·临床研究·

高强度间歇运动在老年心力衰竭心脏康复中的作用

苏冉*,齐素霞,王计亮,沈青青
(邢台市中心医院心血管内科,河北 邢台 054000)

【摘 要】 **目的** 以综合角度分析高强度间歇运动(HIIT)在老年心力衰竭心脏康复中的应用价值。**方法** 选取2021年3月至2024年6月在邢台市中心医院收治的126例左心室射血分数(LVEF)为41%~49%的老年慢性心力衰竭(CHF)患者为研究对象,使用随机数字表余数分组法将其分为HIIT组($n=63$)及对照组($n=63$)。对照组给予心脏康复常规运动处方,HIIT组给予心脏康复HIIT运动处方,疗程均为8周。在干预前及干预8周后,评估主要疗效指标和次要疗效指标,其中主要疗效指标为心功能指标,包括LVEF、左心室舒张末期内径(LVEDD)、左心室收缩末期内径(LVESD);次要疗效指标包括运动耐力指标[峰值摄氧量(VO_{2peak})、峰值负荷功率(WR_{Peak})、6 min步行试验(6MWT)]、负性情绪指标[Kinesiophobia心脏疾病恐动量表(TSK-Heart)、焦虑自评量表(SAS)、抑郁自评量表(SDS)]、血清指标[长链非编码核糖核酸(lncRNA)-ZFAS1、微小RNA(miR)-138-5p、NOD样受体热蛋白结构域相关蛋白3(NLRP3)、N末端B型利钠肽原(NT-proBNP)]、以及血压。采用SPSS 25.0软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用t检验及χ^2检验。**结果** 干预8周后,两组LVEF、VO_{2peak}、WR_{Peak}、6MWT、血清miR-138-5p相对表达量均较干预前升高($P<0.05$),两组LVEDD、LVESD、TSK-Heart、SAS及SDS评分、血清lncRNA-ZFAS1相对表达量及NLRP3、NT-proBNP水平均较干预前降低($P<0.05$)。干预8周后,HIIT组LVEF、VO_{2peak}、WR_{Peak}、6MWT、血清miR-138-5p相对表达量高于对照组(均$P<0.05$);HIIT组LVEDD、LVESD、TSK-Heart、SAS及SDS评分、血清lncRNA-ZFAS1相对表达量及NLRP3、NT-proBNP水平均低于对照组(均$P<0.05$)。两组干预前后收缩压及舒张压比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。两组老年CHF患者在8周的干预期间均无心血管不良事件及非心血管不良事件发生。**结论** HIIT用于LVEF为41%~49%的老年CHF患者心脏康复能提升心功能,改善运动耐力,缓解负性情绪,抑制炎症反应,并调控ncRNA-ZFAS1与miR-138-5p的表达量,安全性良好,具有良好应用前景。

【关键词】 老年人;心力衰竭;心脏康复;运动;高强度间歇运动
【中图分类号】 R541.6 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2026.06.087

Application value of high-intensity interval training in cardiac rehabilitationfor elderly patients with heart failure

Su Ran*, Qi Suxia, Wang Jiliang, Shen Qingqing
(Department of Cardiology, Xingtai Central Hospital, Xingtai 054000, Hebei Province, China)

【Abstract】 **Objective** To analyze the application value of high-intensity interval training (HIIT) in cardiac rehabilitation for elderly patients with heart failure from a comprehensive perspective. **Methods** A total of 126 elderly patients with chronic heart failure (CHF) with left ventricular ejection fraction (LVEF) of 41%-49% admitted to our hospital from March 2021 to June 2024 were enrolled, and divided into a HIIT group ($n=63$) and a control group ($n=63$) by group with a random number table. The control group was given a routine exercise prescription for cardiac rehabilitation, whereas the HIIT group was given a HIIT exercise prescription, with a treatment course of 8 weeks. Before and at 8 weeks after intervention, the primary and secondary efficacy indicators were evaluated. The primary efficacy indicators were cardiac function indicators, including LVEF, left ventricular end-diastolic dimension (LVEDD), and left ventricular end-systolic dimension (LVESD). The secondary efficacy indicators included exercise tolerance indicators, such as, peak oxygen uptake (VO_{2peak}), peak load power (WR_{peak}), and 6-minute walk test (6MWT)], negative emotion indicators [Tampa scale of kinesiophobia for the heart (TSK-Heart), self-rating anxiety scale (SAS), and self-rating depression scale (SDS)], serum indicators [long non-coding RNA (lncRNA)-ZFAS1, microRNA (miR)-138-5p, NOD-like receptor protein 3 (NLRP3), and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP)], and blood pressure. SPSS statistics 25.0 was used for data analysis. Intergroup comparison was performed using student's t test or *Chi*-square test depending on data type. **Results** After 8 weeks of intervention, LVEF, VO_{2peak},

收稿日期: 2025-07-01; **接受日期**: 2025-08-14
基金项目: 邢台市重点研发计划自筹项目(2023ZC088)
通信作者: 苏冉, E-mail: su17692963831@163.com

WR_{Peak}, 6MWT and relative expression of serum miR-138-5p in the 2 groups were increased than the corresponding levels before intervention ($P<0.05$). The LVEDD, LVESD, TSK-Heart score, SAS and SDS scores, expression of serum lncRNA-ZFAS1 and levels of NLRP3 and NT-proBNP in the two groups were reduced compared to before intervention ($P<0.05$). After intervention, the HIIT group exhibited significantly higher LVEF, VO_{2peak}, WR_{Peak}, 6MWT, and expression of serum miR-138-5p, but lower LVEDD, LVESD, scores of TSK-Heart, SAS and SDS, expression of serum lncRNA-ZFAS1, and levels of NLRP3 and NT-proBNP than the control group (all $P<0.05$). No statistical differences were observed in systolic blood pressure and diastolic blood pressure between the 2 groups before and after intervention ($P>0.05$). There were no adverse cardiovascular or non-cardiovascular events in the two groups during the 8-week intervention period. **Conclusion** HIIT for cardiac rehabilitation in elderly patients with LVEF of 41%-49% can improve cardiac function, enhance exercise tolerance, alleviate negative emotions, inhibit inflammatory responses, and regulate the expression of lncRNA-ZFAS1 and miR-138-5p, with good safety and promising application prospects.

【Key words】 aged; heart failure; cardiac rehabilitation; exercise; high-intensity interval training

This work was supported by the Self-financing Project of Key Research and Development Plan of Xingtai City (2023ZC088).

Corresponding author: *Su Ran*, *E-mail*: *su17692963831@163.com*

慢性心力衰竭(chronic heart failure, CHF)作为再住院率及病死率较高的心血管疾病,老年是其主要患病人群,CHF 患病率可随年龄的增长而升高,且受器官功能退化、合并症增多等因素影响,老年 CHF 患者疾病恶化风险高、预后差[1]。心脏康复干预是延缓 CHF 疾病进展、改善预后的重要途径,其中运动康复干预是心脏康复的核心内容,运动可通过调控自主神经系统,调节压力感受器灵敏性,保护 CHF 心功能[2,3]。目前,CHF 心脏康复中的运动干预方法主要为有氧运动中等强度持续训练,运动目标是稳定状态下能进行更长时间的有氧运动,是一种相对安全的运动方式,患者出院后可自行完成,对延缓 CHF 进展有积极作用[4]。近年有研究[5]发现,高强度间歇训练(high-intensity interval training, HIIT)用于老年 CHF 心脏康复干预,不仅具备良好安全性,在心功能改善效果上,还可能优于传统中等强度持续训练。HIIT 以低强度运动(或休息)期间穿插短时间的高强度运动,可有效增加患者耐受运动强度及时间,虽然有报道认为 HIIT 可替代中等强度持续训练,成为 CHF 心脏运动康复的有效办法,但由于 HIIT 运动强度大,考虑其安全性,目前并未在临床中广泛应用[6]。基于此,本研究分析 HIIT 在左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)为 41%~49%老年 CHF 心脏康复中的应用价值,为其临床应用提供可靠数据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2021 年 3 月至 2024 年 6 月在邢台市中心医院收治的 126 例老年 CHF 患者为研究对象。采用随机数字表余数分组法将 126 例老年 CHF 患者分为 HIIT 组($n=63$)及对照组($n=63$)。本研究获得邢台市中心医院医学伦理委员会审批(批准文号:202101)。研究符合《赫尔辛基宣言》。

纳入标准:CHF 诊断符合《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018》[7];年龄 60~79 岁;LVEF 41%~49%;纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级Ⅱ~Ⅲ级;病情稳定,入组前 1 个月内无急性加重入院史;视听功能正常;自愿入组且签署纸质版知情同意书。排除标准:入组前 3 个月内急性心肌梗死等急性冠脉综合征患病史;心脏起搏器安装史;精神分裂症等精神疾病史;合并严重心律失常或严重瓣膜性心脏病;合并肺动脉高压、先天性心脏病等其他影响心肺功能的疾病;收缩压>180 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)或舒张压>100 mmHg,未能控制的高血压;预计生存时间<6 个月。剔除病例:研究中途失访或不遵医嘱治疗。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 两组老年 CHF 患者均参考《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018》[7]给予常规抗心力衰竭治疗,包括沙库巴曲缬沙坦等血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂、呋塞米等利尿剂,地高辛等强心药,恩格列净等新型抗心力衰竭药物,以及低盐低脂饮食、控制液体摄入量等生活方式干预。

对照组给予常规运动处方。参考《慢性心力衰竭心脏康复中国专家共识》[8]制定运动处方,前 2 周为初始阶段,由步行 10 min 开始,随后逐渐增加至 20~40 min,运动强度以心率较静息状态增加 20~30次/min 为宜,以 Borg 呼吸困难程度评分[9] 13 分为运动最大强度,每次运动前热身及运动后整理拉伸 5~10 min,运动频率为 3 次/周;第 3~8 周运动方式为有氧运动(步行、八段锦)结合抗阻运动(弹力带、哑铃),有氧运动 20~40 min/次,3 次/周,抗阻运动 20~40 min/次,2 次/周,有氧及抗阻运动

均需运动前热身及运动后整理拉伸5~10 min,运动强度与前2周一致;每次运动均在运动康复室内由康复师监护下完成。

HIIT组给予HIIT运动处方。开始前使用运动心电测试系统(瑞士SCHILLER,型号:AT104PC)行症状限制性脚踏车试验,完成心肺运动试验,每次运动均在运动心电测试系统上完成,并由康复师全程监护;前2周初始阶段的运动强度以峰值摄氧量(peak oxygen consumption, VO_{2peak})40%~60%,Borg呼吸困难程度评分<12分开始,逐渐增加至VO_{2peak} 60%~75%,Borg呼吸困难程度评分12~13分的中等强度运动;第3~8周调整为高强度运动,VO_{2peak} 80%~90%,Borg呼吸困难程度评分14~16分,运动60~90 s,间歇60~90 s;中等强度运动与高等强度运动的每次运动总时长为30~60 min(包含运动前热身+运动后整理拉伸5~10 min),3~5次/周;HIIT运动时长及频率制定参考既往文献[5]老年心脏康复HIIT方案。两组疗程均为8周。

1.2.2 观察指标 在干预前及干预8周后评估以下指标。(1)主要疗效指标。心功能指标由心脏超声工作年限≥5年的超声医师完成测量,使用彩色多普勒超声诊断仪(荷兰Philips,型号:iE33),采用左侧卧位,Simpson双平面法测量检测LVEF、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左心室收缩末期内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)。(2)次要疗效指标。①运动耐力指标:使用运动心电测试系统行心肺运动试验,监测两组老年CHF患者VO_{2peak}、峰值负荷功率(peak load power, WR_{Peak}),在运动康复室外的平直走廊上完成6 min步行试验(6-min walk test, 6MWT)[10],记录步行距离。②负性情绪指标:分别使用Kinesiophobia心脏疾病恐动量表(Tampa scale for kinesiophobia heart, TSK-Heart)[11]及焦虑自评量表(self-rating anxiety scale, SAS)、抑郁自评量表(self-rating depression scale, SDS)[12]评估,其中TSK-Heart共包含15个条目,各条目以1(非常不同意)~4分(非常同意)计分,总分15~60分,总分越高,恐动情绪越严重;SAS与SDS各包含20个条目,以1~4分计分,总分20~80分,将实际得分×1.25转换为标准得分,得分越高,焦虑、抑郁情绪越严重。③血清指标:分别采集老年CHF患者清晨空腹外周肘静脉血3~4 ml,以离心半径8 cm、转速3 000转/min,离心10 min,获得血清标本,TRIzol法(美国Axygen Scientific Inc)提取总核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)后反转录,经荧光实时定量聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)检测长链非编码RNA(long noncoding RNA, lncRNA)-ZFAS1、微小RNA(microRNA, miR)-138-5p表达情况,在NCBI网站上查询、设计序列,引物设计、合成及提纯均由上海生工生物工程股份有限公司完成;lncRNA-ZFAS1序列为上游5′-CCGGAGTGTGGTACTTCTCC-3′,下游5′-CCAGAGGTCTCCAACGAAGA-3′;miR-138-5p序列为上游5′-ACACTCCAGCTGGGAGCTGGTCTTG-3′,下游5′-GTGCAGGGTCCGAGGT-3′,内参U6序列为上游5′GCTTCGGCAGCACATATACT-3′,下游5′-GTGCAGGGTCCGAGGTATTC-3′;反应条件为95℃ 10 min,97℃变性10 s,60℃退火10 s,72℃延伸30 s,40个循环,最后72℃延伸10 min,将得到的Ct值导出,以U6为内参,采用$2^{-\triangle\triangle Ct}$法分析二者相对表达量;采用酶联免疫分析法(美国ACRO Biosystems公司)检测血清NOD样受体热蛋白结构域相关蛋白3(nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor protein 3, NLRP3)及N末端B型利钠肽原(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP)。④血压:记录两组收缩压及舒张压变化。⑤安全性评价:记录8周干预期间心房颤动等心血管不良事件及跌倒等非心血管不良事件发生情况。

1.3 统计学处理

采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用t检验;计数资料用例数(百分率)表示,采用χ^2检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者一般资料

HIIT组与对照组老年CHF患者在8周的干预期间各有1例失访、拒绝继续康复治疗患者,予以剔除,两组最终各有62例患者纳入分析比较。两组在8周治疗期间无药物方案调整。两组患者CHF病程、合并症、用药情况等一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$;表1)。

2.2 两组患者干预前后心功能指标

干预前,两组患者LVEF、LVEDD、LVESD比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);干预8周后,两组患者LVEF均较干预前升高,且HIIT组干预后高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$);两组患者LVEDD、LVESD均较干预前降低,且HIIT组干预后低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$;表2)。

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups (n=62)

Item	HIIT group	Control group	χ^2/t	P value
Male/female(n)	38/24	35/27	0.300	0.584
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	70.58±5.27	69.76±4.89	0.898	0.371
CHF course(years, $\bar{x}\pm s$)	10.06±1.93	9.72±1.85	1.001	0.319
Body mass index(kg/m^2, $\bar{x}\pm s$)	23.04±1.89	22.93±1.94	0.320	0.750
NYHA cardiac function grading [n(%)]			0.290	0.590
Ⅱ	30(48.39)	33(53.23)		
Ⅲ	32(51.61)	29(46.77)		
History of smoking[n(%)]	24(38.71)	25(40.32)	0.034	0.854
History of alcohol drinking[n(%)]	19(30.65)	17(27.42)	0.157	0.692
Hypertension[n(%)]	33(53.23)	31(50.00)	0.129	0.719
Diabetes mellitus[n(%)]	11(17.74)	10(16.13)	0.057	0.811
Coronary heart disease[n(%)]	18(29.03)	0(32.26)	0.152	0.697
Medication use [n(%)]				
Sacubitril valsartan	19(30.65)	18(29.03)	0.039	0.844
Bisoprolol	31(50.00)	30(48.39)	0.032	0.857
Nifedipine	13(20.97)	11(17.74)	0.207	0.649
Diuretics	18(29.03)	19(30.65)	0.039	0.844
Digoxin	9(14.52)	7(11.29)	0.287	0.592
Empagliflozin	20(32.26)	22(35.48)	0.144	0.704
Spironolactone	24(38.71)	26(41.94)	0.134	0.714
Eplerenone	19(30.65)	17(27.42)	0.157	0.692
Captopril	11(17.74)	9(14.52)	0.239	0.625
Average exercise time(min/time, $\bar{x}\pm s$)	45.19±6.27	43.65±5.98	1.400	0.164
Average exercise frequency(times/week, $\bar{x}\pm s$)	4.12±0.81	4.09±0.85	0.201	0.841

HIIT: high-intensity interval training; CHF: chronic heart failure; NYHA: New York Heart Association.

表 2 两组患者干预前后心功能指标比较

Table 2 Comparison of cardiac function indexes between two groups before and after intervention (n=62, $\bar{x}\pm s$)

Group	LVEF(%)		LVEDD(mm)		LVESD(mm)	
	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention
HIIT	44.25±2.04	48.78±2.47*	58.46±3.11	54.32±3.09*	48.45±2.25	44.06±2.18*
Control	44.72±2.11	47.26±2.32*	58.31±3.24	56.26±3.16*	48.29±2.30	45.24±2.07*
t	1.261	3.532	0.263	3.456	0.392	3.091
P value	0.210	0.001	0.793	0.001	0.696	0.003

LVEF: left ventricular ejection fraction; LVEDD: left ventricular end-diastolic diameter; LVESD: left ventricular end-systolic diameter. Compared with the same group before intervention, *P<0.05.

2.3 两组患者运动耐力指标

干预前,两组患者 VO_{2peak}、WR_{Peak}、6MWT 比较,差异均无统计学意义(P>0.05);干预 8 周后,两组患者 VO_{2peak}、WR_{Peak}、6MWT 均较干预前升高,且 HIIT 组干预后上述指标均高于对照组,差异均有统计学意义(P<0.05;表 3)。

2.4 两组患者负性情绪指标

干预前,两组患者 TSK-Heart、SAS 及 SDS 评分比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。干预 8 周后,两组患者 TSK-Heart、SAS 及 SDS 评分均较干预前降低,且 HIIT 组干预后上述评分均较对照组更低,差异均有统计学意义(P<0.05;表 4)。

2.5 两组患者血清指标

干预前,两组患者血清 lncRNA-ZFAS1 相对表达量、miR-138-5p 相对表达量及 NLRP3、NT-proBNP 比较,差异均无统计学意义(P>0.05)。干预 8 周后,两组患者血清 lncRNA-ZFAS1 相对表达量及 NLRP3、NT-proBNP 均较干预前降低(P<0.05),且 HIIT 组干预后均较对照组更低(P<0.05);两组血清 miR-138-5p 相对表达量均较干预前升高(P<0.05),且 HIIT 组较对照组更高,差异均有统计学意义(P<0.05;表 5)。

表3 两组患者干预前后运动耐力指标比较

Table 3 Comparison of exercise tolerance indexes between two groups before and after intervention ($n=62$, $\bar{x}\pm s$)

Group	VO_{2peak}[ml/(kg·min)]		WR_{Peak}(W)		6MWT(m)	
	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention
HIIT	16.22±2.49	21.19±2.68*	68.46±5.19	82.43±4.21*	359.45±22.19	442.86±26.45*
Control	16.50±2.61	19.24±2.43*	69.32±5.08	78.46±5.30*	361.50±21.42	413.72±24.93*
t	0.611	4.244	0.932	4.618	0.523	6.313
P value	0.542	<0.001	0.353	<0.001	0.602	<0.001

HIIT: high-intensity interval training; VO_{2peak}: peak oxygen consumption; WR_{Peak}: peak load power; 6MWT: 6-min walk test. Compared with the same group before intervention, *$P<0.05$.

表4 两组患者干预前后负性情绪指标比较

Table 4 Comparison of negative emotion indexes between two groups before and after intervention ($n=62$, points, $\bar{x}\pm s$)

Group	TSK-Heart		SAS		SDS	
	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention
HIIT	38.75±4.21	30.64±4.46*	50.65±3.18	44.36±3.27*	52.49±4.19	45.71±3.85*
Control	38.49±4.08	32.82±4.27*	50.27±3.24	46.30±3.51*	52.09±4.32	47.66±4.08*
t	0.349	2.780	0.659	3.184	0.523	2.737
P value	0.728	0.006	0.511	0.002	0.602	0.007

HIIT: high-intensity interval training; TSK-Heart: Tampa scale for kinesiophobia heart; SAS: self-rating anxiety scale; SDS: self-rating depression scale. Compared with the same group before intervention, *$P<0.05$.

表5 两组患者干预前后血清指标比较

Table 5 Comparison of serum indexes between two groups before and after intervention ($n=62$, $\bar{x}\pm s$)

Group	Relative expression of lncRNA-ZFAS1		Relative expression of miR-138-5p		NLRP3(ng/ml)		NT-proBNP(ng/ml)	
	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention
HIIT	1.45±0.24	1.20±0.21*	0.63±0.11	0.85±0.15*	7.95±1.21	5.68±1.09*	642.81±99.34	542.36±78.33*
Control	1.44±0.26	1.31±0.20*	0.65±0.13	0.76±0.16*	7.78±1.16	6.40±1.11*	639.27±98.20	581.25±81.64*
t	0.223	2.987	0.925	3.231	0.799	3.644	0.200	2.707
P value	0.824	0.003	0.357	0.002	0.426	<0.001	0.842	0.008

HIIT: high-intensity interval training; lncRNA: long noncoding ribonucleic acid; miR: micro ribonucleic acid; NLRP3: nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor protein 3; NT-proBNP: N-terminal pro-B-type natriuretic peptide. Compared with the same group before intervention, *$P<0.05$.

2.6 两组患者血压及安全性评价

两组患者干预前及干预后后收缩压及舒张压比较,差异均无统计学意义($P>0.05$;表6)。两组老年CHF患者均未出现心血管不良事件及非心血管不良事件。

表6 两组患者干预前后血压比较

Table 6 Comparison of blood pressure between the two groups before and after intervention ($n=62$, mmHg, $\bar{x}\pm s$)

Group	Systolic blood pressure		Diastolic blood pressure	
	Before intervention	After intervention	Before intervention	After intervention
HIIT	123.45±9.27	121.98±9.48	76.29±5.08	75.66±5.42
Control	121.08±10.16	120.75±9.65	75.44±4.97	75.02±5.18
t	1.357	0.716	0.942	0.672
P value	0.177	0.475	0.348	0.503

HIIT: high-intensity interval training. 1 mmHg=0.133 kPa.

3 讨 论

既往认为CHF患者应卧床休息并减少活动量以降低心脏负担,随着医疗理论及运动健康研究的不断发展,上述概念已不再适用。研究[13]发现,运动锻炼可通过调控神经内分泌激素系统,抑制心室重塑,延缓CHF疾病进展,保护患者心功能。以有氧运动为主的运动锻炼是CHF心脏康复治疗的重要组成部分,考虑到老年CHF患者的耐受力、居家及长期锻炼的可行性等多种因素,我国老年CHF患者心脏运动康复方案主要为中等强度有氧运动持续训练,在改善疾病进展、提升生活质量方面具有良好应用价值[14]。近年研究[15]指出,HIIT可调控多种分子的表达量,通过心肌凋亡、氧化应激、炎症免疫等多种途径发挥心功能保护作用,其较中等强度有氧持续运动能产生更大的生理学适应,而更快地促

进身体健康。目前,HIIT 并未在心脏运动康复中广泛应用,其应用价值及安全性还需更多临床试验的认证。

本研究将 HIIT 用于 LVEF 为 41%~49%的老年 CHF 患者,发现 HIIT 组干预后 LVEF 高于对照组,LVEDD、LVESD 及血清 NT-proBNP 低于对照组,且两组干预期间均未出现心律失常、跌倒等不良事件,提示相较于中等强度有氧持续运动,HIIT 能进一步提升老年 CHF 患者心功能,延缓 CHF 疾病进展,且安全性良好,与 Turri-Silva 等[16]研究结果相似。进一步分析两组运动耐力,结果发现,HIIT 组干预后 VO_{2peak}、WR_{Peak}、6MWT 均明显高于对照组,表明 HIIT 能尽快提升老年 CHF 患者运动耐力,应用效果更好。究其原因可能为 HIIT 使患者运动强度达到 VO_{2peak} 80%~90%,身体处于较大的生理应激环境,通过反复、间歇性刺激,能加速改善骨骼肌线粒体代谢功能,提高骨骼肌毛细血管密度,增强骨骼肌力量,同时还可增强心肌线粒体质量及形态,抑制心肌肥厚及纤维化,延缓心室重塑,提高心肌灌注及供氧,实现良好的提高运动耐力作用[17]。另据文献[18]报道,心脏运动康复能通过调控交感神经与迷走神经活性,缓解炎症反应,从而减轻炎症介导的心肌细胞焦亡,这可能是运动改善 CHF 患者心功能的重要原因。本研究中,HIIT 组干预后血清 NLRP3 显著低于对照组,提示 HIIT 在减轻炎症方面也更具优势。分析其原因可能为 HIIT 运动通过反复多次且短暂的缺血缺氧刺激,能更有效调控交感神经及迷走神经活性,而进一步减轻炎症反应[19]。

近年来,以分子生物学角度分析 CHF 心脏康复效果成为研究热点,lncRNA-ZFAS1 能通过调控自噬、凋亡、迁移等细胞功能,影响心肌重塑,参与 CHF 疾病进展[20];miR-138-5p 作为一种经典肿瘤抑制因子,近年被发现其能通过调控靶基因表达影响心肌重塑过程,进而影响心血管不良事件发生率[21]。本研究中,相较于对照组,HIIT 组干预后血清 lncRNA-ZFAS1 相对表达量更低,miR-138-5p 相对表达量更高,提示 HIIT 还可能通过调控 lncRNA-ZFAS1 及 miR-138-5p 的表达,延缓 CHF 心室重构。不仅如此,本研究还发现,HIIT 组在降低负性情绪(TSK-Heart、SAS 及 SDS 评分)方面也较对照组更有效,与 Gaia 等[22]研究结果不同,该学者通过 meta 分析发现 HIIT 治疗对抑郁等负性情绪并无显著疗效。分析造成结果差异的原因为与研究人群不同有关,该学者以健康人群为入组对象,本研究为老年 CHF 患者,神经内分泌激素系统紊乱及炎症反应更严重,HIIT 的减轻炎症反应、调控交感神经功能效果在老年 CHF 患者中更明显,通过影响下丘脑-垂体-肾上腺轴活性,介导神经递质活性,缓解抑郁等情绪,同时提高老年 CHF 患者运动耐力,也能促使患者对运动康复的恐惧减少,更有利于其主动运动康复锻炼[23]。然而,本研究作为单中心小样本量研究,结果的代表性及可靠性有所欠缺,未来还需联合其他医疗机构开展多中心大样本量研究,对本研究结果加以验证。

综上,与目前常用的中等强度有氧持续运动相比,HIIT 用于 LVEF 为 41%~49%的老年 CHF 心脏康复能进一步改善患者心功能及运动耐力,减轻炎症反应,缓解恐动、焦虑及抑郁情绪,还能调控 lncRNA-ZFAS1、miR-138-5p 的表达,安全性良好,临床应用前景较好。

【参考文献】

[1] Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, *et al*. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2022, 145(18): 895-1032. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001063.

[2] Dhingra NK, Mazer CD, Connelly KA, *et al*. Chronic heart failure management in adult patients with congenital heart disease[J]. Curr Opin Cardiol, 2023, 38(2): 82-87. DOI: 10.1097/HCO.0000000000001011.

[3] 韦建侠, 吴飞妮, 程媛媛, 杨晋雯. 心源性肝硬化患者血清 Syndecan-1 水平与心功能及肝硬化严重程度的相关性研究[J]. 中华消化病与影像杂志(电子版), 2025, 15(4): 347-351. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-2015.2025.04.010.

[4] Taylor JL, Myers J, Bonikowske AR. Practical guidelines for exercise prescription in patients with chronic heart failure[J]. Heart Fail Rev, 2023, 28(6): 1285-1296. DOI: 10.1007/s10741-023-10310-9.

[5] Dun Y, Smith JR, Liu S, *et al*. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation[J]. Clin Geriatr Med, 2019, 35(4): 469-487. DOI: 10.1016/j.cger.2019.07.011.

[6] Wang C, Xing J, Zhao B, *et al*. The effects of high-intensity interval training on exercise capacity and prognosis in heart failure and coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Cardiovasc Ther, 2022, 9(1): e4273809. DOI: 10.1155/2022/4273809.

[7] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(10): 760-789. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004.

[8] 中国康复医学会心血管病预防与康复专业委员会.慢性心力衰竭心脏康复中国专家共识[J].中华内科杂志, 2020, 59(12): 942-952. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20200309-00210.

[9] 常睿, 吴抗, 邱华, 等. 健康干预对上海市浦东新区社区轻中度慢性阻塞性肺疾病患者运动能力的影响[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(11): 1309-1314. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.11.013.

[10] Liu JF, Kuo NY, Fang TP, *et al*. A six-week inspiratory muscle training and aerobic exercise improves respiratory muscle strength and exercise capacity in lung cancer patients after video-assisted thoracoscopic surgery: a randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2021, 35(6): 840-850. DOI: 10.1177/0269215520980138.

[11] Baykal şahin H, Kalaycıoğlu E, şahin M. The effect of cardiac rehabilitation on kinesiophobia in patients with coronary artery disease[J]. Turk J Phys Med Rehabil, 2021, 67(2): 203-210. DOI: 10.5606/tftrd.2021.5164.

[12] Shi D, Li Z, Li Y, *et al*. Variables associated with self-reported anxiety and depression symptoms in patients with chronic myeloid leukemia receiving tyrosine kinase inhibitor therapy[J]. Leuk Lymphoma, 2021, 62(3): 640-648. DOI: 10.1080/10428194.2020.1842397.

[13] 朱亚男, 朱娇, 卜素. 老年慢性心力衰竭患者负面情绪及自我感受负担与生活质量的相关性[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2024, 23(10): 729-733. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2024.10.161.

[14] Sachdev V, Sharma K, Keteyian SJ, *et al*. Supervised exercise training for chronic heart failure with preserved ejection fraction: a scientific statement from the American Heart Association and American College of Cardiology[J]. Circulation, 2023, 147(16): 699-715. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001122.

[15] Mueller S, Winzer EB, Duvinage A, *et al*. Effect of high-intensity interval training, moderate continuous training, or guideline-based physical activity advice on peak oxygen consumption in patients with heart failure with preserved ejection fraction: a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2021, 325(6): 542-551. DOI: 10.1001/jama.2020.26812.

[16] Turri-Silva N, Vale-Lira A, Verboven K, *et al*. High-intensity interval training versus progressive high-intensity circuit resistance training on endothelial function and cardiorespiratory fitness in heart failure: a preliminary randomized controlled trial[J]. PLoS One, 2021, 16(10): e0257607. DOI: 10.1371/journal.pone.0257607.

[17] Marcin T, Trachsel LD, Dysli M, *et al*. Effect of self-tailored high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous exercise on cardiorespiratory fitness after myocardial infarction: a randomised controlled trial[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2022, 65(1): e101490. DOI: 10.1016/j.rehab.2021.101490.

[18] Youssef H, Gönül MN, Sobeeh MG, *et al*. Is high-intensity interval training more effective than moderate continuous training in rehabilitation of multiple sclerosis: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2024, 105(8): 1545-1558. DOI: 10.1016/j.apmr.2023.12.012.

[19] Qin Y, Kumar Bundhun P, Yuan ZL, *et al*. The effect of high-intensity interval training on exercise capacity in post-myocardial infarction patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Prev Cardiol, 2022, 29(3): 475-484. DOI: 10.1093/eurjpc/zwab060.

[20] Liu M, Zhang Y, Li Y, *et al*. LncRNA Zfas1 boosts cell apoptosis and autophagy in myocardial injury induced by hypoxia *via* miR-383-5p/ATG10 axis[J]. Heliyon, 2024, 10(3): e24578. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e24578.

[21] Chu T, Han Q, Shi H, *et al*. Aberration of CA3 functionally mediates the pathogenesis of cardiomyocyte hypertrophy in a miR-138-5p dependent manner[J]. Acta Histochem, 2025, 127(1): e152233. DOI: 10.1016/j.acthis.2025.152233.

[22] Gaia JWP, Schuch FB, Ferreira RW, *et al*. Effects of high-intensity interval training on depressive and anxiety symptoms in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials[J]. Scand J Med Sci Sports, 2024, 34(4): e14618. DOI: 10.1111/sms.14618.

[23] Deka P, Pathak D, Klompstra L, *et al*. High-intensity interval and resistance training improve health outcomes in older adults with coronary disease[J]. J Am Med Dir Assoc, 2022, 23(1): 60-65. DOI: 10.1016/j.jamda.2021.05.034.

(编辑: 温玲玲)