on glycemic control and quality of life in obese women with type 2 diabetes. A randomized controlled trial[J]. J Exerc Sci Fit, 2023, 21(4):395-404.

[6] Aispuru-Lanche R, Jayo-Montoya J A, Maldonado-Martín S. Vascular-endothelial adaptations following low and high volumes of high-intensity interval training in patients after myocardial infarction[J]. Ther Adv Cardiovasc Dis, 2024, 18:17539447241286036.

[7] Yin M, Li H, Bai M, et al. Is low-volume high-intensity interval training a time-efficient strategy to improve cardiometabolic health and body composition? A meta-analysis[J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2024, 49(3):273-292.

[8] Jayo-Montoya J A, Maldonado-Martín S, Aispuru G R, et al. Low-volume high-intensity aerobic interval training is an efficient method to improve cardiorespiratory fitness after myocardial infarction: pilot study from the Interfarct Project[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2020, 40(1):48-54.

[9] Baker C, Hocking S L, Wang X, et al. Effect of low-vo-

- lume exercise on hepatic steatosis in adults with obesity plus normal glucose, prediabetes or type 2 diabetes; a randomised controlled trial[J]. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2024, 10(4):e001878.
- [10] Alvarez C, Ramirez-Campillo R, Martinez-Salazar C, et al. Low-volume high-intensity interval training as a therapy for type 2 diabetes[J]. *Int J Sports Med*, 2016, 37(9):723-729.
 - [11] Gallo-Villegas J, Restrepo D, Pérez L, et al. Safety of high-intensity, low-volume interval training or continuous aerobic training in adults with metabolic syndrome[J]. *J Patient Saf*, 2021, 18(4):295-301.
 - [12] Gildea N, McDermott A, Rocha J, et al. Low-volume HIIT and MICT speed Vo(2) kinetics during high-intensity "work-to-work" cycling with a similar time-course in type 2 diabetes[J]. *J Appl Physiol*, 2022, 133(2):273-287.
 - [13] Gentil P, Silva L R B E, Antunes D E, et al. The effects of three different low-volume aerobic training protocols on cardiometabolic parameters of type 2 diabetes patients; a randomized clinical trial[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14:985404.
 - [14] Reljic D, Herrmann H J, Jakobs B, et al. Feasibility, safety, and preliminary efficacy of very low-volume interval training in advanced cancer patients[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2022, 54(11):1817-1830.
 - [15] Arboleda-Serna V H, Patiño-Villada F A, Pinzón-Castro D A, et al. Effects of low-volume, high-intensity interval training on maximal oxygen consumption, body fat percentage and health-related quality of life in women with overweight; a randomized controlled trial[J]. *J Exerc Sci Fit*, 2022, 20(2):108-112.
 - [16] Yu Z, Tang S, Hu M, et al. Aquatic high-intensity interval training improves vascular function, whereas aquatic moderate-intensity continuous training lowers resting heart rate in overweight and obese young adults; a randomized controlled trial[J]. *J Sports Sci Med*, 2025, 24(3):666-675.
 - [17] Cao M, Yang B, Tang Y, et al. Effects of low-volume functional and running high-intensity interval training on physical fitness in young adults with overweight/obesity[J]. *Front Physiol*, 2024, 15:1325403.
 - [18] Toohey K, Pumpa K, McKune A, et al. Does low volume high-intensity interval training elicit superior benefits to continuous low to moderate-intensity training in cancer survivors? [J]. *World J Clin Oncol*, 2018, 9(1):1-12.
 - [19] Li M, Li J, Xu Y, et al. Effect of 5:2 regimens; energy-restricted diet or low-volume high-intensity interval training combined with resistance exercise on glycemic control and cardiometabolic health in adults with overweight/obesity and type 2 diabetes; a three-arm randomized controlled trial[J]. *Diabetes Care*, 2024, 47(6):1074-1083.
 - [20] Whitaker A A, Waghmare S, Montgomery R N, et al. Lower middle cerebral artery blood velocity during low-volume high-intensity interval exercise in chronic stroke[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2023, 44(5):627-640.
 - [21] Hesketh K L, Shepherd S O, Wagenmakers A J M, et al. Effect of self-paced sprint interval training and low-volume HIIT on cardiorespiratory fitness; the role of heart rate and power output[J]. *Front Physiol*, 2025, 16:1484722.
 - [22] Reljic D, Dieterich W, Herrmann H J, et al. "HIIT the inflammation": comparative effects of low-volume interval training and resistance exercises on inflammatory indices in obese metabolic syndrome patients undergoing caloric restriction[J]. *Nutrients*, 2022, 14(10):1996.
 - [23] Hood M S, Little J P, Tarnopolsky M A, et al. Low-volume interval training improves muscle oxidative capacity in sedentary adults[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2011, 43(10):1849-1856.
 - [24] Peng Y, Ou Y, Wang K, et al. The effect of low volume high-intensity interval training on metabolic and cardiorespiratory outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus; a systematic review and meta-analysis[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 13:1098325.
 - [25] Sabag A, Little J P, Johnson N A. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health[J]. *J Physiol*, 2022, 600(5):1013-1026.
 - [26] Little J P, Gillen J B, Percival M E, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes[J]. *J Appl Physiol (1985)*, 2011, 111(6):1554-1560.
 - [27] Ingle L, Begg B, Powell R, et al. Practitioner guidance for implementing low-volume high intensity interval training in people with coronary artery disease[J]. *Physiotherapy*, 2025, 128:101777.
 - [28] Ghardashi-Afousi A, Holisaz M T, Shirvani H, et al. The effects of low-volume high-intensity interval versus moderate intensity continuous training on heart rate variability, and hemodynamic and echocardiography indices in men after coronary artery bypass grafting: a randomized clinical trial study[J]. *ARYA Atheroscler*, 2018, 14(6):260-271.
 - [29] Reljic D, Koller A, Herrmann H J, et al. Differential effects of very-low-volume exercise modalities on telomere length, inflammation, and cardiometabolic health in obese metabolic syndrome patients: a subanalysis from two randomized controlled trials[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2023, 12(10):1847.
 - [30] Reljic D, Frenk F, Herrmann H J, et al. Low-volume high-intensity interval training improves cardiometabolic health, work ability and well-being in severely obese individuals: a randomized-controlled trial sub-study[J]. *J Transl Med*, 2020, 18(1):419.

- sactions on the Web,2025,37(3):1-23.
 - [33] Alshakhsi S, Yankouskaya A, Liebherr M, et al. Measuring large language models dependency: validating the Arabic Version of the LLM-D12 Scale[EB/OL]. (2025-08-23)[2026-02-20]. <https://ArXiv,abs/2508.17063>.
 - [34] Bao T G, El-Haj M, Al-Shakhsi S, et al. Developing and validating the Spanish Version of the Large Language Models Dependency Scale (LLM-D12-SP) [EB/OL]. [2026-03-08]. <https://www.researchsquare.com/article/rs-8940489/v1>.
 - [35] Zhang X, Yin M, Zhang M, et al. The development and validation of an artificial intelligence (AI) chatbot dependence scale[J]. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*,2025,28(2):126-131.
 - [36] Çakmak B, Özdemir E, Koç Ö, et al. From prompts to dependency: standardization of the AI Chatbot Dependence Scale in a Turkish context and associations with big five personality traits[J]. *Int J Hum Comput Interact*, 2026; 1-15. doi. org/10. 1080/10447318. 2026. 2629519.
 - [37] 徐金润,田茂栋,胡典顺. 教师生成式人工智能依赖量表: 开发与应用[J]. *远程教育杂志*,2026,44(1):92-102,112.
 - [38] Sultana A, Saleh M, Sellami A, et al. A multidimensional psychometric scale for measuring AI dependency in academic research[J]. *Int J Hum Comput Interact*, 2026;1-24. doi. org/10. 1080/10447318. 2026. 2629522.
 - [39] 代宝,郑怡晴,杨利英,等. 人工智能依赖:研究现状与展望[J]. *心理学通讯*,2025,8(3):197-206.
 - [40] 刘经邦,夏叶茹,王莉,等. 生成式人工智能在 ICU 初级模拟师资案例设计培训中的应用研究[J]. *中华护理教育*,2025,22(3):272-277.
 - [41] Liu J, Wang L, He X, et al. Leveraging generative artificial intelligence to enhance ICU novice simulation instructors' case design:a qualitative study[J]. *Clin Simul Nurs*,2025,105:101770.
 - [42] Almalki M, Sacgaca L, Pangket P, et al. Integration of artificial intelligence in nursing education:a cross-national exploration[J]. *BMC Nurs*,2025,24(1):1026.
 - [43] 秦羽,宋凡过,胡妍,等. 人工智能素养评估工具的研究进展及护理启示[J]. *护理学杂志*,1-5[2026-05-06]. <https://link.cnki.net/urlid/42.1154.r.20260427.1743.002>.
 - [44] 韩瑜,徐文博,王超,等. 基于扎根理论的 GenAI 赋能护理教育人机协同双核模型构建[J]. *护理学杂志*,2026,41(6):6-10,16.
 - [45] Hoelscher S H, Pugh A. N. U. R. S. E. S. embracing artificial intelligence:a guide to artificial intelligence literacy for the nursing profession[J]. *Nurs Outlook*,2025,73(4):102466.
 - [46] 孔含含,苏优峰,李环环,等. 临床护士人工智能素养现状及影响因素研究[J]. *护理学杂志*,2025,40(18):106-109.
 - [47] Gerçek A, Çiftci N, Durmuş M, et al. ChatGPT in nursing:applications, advantages, and challenges in education, research, and clinical practice [J]. *Ann Biomed Eng*,2025,53(11):3202-3207.
 - [48] Ma L, Zheng X, Zhou X. Portraits of college student types using generative AI for learning:an empirical study based on a survey of undergraduates from 20 universities nationwide[J]. *Journal of East China Normal University (Educational Sciences)*,2026,44(1),65-79.
 - [49] 伍顺比,杨文正. 教育场域中 AI 认知依赖形成机制与缓释路径:认知生态学的审思[J]. *电化教育研究*,2025,46(12):63-70,128.
- (本文编辑 宋春燕)
-
- (上接第 112 页)
- [31] Reljic D, Herrmann H J, Neurath M F, et al. Impact of different low-volume concurrent training regimens on cardiometabolic health, inflammation, and fitness in obese metabolic syndrome patients[J]. *Nutrients*,2025,17(3):561.
 - [32] Lee S, Spector J, Reilly S. High-intensity interval training programme for obese youth (HIP4YOUTH): a pilot feasibility study[J]. *J Sports Sci*,2016,35(18):1794-1798.
 - [33] Poon E T C, Little J P, Sit C H P, et al. The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiometabolic health and psychological responses in overweight/obese middle-aged men[J]. *J Sports Sci*,2020,38(17):1997-2004.
 - [34] 李秀鹏,苏玉莹,王悦同,等. 低容量高强度间歇训练对肥胖或超重人群心血管疾病风险因子影响的 Meta 分析[J]. *中国组织工程研究*,2025,29(12):2590-2604.
 - [35] Sabag A, Way K L, Sultana R N, et al. The effect of a novel low-volume aerobic exercise intervention on liver fat in type 2 diabetes:a randomized controlled trial[J]. *Diabetes Care*,2020,43(10):2371-2378.
 - [36] Ross R, Blair S N, Arena R, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign:a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2016,134(24):e653-e699.
 - [37] Trachsel L D, Nigam A, Fortier A, et al. Moderate-intensity continuous exercise is superior to high-intensity interval training in the proportion of VO₂ peak responders after ACS[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*,2020,73(9):725-733.
 - [38] Ekkekakis P, Biddle S J H. Extraordinary claims in the literature on high-intensity interval training (HIIT):IV. is HIIT associated with higher long-term exercise adherence? [J]. *Psychol Sport Exerc*,2023,64:102295.
 - [39] 何晓菲,朱蓝玉,李佳,等. 数字孪生在慢性病精准护理中的研究进展[J]. *护理学杂志*,2024,39(24):120-123.
- (本文编辑 宋春燕)