

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.05.016  
文章编号: 1005-8982 (2026) 05-0104-07

临床研究·论著

## 基于客观指标的不同强度运动康复对稳定型 冠心病患者PCI术后的影响分析\*

韩雪<sup>1</sup>, 王佳旺<sup>2</sup>, 吴琼<sup>3</sup>, 贾朋聪<sup>2</sup>, 王磊<sup>4</sup>

(沧州市中心医院 1. 心血管病预防与康复科, 2. 冠心病一科, 3. 检验科,  
4. 结构性心脏病心律失常科, 河北 沧州 061000)

**摘要:** **目的** 探讨不同强度运动康复对稳定型冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后的临床疗效。  
**方法** 选取2023年3月—2025年3月沧州市中心医院收治的107例PCI术后稳定型冠心病患者作为研究对象, 采用随机数字表法分为对照组[54例, 接受中等强度持续训练(MICT)]与观察组[53例, 接受高强度间歇训练(HIIT)]。比较两组患者的运动功能指标[(峰值摄氧量( $VO_2$  peak)、无氧阈值(AT)、运动持续时间(ED)及峰值功率(PP)]、肺功能与耐力指标[最大自主通气量(MVV)、用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气容积( $FEV_1$ )及6分钟步行试验距离(6MWT)]、心功能指标[左室射血分数(LVEF)、左室收缩末内径(LVESD)及左室舒张末内径(LVEDD)]、生化指标[氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP)、超敏C反应蛋白(hs-CRP)、内皮素-1(ET-1)]及特异性生活质量[西雅图心绞痛调查量表(Seattle Angina Questionnaire, SAQ)中的身体受限、心绞痛频率、心绞痛稳定性3项]。**结果** 观察组治疗前后 $VO_2$  peak、AT、ED及PP的差值均大于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT的差值均大于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后LVEF、LVESD及LVEDD的差值均大于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后NT-proBNP、hs-CRP及ET-1的差值均大于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后身体受限、心绞痛频率、心绞痛稳定性评分的差值均大于对照组( $P < 0.05$ )。**结论** HIIT较MICT能更显著改善PCI术后患者心肺功能、促进心脏逆向重构、降低神经内分泌激活及炎症水平, 并有效提升生活质量, 推荐临床应用。

**关键词:** 冠心病; 经皮冠状动脉介入治疗; 运动强度; 心肺功能; 血管内皮功能

**中图分类号:** R493; R541.4

**文献标识码:** A

## Analysis of the effects of exercise rehabilitation with different intensities based on objective indicators on patients with stable coronary heart disease after PCI\*

Han Xue<sup>1</sup>, Wang Jia-wang<sup>2</sup>, Wu Qiong<sup>3</sup>, Jia Peng-cong<sup>2</sup>, Wang Lei<sup>4</sup>

(1. Department of Cardiovascular Disease Prevention and Rehabilitation, 2. Department of Coronary Artery Disease I, 3. Laboratory Department, 4. Department of Structural Heart Disease and Arrhythmia, Cangzhou Central Hospital, Cangzhou, Hebei 061000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the clinical efficacy of exercise rehabilitation with different intensities in patients with stable coronary heart disease after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** From March 2023 to March 2025, a total of 107 patients with stable coronary heart disease after PCI admitted to this hospital were enrolled. Using a random number table method, they were divided into a control group ( $n = 54$ ), which received moderate-intensity continuous training (MICT), and an observation group ( $n = 53$ ), which received high-

收稿日期: 2025-10-21

\* 基金项目: 2023年度河北省医学科学研究课题(No:20232110)

intensity interval training (HIIT). Exercise capacity indices, pulmonary function and endurance parameters, cardiac function indicators, biochemical markers, and disease-specific quality of life were compared between the two groups. **Results** The changes in  $VO_2$  peak, anaerobic threshold (AT), exercise duration (ED), and peak power (PP) were greater in the observation group than in the control group ( $P < 0.05$ ). The improvements in maximal voluntary ventilation (MVV), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second ( $FEV_1$ ), and 6-minute walk test (6MWT) were also greater in the observation group ( $P < 0.05$ ). The observation group showed more pronounced increases in left ventricular ejection fraction (LVEF) and greater reductions in left ventricular end-systolic diameter (LVESD) and left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD) ( $P < 0.05$ ). The decreases in N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP), high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP), and endothelin-1 (ET-1) were more significant in the observation group ( $P < 0.05$ ). In addition, the change in Seattle Angina Questionnaire (SAQ) score was larger in the observation group than in the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Compared with MICT, HIIT more effectively enhances cardiopulmonary function, promotes reverse cardiac remodeling, reduces neuroendocrine activation and inflammatory responses, and improves quality of life in patients after PCI. HIIT is recommended for wider clinical application.

**Keywords:** coronary heart disease; percutaneous coronary intervention; exercise intensity; cardiopulmonary function; vascular endothelial function

经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)已成为稳定型冠心病血运重建的主要手段,然而术后患者仍普遍面临心肺功能下降、运动耐量受损及再发心血管事件风险升高的问题<sup>[1]</sup>。其机制在于PCI虽可开通血管,但无法逆转系统性动脉粥样硬化及内皮功能障碍,术后仍存在微循环灌注不足、心肌重构与低度炎症,导致心肺储备下降,需规范运动康复促进恢复并降低再发风险<sup>[2]</sup>。运动康复作为心脏康复的核心环节,其疗效已获广泛认可,但针对运动强度这一关键参数的具体优化策略,尤其是基于客观生理指标的精准评估,仍是当前临床研究的重点与难点<sup>[3]</sup>。中等强度持续训练(moderate-intensity continuous training, MICT)作为传统经典方案,主要通过提升线粒体功能与氧化代谢效率来改善患者的氧功能<sup>[4]</sup>。而高强度间歇训练(high-intensity interval training, HIIT)作为一种新兴模式,则凭借其通过高低强度交替刺激更高效地激发心血管系统与代谢的应激适应反应,可能产生超越传统方案的生理学效益<sup>[5]</sup>。尽管两种

模式均被证实有效,但何种方案能为PCI术后患者带来最优的心肺功能、血管内皮功能及抗炎效益,现有研究结论尚不一致。因此,本研究旨在基于客观指标,系统分析并比较MICT与HIIT对稳定型冠心病患者PCI术后的综合影响,以期制订精准、高效的运动处方提供循证医学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2023年3月—2025年3月沧州市中心医院收治的稳定型冠心病并行PCI的患者107例,按随机数字表法分为观察组(53例)和对照组(54例)。观察组与对照组的性别构成、年龄、冠心病病程、多支病变率、纽约心脏协会心功能分级(New York Heart Association classification, NYHA)构成及合并症比较,经 $\chi^2/t$ 检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性(见表1)。本研究经医院医学伦理委员会审批同意(No:K2023-批件-013)。

表1 两组患者一般资料比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	冠心病病程/ (年, $\bar{x} \pm s$ )	多支病变 例(%)	NYHA分级 例(%)		合并症 例(%)	
						I级	II级	高血压	糖尿病
观察组	53	31/22	65.32 ± 10.24	7.41 ± 1.29	25(47.17)	35(66.04)	18(33.96)	35(66.04)	32(60.38)
对照组	54	28/26	64.79 ± 9.88	7.52 ± 1.33	23(42.59)	38(70.37)	16(29.63)	38(70.37)	30(55.56)
$\chi^2/t$ 值		0.482	0.261	0.428	0.296	0.354		0.396	0.635
P值		0.487	0.795	0.669	0.586	0.552		0.529	0.426

## 1.2 纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①符合稳定型冠心病诊断标准并成功接受 PCI 治疗<sup>[6-7]</sup>;②术后病情稳定, NYHA 分级 I、II 级<sup>[8]</sup>;③符合运动实验及训练标准<sup>[9]</sup>;④签署知情同意书并自愿参与本研究。

**1.2.2 排除标准** ①合并不稳定型心绞痛、急性心肌梗死、严重心力衰竭或恶性心律失常;②存在运动禁忌证或受骨关节疾病、神经系统疾病等限制无法完成康复训练;③伴有严重肝肾功能不全或免疫系统疾病;④既往有精神疾病史或无法配合随访;⑤已参与其他可能干扰研究结果的临床试验。

## 1.3 方法

在本研究实施的康复训练前,所有患者均已建立规范的冠心病二级预防药物基础。具体用药包括:每日口服阿司匹林肠溶片 100 mg 与氯吡格雷 75 mg,每晚服用阿托伐他汀钙片 20 mg,并联合美托洛尔缓释片及培哚普利片。在运动训练过程中,通过十二导联心电图监护仪实时监测患者心电图变化,每 5 min 记录血压、心率及血氧饱和度,并配备硝酸甘油、阿托品等急救药品及除颤设备。若患者出现胸痛、面色苍白、血压异常或恶性心律失常等状况,立即终止训练并给予相应医疗处置。

**1.3.1 对照组** 采用 MICT 方案。运动强度设定为峰值功率(peak power, PP)的 60%,该强度同时对应以下标准之一:①心率储备(heart rate reserve, HRR)的 60%~70%;②Borg 自觉疲劳量表(rating of perceived exertion, RPE)评分 11~13 分;③目标心率范围约为最大心率的 60%~70%。患者于功率自行车上进行持续运动,每次训练共 40 min,包括 5 min 热身(强度为 PP 的 40%)及 5 min 整理活动(强度为 PP 的 40%),中间 30 min 维持目标强度。每周训练 3 次,持续 3 个月。训练过程中保持踏车转速为 60 r/min,通过调节阻力维持目标强度,全程在心电监护下进行。

**1.3.2 观察组** 采用 HIIT 方案。完成 1 周适应性训练(强度为 PP 的 60%)后,实施标准间歇训练。高强度阶段:强度为 PP 的 80%,对应心率储备的 80%~90%或 RPE 评分 15~17 分,持续 3 min;恢复阶段:强度为 PP 的 40%,持续 1 min;上述高强/恢复阶段构成一个循环,重复 10 次,总训练时间 40 min (含热身与整理)。每周训练 3 次,持续 3 个月。高强

度阶段全程心电监护,密切观察患者反应。

## 1.4 观察指标

**1.4.1 运动功能指标** 治疗前后采用德国耶格(JAEGER)MasterScreen CPX 心肺运动试验系统检测峰值摄氧量(peak oxygen uptake,  $VO_2$  peak)、无氧阈值(anaerobic threshold, AT)、运动持续时间(exercise duration, ED)及 PP。受试者在经校准的功率自行车上进行递增负荷运动试验,试验过程中由系统自动记录呼吸气体代谢参数,通过气体分析模块测定  $VO_2$  peak 和 AT,同时记录从运动开始至极限耐受的时间作为 ED,并由功率自行车输出对应的最大功率值作为 PP。

**1.4.2 肺功能与耐力指标** 治疗前后采用山东博科 BK-LFT-I 肺功能监测仪测定最大自主通气量(maximal voluntary ventilation, MVV)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)及第一秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second,  $FEV_1$ ),受试者在标准化指导下完成肺通气功能测试,由系统自动计算各项参数。采用美国 NEWTEST 公司 6 分钟步行试验系统测定 6 分钟步行试验距离(six-minute walk test distance, 6MWT),记录受试者在平直走道上 6 分钟内完成的行走总距离,以反映其心肺耐力水平。

**1.4.3 心功能指标** 治疗前后采用荷兰飞利浦 EPIQ 7C 超声心动图仪测定左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、左室收缩末内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)及左室舒张末内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)。由同一名经验丰富的超声科医师在静息状态下取心尖四腔心切面进行二维超声测量,自动计算 LVEF,并手动测量 LVESD 与 LVEDD,取连续 3 个心动周期平均值,以确保结果准确性与重复性。

**1.4.4 生化指标** 治疗前后采用德国罗氏 Cobas e601 全自动电化学发光免疫分析仪进行血清氨基末端脑钠肽前体(n-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、超敏 C 反应蛋白(high-sensitivity c-reactive protein, hs-CRP)、内皮素-1(Endothelin-1, ET-1)水平测定。采集患者清晨空腹静脉血 3 mL,离心获取血清后即刻上机检测。

**1.4.5 特异性生活质量** 治疗前后进行西雅图心绞痛调查量表(Seattle Angina Questionnaire, SAQ)<sup>[10]</sup>

检测。SAQ是评估心绞痛患者疾病特异性生活质量的自评量表,共包含19个条目,涵盖5个维度:身体受限、心绞痛频率、心绞痛稳定性、治疗满意度及疾病感受。每个条目采用分级评分,经过转换后各维度得分为0~100分,分值越高表示患者在该方面的功能状态越好、症状越轻或满意度越高。本研究选取身体受限、心绞痛频率、心绞痛稳定性这3项。

### 1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 27.0统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,比较用 $t$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者的运动功能指标比较

观察组与对照组治疗前 $VO_2$  peak、AT、ED及PP比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组与对照组治疗后 $VO_2$  peak、AT、ED及PP比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗后 $VO_2$  peak、AT、ED及PP水平均高于对照组。观察组与对照组治疗前后 $VO_2$  peak、AT、ED及PP的差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗前后 $VO_2$  peak、AT、ED及PP的差值均大于对照组。见表2。

表2 两组治疗前后运动功能指标比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	$VO_2$ peak/[mL/(kg·min)]			AT/[mL/(kg·min)]		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	17.58 $\pm$ 2.16	22.47 $\pm$ 2.83	4.89 $\pm$ 1.05	11.26 $\pm$ 1.43	14.18 $\pm$ 1.76	2.92 $\pm$ 0.68
对照组	54	17.61 $\pm$ 2.13	20.35 $\pm$ 2.41	2.74 $\pm$ 0.87	11.31 $\pm$ 1.40	12.79 $\pm$ 1.52	1.48 $\pm$ 0.54
t值		0.071	4.187	11.252	0.182	4.332	12.321
P值		0.943	0.000	0.000	0.856	0.000	0.000

  

组别	ED/s			PP/W		
	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	368.16 $\pm$ 38.47	458.29 $\pm$ 45.62	90.13 $\pm$ 12.62	82.33 $\pm$ 5.24	105.67 $\pm$ 7.85	23.34 $\pm$ 4.62
对照组	371.82 $\pm$ 39.15	405.74 $\pm$ 42.18	33.92 $\pm$ 11.87	81.89 $\pm$ 4.96	92.58 $\pm$ 6.33	10.69 $\pm$ 3.85
t值	0.492	5.916	23.172	0.444	9.592	15.305
P值	0.624	0.000	0.000	0.658	0.000	0.000

### 2.2 两组患者的肺功能与耐力指标比较

观察组与对照组治疗前MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组与对照组治疗后MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗后MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT水平均高于对照组。观察组与对照组治疗前后MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT的差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗前后MVV、FVC、 $FEV_1$ 及6MWT的差值均大于对照组。见表3。

### 2.3 两组患者的心功能指标比较

观察组与对照组治疗前LVEF、LVESD及LVEDD比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组与对照组治疗后LVEF、LVESD及LVEDD比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗后LVEF水平高于对照组,

LVESD及LVEDD水平均低于对照组。观察组与对照组治疗前后LVEF、LVESD及LVEDD的差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗前后LVEF、LVESD及LVEDD的差值均大于对照组。见表4。

### 2.4 两组患者的生化指标比较

观察组与对照组治疗前NT-proBNP、hs-CRP及ET-1比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。观察组与对照组治疗后NT-proBNP、hs-CRP及ET-1比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗后NT-proBNP、hs-CRP及ET-1水平均低于对照组。观察组与对照组治疗前后NT-proBNP、hs-CRP及ET-1的差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组治疗前后NT-proBNP、hs-CRP及ET-1的差值均大于对照组。见表5。

表 3 两组治疗前后肺功能与耐力指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	MVV/(L/min)			FVC/L		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	70.53 ± 2.16	78.47 ± 1.82	7.94 ± 1.15	3.15 ± 0.38	3.52 ± 0.41	0.37 ± 0.09
对照组	54	71.08 ± 2.34	72.92 ± 1.75	1.84 ± 1.02	3.12 ± 0.36	3.33 ± 0.38	0.21 ± 0.07
t 值		0.413	14.641	28.091	0.427	2.467	10.152
P 值		0.680	0.000	0.000	0.670	0.015	0.000

  

组别	n	FEV <sub>1</sub> /L			6MWT/m		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	2.41 ± 0.31	2.68 ± 0.35	0.27 ± 0.07	282.45 ± 25.16	368.72 ± 32.38	86.27 ± 15.62
对照组	54	2.38 ± 0.29	2.52 ± 0.32	0.14 ± 0.05	285.17 ± 24.83	326.59 ± 28.15	41.42 ± 13.47
t 值		0.514	2.485	10.853	0.548	7.092	15.576
P 值		0.608	0.014	0.000	0.585	0.000	0.000

表 4 两组治疗前后心功能指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	LVEF/%			LVESD/mm			LVEDD/mm		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	48.26 ± 5.17	55.18 ± 5.84	6.92 ± 1.58	45.45 ± 4.16	37.28 ± 3.72	8.17 ± 1.53	55.82 ± 5.93	51.47 ± 5.26	4.35 ± 1.12
对照组	54	47.91 ± 5.24	51.73 ± 5.45	3.82 ± 1.17	45.72 ± 4.08	41.59 ± 3.95	4.13 ± 1.26	56.14 ± 5.87	53.86 ± 5.41	2.28 ± 0.89
t 值		0.347	3.147	11.349	0.323	5.672	14.628	0.278	2.323	10.287
P 值		0.729	0.002	0.000	0.748	0.000	0.000	0.781	0.022	0.000

表 5 两组治疗前后生化指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	NT-proBNP/(pg/mL)			hs-CRP/(mg/L)			ET-1/(pg/mL)		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	1 685.42 ± 385.17	452.68 ± 78.35	1 232.74 ± 308.82	5.82 ± 1.16	2.58 ± 0.67	3.24 ± 0.84	75.16 ± 9.24	58.43 ± 7.65	16.73 ± 3.58
对照组	54	1 678.95 ± 373.64	718.31 ± 82.76	960.64 ± 290.88	5.76 ± 1.21	3.67 ± 0.82	2.09 ± 0.71	76.03 ± 9.51	65.82 ± 8.14	10.21 ± 2.93
t 值		0.087	16.436	4.639	0.258	7.363	7.425	0.478	4.815	9.962
P 值		0.931	0.000	0.000	0.797	0.000	0.000	0.634	0.000	0.000

### 2.5 两组患者的特异性生活质量比较

观察组与对照组治疗前心绞痛频率、身体受限及心绞痛稳定性比较,经 t 检验,差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。观察组与对照组治疗后心绞痛频率、身体受限及心绞痛稳定性比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );观察组治疗后上述

3 项评分水平均高于对照组。观察组与对照组治疗前后心绞痛频率、身体受限及心绞痛稳定性的差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ );观察组治疗前后上述 3 项评分的差值均大于对照组。见表 6。

表 6 两组治疗前后特异性生活质量比较 (分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	心绞痛频率			身体受限			心绞痛稳定性		
		治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值	治疗前	治疗后	差值
观察组	53	48.45 ± 7.16	78.62 ± 8.37	30.17 ± 5.25	45.83 ± 6.92	82.19 ± 7.85	36.36 ± 5.47	48.27 ± 6.35	79.54 ± 8.16	31.27 ± 5.18
对照组	54	47.92 ± 7.35	66.48 ± 7.94	18.56 ± 4.83	46.14 ± 6.78	73.26 ± 7.42	27.12 ± 4.92	47.86 ± 6.51	68.37 ± 7.58	20.51 ± 4.27
t 值		0.368	7.443	11.575	0.232	5.888	9.113	0.329	7.158	11.384
P 值		0.714	0.000	0.000	0.817	0.000	0.000	0.743	0.000	0.000

### 3 讨论

稳定型冠心病患者经PCI治疗虽能实现罪犯血管有效血运重建,但术后仍面临心肺功能储备下降、血管内皮功能障碍及心脏不良重构等问题<sup>[11-13]</sup>。运动康复作为心血管疾病二级预防核心干预措施,其改善临床终点的疗效已获循证医学支持,不过运动强度优化策略仍是临床研究争议焦点<sup>[14-15]</sup>。传统MICT方案通过稳态有氧代谢,主要提升线粒体生物合成与脂肪酸氧化代谢效率;新兴HIIT依托高低强度交替负荷刺激,可能激活更强心血管应激反应,在改善心肌收缩储备、调节冠状动脉血流及优化自主神经平衡上具有独特优势。MCGREGOR等<sup>[16]</sup>研究表明,在欧美稳定型冠心病人群中,低剂量HIIT在8周内显著改善VO<sub>2</sub> peak。VESTERBEKKMO等<sup>[17]</sup>研究进一步指出,HIIT在PCI术后患者中可诱导冠状动脉粥样斑块体积逆转。

本研究结果显示,与采用MICT的对照组相比,采用HIIT的观察组患者在多项心肺功能及运动耐力客观指标上均表现出更显著的改善。具体而言,HIIT组在VO<sub>2</sub> peak、AT、ED及PP等核心运动生理参数的改善程度显著优于MICT组,这反映了其更有效地提升了机体的最大有氧代谢能力、无氧代谢阈值及整体运动效能<sup>[18-19]</sup>。同时,在肺功能方面,HIIT组在MVV、FVC、FEV<sub>1</sub>及6MWT等指标的改善幅度也明显更大,提示该训练模式能够更全面地优化患者的通气功能、肺容量及亚极量运动耐力<sup>[20-21]</sup>。这种协同改善的生理机制可能源于HIIT独特的负荷特征。其通过高低强度交替的刺激模式,能够诱导更强烈的心血管应激反应,从而更有效地促进线粒体生物发生、改善骨骼肌氧利用效率,并增强心肌收缩功能与呼吸调节能力。

本研究结果显示,与对照组相比,采用HIIT的观察组在改善PCI术后患者心脏结构与神经内分泌指标方面也表现出显著优势。观察组在LVEF的提升幅度及LVESD与LVEDD的缩小程度上均优于对照组,表明HIIT能更有效促进心肌逆向重构。与MICT相比,HIIT在改善PCI术后患者心功能及血管内皮功能方面更具优势。观察组NT-proBNP、hs-CRP及ET-1下降更显著,提示其可多途径减轻心脏负荷与炎症反应<sup>[22]</sup>。其机制包括:①高低强度交替负荷激活AMPK-PGC-1 $\alpha$ 通路,促进线粒体

生物合成和能量代谢重构,降低心室壁应力及NT-proBNP分泌;②恢复交感-副交感平衡,抑制RAAS系统过度激活,减少心脏后负荷;③周期性剪切力刺激内皮细胞上调eNOS活性,增加NO生成、抑制ET-1表达,改善血管舒张;④通过抑制NF- $\kappa$ B信号通路降低IL-6、TNF- $\alpha$ 等炎症因子,从而下调hs-CRP水平<sup>[23]</sup>。HIIT通过代谢优化、神经调节与内皮稳态重塑,实现心脏结构与功能的协同改善。

本研究结果显示,采用HIIT的观察组患者在SAQ各维度评分的改善程度显著优于采用MICT的对照组,这一发现具有重要的临床价值。SAQ评分的显著提升直接反映了患者心绞痛发作频率的降低、躯体活动受限程度的减轻以及疾病稳定性的改善,表明HIIT不仅能改善生理指标,更能有效转化为患者日常生活质量的提升<sup>[24-25]</sup>。从临床实践角度而言,这种生活质量的改善意味着患者对药物治疗依赖的潜在减少、医疗资源利用率的优化,以及长期治疗依从性的提高。

综上所述,本研究的干预方案基于客观生理指标制订,具备明确的操作规范与安全性保障,在具备心脏康复条件的医疗机构中具有良好的临床推广价值。然而,研究受限于单中心设计及3个月的干预周期,未能评估不同临床特征亚组患者的获益差异及运动效益的长期持续性。未来研究应通过多中心、大样本的长期随访进一步验证HIIT的远期疗效,并致力于建立基于基线特征的个体化运动强度精准推荐模型,以优化冠心病二级预防的康复策略。

#### 参 考 文 献 :

- [1] 韩国栋,姚康,魏志梁,等. 冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗术后非靶病变进展危险因素的模式病例对照研究[J]. 中国心血管病研究, 2025, 23(3): 260-265.
- [2] CUI L J, HAN L J, WANG J, et al. Prevalence and characteristics of coronary microvascular dysfunction in post-percutaneous coronary intervention patients with recurrent chest pain[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2022, 12(2): 166-176.
- [3] 许娜娜,许恒,陈宗锐,等. 加味柴胡桂枝汤联合康复运动对冠心病PCI术后患者小而密低密度脂蛋白、脂蛋白a水平和疾病获益感的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2024, 34(19): 8-13.
- [4] OKUR I, AKSOY C C, YAMAN F, et al. Which high-intensity interval training program is more effective in patients with coronary artery disease? [J]. *Int J Rehabil Res*, 2022, 45(2): 168-175.

- [5] 朱元红, 夏林凤, 彭杰成, 等. 高强度间歇运动对冠心病病人居家心脏康复影响的研究[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(12): 1670-1674.
- [6] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 等. 稳定性冠心病诊断与治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(9): 680-694.
- [7] 韩雅玲, 徐凯. 解读中国PCI指南2009系列讲座(三)经皮冠状动脉介入治疗与药物治疗[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2009, 17(4): 238-239.
- [8] LEE S C, STEVENS T L, SANDBERG S M, et al. The potential of brain natriuretic peptide as a biomarker for New York Heart Association class during the outpatient treatment of heart failure[J]. *J Card Fail*, 2002, 8(3): 149-154.
- [9] FLETCHER G F, ADES P A, KLIGFIELD P, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2013, 128(8): 873-934.
- [10] 李静, 常改. 西雅图量表测量冠心病患者生活质量的评价[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(5): 594-594.
- [11] 裴佩, 张硕, 邓艳, 等. 基于冠状动脉CT血管成像的斑块传统指标联合影像组学对急性心肌梗死罪犯斑块的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2025, 59(9): 1017-1028.
- [12] LI Y, FENG X, CHEN B Y, et al. Retrospective analysis of exercise capacity in patients with coronary artery disease after percutaneous coronary intervention or coronary artery bypass graft[J]. *Int J Nurs Sci*, 2021, 8(3): 257-263.
- [13] JIN B Y, WANG T T, HUA C J, et al. Coronary microcirculatory dysfunction after percutaneous coronary intervention: pathogenesis, diagnosis, and therapeutic strategies[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1618242.
- [14] WAN Q H, GUO T, LI J M, et al. A study of extracorporeal cardiac shock wave therapy combined with exercise rehabilitation in postoperative patients with PCI for CHD[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 21670.
- [15] WANG J, ZHOU Y, HUANG W X, et al. A common-sense model-based nursing intervention improves exercise compliance in coronary heart disease: a randomized controlled trial and a pilot study[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1579015.
- [16] MCGREGOR G, POWELL R, BEGG B, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: a multi-centre randomized controlled trial[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2023, 30(9): 745-755.
- [17] VESTERBEKKMO E K, AKSETØY I L A, FOLLESTAD T, et al. High-intensity interval training induces beneficial effects on coronary atheromatous plaques: a randomized trial[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2023, 30(5): 384-392.
- [18] 杨俊超, 卢智慧, 李祥鑫, 等. 基于W'平衡模型的4分钟低量高强度间歇运动能量代谢特征分析[J]. 中国运动医学杂志, 2025, 44(5): 358-364.
- [19] REED J L, TERADA T, COTIE L M, et al. The effects of high-intensity interval training, Nordic walking and moderate-to-vigorous intensity continuous training on functional capacity, depression and quality of life in patients with coronary artery disease enrolled in cardiac rehabilitation: a randomized controlled trial (CRX study)[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2022, 70: 73-83.
- [20] 钟玲, 邢军, 赵保礼, 等. 增强型体外反搏联合中强度间歇训练对冠心病心肺储备能力及运动耐力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(4): 478-484.
- [21] LUO C, LI L, HOU L, et al. Effects of tiered cardiac rehabilitation on CRP, TNF- $\alpha$ , and physical endurance in older adults with coronary heart disease[J]. *Open Life Sci*, 2025, 20(1): 20221040.
- [22] 陈婷, 胡元会, 薛文静, 等. 冠心病心房颤动血瘀证患者心房颤动负荷与炎症趋化因子等客观指标的相关性研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2023, 15(6): 689-693.
- [23] ZHANG M, ALEMASI A, ZHAO M M, et al. Exercise training attenuates acute  $\beta$ -adrenergic receptor activation-induced cardiac inflammation via the activation of AMP-activated protein kinase[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(11): 9263.
- [24] PATEL L, SEGAR M W, USMAN M S, et al. Frailty burden and efficacy of initial invasive strategy in chronic coronary disease: the ISCHEMIA trials[J]. *J Am Geriatr Soc*, 2025, 73(8): 2376-2385.
- [25] 崔维佳, 谢金洲, 罗炼, 等. 高强度间歇训练心脏康复对冠心病患者PCI术后心脏功能及应激因子的影响[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(17): 3346-3349.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 韩雪, 王佳旺, 吴琼, 等. 基于客观指标的不同强度运动康复对稳定型冠心病患者PCI术后的影响分析[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(5): 104-110.

**Cite this article as:** HAN X, WANG J W, WU Q, et al. Analysis of the effects of exercise rehabilitation with different intensities based on objective indicators on patients with stable coronary heart disease after PCI[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(5): 104-110.