



· 医学循证 ·

(扫描二维码查看原文)

# 高强度间歇训练治疗心力衰竭的有效性及安全性的 Meta 分析

罗江安<sup>1</sup>, 贺惠娟<sup>2</sup>

**【摘要】** 背景 近年心力衰竭发病人群逐渐年轻化, 且其发病率呈逐年上升趋势, 年病死率高达40%。高强度间歇训练 (HIIT) 是心脏康复的新兴治疗手段, 但其治疗心血管疾病患者的有效性及安全性仍存在争议。目的 采用 Meta分析探讨HIIT治疗心力衰竭患者的有效性及安全性。方法 计算机检索中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献服务系统及PubMed、Cochrane Library、Embase公开发表的HIIT或HIIT联合其他运动训练方式治疗心力衰竭患者有效性及安全性的随机对照试验, HIIT组为采用HIIT或HIIT联合其他运动训练方式 (如抗阻运动训练等) 的患者, 非HIIT组为不采取任何运动训练或采用除HIIT以外的其他训练方式的患者。采用Review Manager 5.3统计学软件进行Meta分析。结果 初步检出文献178篇, 根据文献纳入与排除标准筛选后最终纳入8篇文献, 包含354例患者, 其中HIIT组179例、非HIIT组175例。Meta分析结果显示, HIIT组患者峰值摄氧量 [均数差 (MD) =1.27, 95%CI (0.94, 1.59),  $P<0.001$ ]、左心室射血分数 [MD=3.97, 95%CI (3.55, 4.38),  $P<0.001$ ] 高于非HIIT组, 6分钟步行距离长于非HIIT组 [MD=43.03, 95%CI (14.98, 71.08),  $P=0.003$ ]。两组患者不良事件发生率比较, 差异无统计学意义 [相对危险度 (RR) =1.62, 95%CI (0.63, 4.19),  $P=0.32$ ]。结论 HIIT可有效提高心力衰竭患者的心功能及运动耐量, 但安全性仍有待进一步明确。

**【关键词】** 心力衰竭; 高强度间歇训练; 心脏康复; 安全性; 不良事件; Meta分析

**【中图分类号】** R 541.62 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.054

罗江安, 贺惠娟. 高强度间歇训练治疗心力衰竭的有效性及安全性的Meta分析 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30 (3): 78-82. [www.syxnf.net]

LUO J A, HE H J. Efficacy and safety of high intensity interval training in the treatment of heart failure: a meta-analysis [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (3): 78-82.

**Efficacy and Safety of High Intensity Interval Training in the Treatment of Heart Failure: a Meta-analysis** LUO Jiang'an<sup>1</sup>, HE Huijuan<sup>2</sup>

Nursing College, Hubei University of Traditional Chinese Medicine, Wuhan 430065, China

Corresponding author: HE Huijuan, E-mail: hhjiabei@hbtcm.edu.cn

**【Abstract】** **Background** In recent years, the incidence of heart failure is gradually becoming younger and increasing year by year, and the annual mortality rate is as high as 40%. High intensity interval training (HIIT) has become an emerging treatment for cardiac rehabilitation, however, its effectiveness and safety in the treatment of patients with cardiovascular diseases are still controversial. **Objective** To investigate the efficacy and safety of HIIT in the treatment of patients with heart failure by meta-analysis. **Methods** CNKI, Wanfang Data, VIP, SinoMed and Cochrane Library, PubMed, Embase databases were searched on online for randomized controlled trials reporting the efficacy and safety of HIIT or HIIT combined with other exercise modalities in the treatment of patients with heart failure. Patients in the HIIT group used HIIT or HIIT combined with other exercise methods (such as resistance exercise training, etc.), patients in the non-HIIT group did not take any exercise training or used other training methods other than HIIT. Meta-analysis was performed using Review Manager 5.3 statistical software. **Results**

A total of 178 literature were initially detected, and 8 literature were finally included after screening according to the inclusion and exclusion criteria, including 354 patients, 179 cases in the HIIT group and 175 cases in the non-HIIT group. Meta-analysis results showed that, peak oxygen uptake [mean difference (MD) =1.27, 95%CI (0.94, 1.59),  $P<0.001$ ], left ventricular ejection fraction [MD=3.97, 95%CI (3.55, 4.38),  $P<0.001$ ] in the HIIT group were higher than those in the non-HIIT group, 6-minute walking distance was longer than that in the non-HIIT group [MD=43.03, 95%CI (14.98, 71.08),  $P=0.003$ ]. There was no statistically significant difference in the incidence of adverse events between the two groups [relative risk (RR) =1.62, 95%CI (0.63,

基金项目: 湖北省卫生健康委员会科研项目 (WJ2021M212)

430065湖北省武汉市, 湖北中医药大学护理学院

通信作者: 贺惠娟, E-mail: hhjiabei@hbtcm.edu.cn

4.19),  $P=0.32$ ]. **Conclusion** HIIT can effectively improve cardiac function and exercise tolerance in patients with heart failure, and its safety remains to be further clarified.

**【Key words】** Heart failure; High intensity interval training; Cardiac rehabilitation; Safety; Adverse events; Meta-analysis

慢性心力衰竭 (chronic heart failure, CHF) 是各种心脏疾病的终末阶段, 是目前临床重要的心血管疾病之一<sup>[1]</sup>。据统计, 我国CHF发生率为0.7%~0.9%, 再住院率高达24.5%<sup>[2]</sup>。有研究表明, 心脏康复训练可有效提高CHF患者的运动耐量及生活质量, 降低再住院率<sup>[3]</sup>。目前心脏康复已被欧洲心脏病学会推荐为心力衰竭的二级预防措施<sup>[4]</sup>。目前, 心脏运动康复有低等强度连续训练 (low intensity continuous training, LICT)、中等强度连续训练 (moderate intensity continuous training, MICT), 均可有效改善患者有氧运动能力及预后<sup>[5]</sup>, 但需长期坚持, 多因患者依从性差而导致预期效果不佳。有研究表明, CHF患者对高强度间歇训练 (high intensity interval training, HIIT) 具有较好的依从性, 该训练方式可在短期内改善患者的有氧运动能力及心肺功能<sup>[6-8]</sup>, 但极易导致室性心动过速等不良事件, 影响HIIT效果<sup>[9]</sup>。因此, HIIT治疗心血管疾病的有效性及安全性仍存在争议。基于此, 本研究采用Meta分析探讨HIIT治疗心力衰竭的有效性及安全性, 以期后续更大样本量的随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT) 提供建议与指导。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献纳入与排除标准

1.1.1 文献纳入标准 (1) 研究类型及时间: RCT, 干预时间<1年, 随访时间不限; (2) 研究对象: 采用HIIT的心力衰竭患者, 且种族、国籍、宗教信仰无限制; (3) 干预措施: HIIT组为采用HIIT或HIIT联合其他训练方式 (如抗阻运动训练等) 的患者, 非HIIT组为不采取任何运动训练或采用除HIIT以外的其他训练方式的非患者, 两组患者常规治疗及护理方法一致; (4) 结局指标: 峰值摄氧量、左心室射血分数、6分钟步行距离、不良事件发生率。

1.1.2 文献排除标准 (1) 非RCT、综述或荟萃分析文献; (2) 研究内容不符文献; (3) 动物实验或正在进行的研究; (4) 无法获取全文或数据不完整的文献; (5) 重复发表文献。

1.2 文献检索策略 计算机检索中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库及PubMed、Cochrane Library、Embase公开发表的HIIT或HIIT联合其他训练方式治疗心力衰竭的有效性及安全性的文献, 检索时限为建库至2020-12-17。检索策略采用主题词与自由词相结合的方式, 并进行中英文扩展, 其中中文检索词为: 慢性心力衰竭、高强度间歇运动、有氧运动训练、康复效果、心脏康复; 英文检索词为: Chronic heart failure、High-intensity interval training、Aerobic training、Rehabilitation effect、CHF、Cardiac rehabilitation。并追溯纳入文献的参考文献。

1.3 文献筛选和资料提取 由两名研究人员严格按照文献纳入与排除标准独立筛选文献, 并交叉校对, 意见有分歧时则由第三方裁决。通过阅读文献标题和摘要剔除明显不相关文

以PubMed为例, 本文检索策略如下:

```
#1 Chronic heart failure OR CHF
#2 High-intensity interval training OR Aerobic training
#3 #1 OR #2
#4 Cardiac rehabilitation#5 #1 OR #4
#6 Rehabilitation effect
#7 #1 and #2
#8 #1 and #4 OR #1 and #6
#9 #3 and #5 and #6
```

献, 进而阅读全文纳入符合条件的文献。若需进一步获取文献的相关数据则通过邮件、电话等方式与作者取得联系, 若经上述方式仍无法获得相关数据则舍去该文献。资料提取内容包括第一作者、发表年份、研究对象、年龄、性别、样本量、干预措施、干预时间、主要结局指标。

1.4 纳入文献的方法学质量评价 采用Cochrane风险偏倚评估工具<sup>[10-11]</sup>对纳入文献进行方法学质量评价, 主要评价内容包括随机方法、分配隐藏方法、盲法、结果数据的完整性、选择性报告研究结果及其他偏倚来源。

1.5 统计学方法 采用Review Manager 5.3统计学软件进行数据分析。计数资料以相对危险度 (relative risk,  $RR$ ) 及其95%CI表示, 计量资料以均数差 (mean difference,  $MD$ ) 及其95%CI表示。各文献间统计学异质性分析采用 $I^2$ 检验, 以 $P \leq 0.1$ 且 $I^2 \geq 50\%$ 为各文献间有统计学异质性, 采用随机效应模型进行Meta分析;  $P > 0.1$ 或 $I^2 < 50\%$ 为各文献间无统计学异质性, 采用固定效应模型进行Meta分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

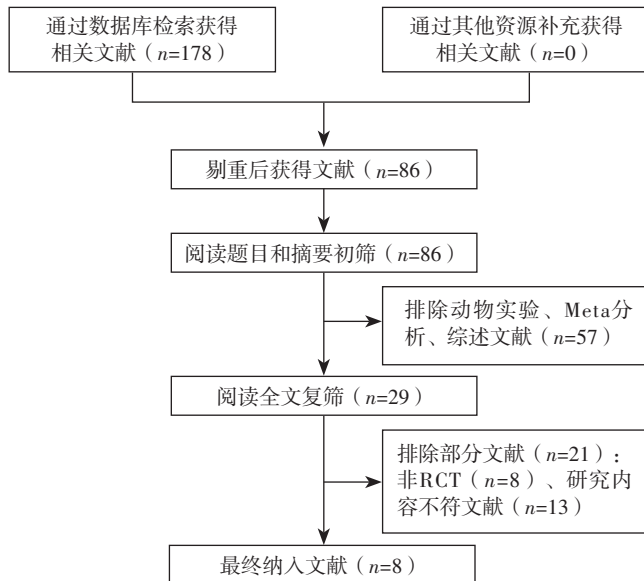
2.1 文献检索流程及结果 初步检出文献178篇, 根据文献纳入与排除标准筛选后最终纳入8篇文献<sup>[12-19]</sup>, 包含354例患者, 其中HIIT组179例、非HIIT组175例。文献筛选流程见图1, 纳入文献的基本特征见表1。

2.2 纳入文献的方法学质量评价 8篇文献<sup>[12-19]</sup>均详细描述了随机方法和分配隐藏方法, 且结果数据完整, 无选择性报告研究结果, 无其他偏倚来源; 其中4篇文献<sup>[13, 16, 18-19]</sup>对受试者和研究人员施盲, 6篇文献<sup>[12, 14, 16-19]</sup>对主要结局指标的评估者施盲, 见图2。

### 2.3 Meta分析结果

2.3.1 峰值摄氧量 7篇文献<sup>[13-19]</sup>报道了HIIT对心力衰竭患者峰值摄氧量的影响, 各文献间无统计学异质性 ( $I^2=22\%$ ,  $P=0.26$ ), Meta分析结果显示, HIIT组患者峰值摄氧量高于非HIIT组, 差异有统计学意义 [ $MD=1.27$ , 95%CI (0.94, 1.59),  $P<0.001$ ], 见图3。

2.3.2 左心室射血分数 4篇文献<sup>[13, 17-19]</sup>报道了HIIT对心



注: RCT=随机对照试验

图1 文献筛选流程

Figure 1 Literature screening process

力衰竭患者左心室射血分数的影响, 各文献间无统计学异质性 ( $I^2=2\%$ ,  $P=0.38$ ), Meta分析结果显示, HIIT组患者左心室射血分数高于非HIIT组, 差异有统计学意义 [ $MD=3.97$ ,  $95\%CI(3.55, 4.38)$ ,  $P<0.001$ ], 见图4。

2.3.3 6分钟步行距离 2篇文献<sup>[15-16]</sup>报道了HIIT对心力衰竭患者6分钟步行距离的影响, 各文献间无统计学异质性 ( $I^2=0$ ,  $P=0.34$ ), Meta分析结果显示, HIIT组患者6分钟步行距离长于非HIIT组, 差异有统计学意义 [ $MD=43.03$ ,  $95\%CI(14.98, 71.08)$ ,  $P=0.003$ ], 见图5。

2.3.4 不良事件发生率 8篇文献<sup>[12-19]</sup>均报道了HIIT对心力衰竭患者不良事件发生率的影响, 各文献间无统计学异质性

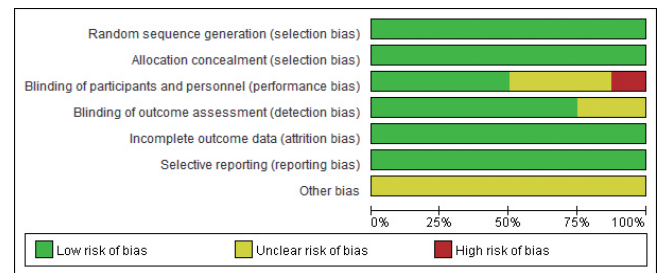


图2 纳入文献的Cochrane风险偏倚评估图

Figure 2 Cochrane risk bias assessment of included literature

( $I^2=0$ ,  $P=0.75$ ), Meta分析结果显示, HIIT组与非HIIT组患者不良事件发生率比较, 差异无统计学意义 [ $RR=1.62$ ,  $95\%CI(0.63, 4.19)$ ,  $P=0.32$ ], 见图6。

### 3 讨论

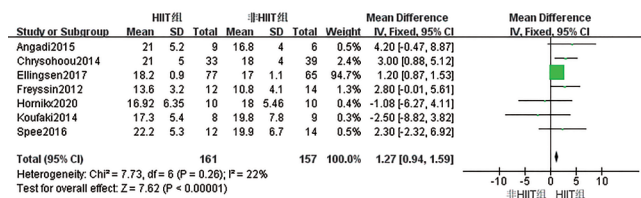
3.1 HIIT可提高心力衰竭患者的峰值摄氧量、左心室射血分数及延长6分钟步行距离 本Meta分析结果显示, HIIT组峰值摄氧量高于非HIIT组, 表明HIIT可有效改善心力衰竭患者的心功能。研究表明, 接受HIIT的心力衰竭患者峰值摄氧量的增幅与接受MICT的患者比较无统计学差异<sup>[13, 17]</sup>, 但均大于接受日常活动的患者。另一项研究发现, HIIT对患者峰值摄氧量的短期改善效果优于MICT<sup>[20]</sup>, 但由于各研究纳入人群、锻炼时间及方案不同, HIIT与MICT的优劣并未明确, 是否需要在后期补充或替代中强度间歇运动方案尚有待明确。本Meta分析结果显示, HIIT组左心室射血分数高于非HIIT组, 表明HIIT能提高心力衰竭患者的左心室射血分数, 进而改善心功能。既往研究表明, HIIT与MICT均能提高心力衰竭尤其是HFpEF患者的左心室射血分数<sup>[21]</sup>。另有研究表明, 接受HIIT的HFpEF患者左心室射血分数的增幅大于接受MICT的患者, 但HIIT对HFpEF患者左心室射血分数的影响不明显, 且该研究纳入样本量较少、存在性别差异<sup>[13]</sup>, 因此无法明

表1 纳入文献的基本特征  
Table 1 Basic characteristics of included literature

第一作者	发表年份	研究对象	平均年龄 (岁)	性别(男/女)		样本量(例)		干预措施		干预时间 (周)	主要结局指标
				HIIT组	非HIIT组	HIIT组	非HIIT组	HIIT组	非HIIT组		
RIBEIRO <sup>[12]</sup>	2017	HFpEF	58.8 ± 9.0	18/0	18/0	18	18	HIIT	日常活动	1	不良事件发生率
ELLINGSEN <sup>[13]</sup>	2017	HFpEF	65.0 ± 10.0	63/14	53/12	77	65	HIIT	MICT或建议 定期运动	12	峰值摄氧量、左心室射血 分数、不良事件发生率
HORNIKX <sup>[14]</sup>	2020	HFpEF或HFpEF	64.0 ± 8.0	6/4	5/5	10	10	HIIT+外周阻力 训练	MICT	12	峰值摄氧量、不良事件发生率
FREYSSIN <sup>[15]</sup>	2012	HFpEF	54.0 ± 12.0	6/6	7/7	12	14	HIIT	MICT	8	峰值摄氧量、6分钟步行距 离、不良事件发生率
CHRYSOHOOU <sup>[16]</sup>	2014	HFpEF和HFpEF	63.0 ± 9.0	29/4	28/11	33	39	HIIT	无运动建议	12	峰值摄氧量、6分钟步行距 离、不良事件发生率
KOUFAKI <sup>[17]</sup>	2014	HFpEF	59.1 ± 8.6	6/2	8/1	8	9	HIIT	MICT	24	峰值摄氧量、左心室射血分 数、不良事件发生率
SPEE <sup>[18]</sup>	2016	HFpEF	58.0 ± 7.8	10/2	13/1	12	14	HIIT	常规护理	12	峰值摄氧量、左心室射血分 数、不良事件发生率
ANGADI <sup>[19]</sup>	2015	HFpEF	69.0 ± 6.1	8/1	4/2	9	6	HIIT	MICT	4	峰值摄氧量、左心室射血分 数、不良事件发生率

注: HIIT=高强度间歇训练, HFpEF=射血分数降低的心力衰竭, MICT=中等强度连续训练, HFpEF=射血分数保留的心力衰竭





注: HIIT=高强度间歇训练

图3 HIIT组与非HIIT组患者峰值摄氧量比较的森林图

Figure 3 Forest plot for comparison of peak oxygen uptake between HIIT group and non-HIIT group

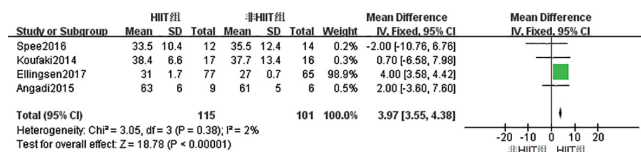


图4 HIIT组与非HIIT组患者左心室射血分数比较的森林图

Figure 4 Forest plot for comparison of left ventricular ejection fraction between HIIT group and non-HIIT group

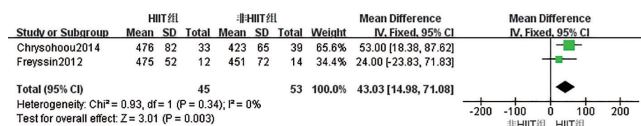


图5 HIIT组与非HIIT组患者6分钟步行距离比较的森林图

Figure 5 Forest plot for comparison of 6-minute walking distance between HIIT group and non-HIIT group

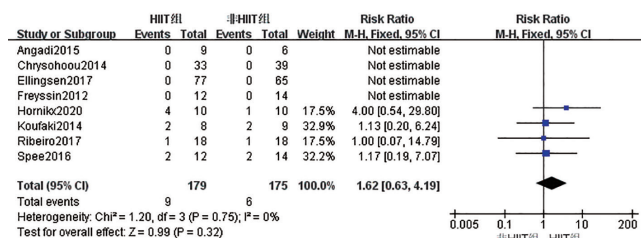


图6 HIIT组与非HIIT组患者不良事件发生率比较的森林图

Figure 6 Forest plot for comparison of incidence of adverse events between HIIT group and non-HIIT group

确HIIT与MICT对心力衰竭的优劣。研究表明,与西方国家男性心力衰竭患病率高于女性不同,我国女性心力衰竭患病率高于男性<sup>[21]</sup>,因此后期需要增大女性心力衰竭人群的相关研究。本Meta分析结果还显示,HIIT组6分钟步行距离长于非HIIT组,表明HIIT可有效延长心力衰竭患者6分钟步行距离,提高运动耐量。由于本研究纳入文献数量较少,因此HIIT对心力衰竭患者6分钟步行距离的影响还需进一步验证。

3.2 HIIT的安全性较好 本Meta分析结果显示,HIIT组与非HIIT组患者不良事件发生率比较差异无统计学意义。研究表明,HIIT具有运动强度大、运动时间短的优势,可通过运动间歇期缓解患者疲劳,进而减少不良事件发生<sup>[22-23]</sup>。《2020 ESC心血管疾病患者运动心脏病学和体育锻炼指南》指出,HIIT可作为低危HFrEF患者进行高强度有氧或混合耐力运动方案的初始方案<sup>[24]</sup>。因此,心力衰竭患者进行HIIT的安全性存

在不确定性,需要后续进一步开展风险性研究分析HIIT相关不良事件发生原因及其适用人群。

本Meta分析结果表明,HIIT可有效提高心力衰竭患者的心功能及运动耐量,但其安全性仍有待进一步明确。因此,后期可针对心力衰竭患者的临床特征制定个体化训练方案,补充或替代传统MICT,为后续患者运动训练指南的制定提供借鉴和参考。但本研究亦存在一定局限性:纳入文献数量较少,且性别差异明显;纳入文献的干预措施包括其他运动训练方式,可能会影响本研究结果;不同研究HIIT干预时间存在差异,可能会导致各文献间存在异质性。因此,后续还需开展多中心、大样本量、高质量的RCT进一步验证本研究结论,并确定其安全性。

作者贡献:罗江安进行文章的构思与设计,研究的实施与可行性分析,数据的收集、整理、分析,结果的分析与解释;罗江安、贺惠娟撰写、修订论文;贺惠娟负责文章的质量控制及审校,并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

#### 参考文献

- [1] 王宙,周琳,刘洋,等.慢性心力衰竭的流行病学研究现状及防治研究进展[J].中国循证心血管医学杂志,2019,11(8):1022-1024.DOI:10.3969/j.issn.1674-4055.2019.08.36.
- [2] GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators.Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990—2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J].Lancet, 2018, 392(10159):1789-1858.DOI:10.1016/S0140-6736(18)32279-7.
- [3] Professional Committee of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation of Chinese Rehabilitation Medical Association.Expert consensus on cardiac rehabilitation for chronic heart failure in China[J].Chin J Intern Med, 2020, 59(12):942-952.DOI:10.3760/ema.cnj112138-20200309-00210.
- [4] MALIK A.2020 ESC guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease[J].EMJ Cardiol, 2020; 23-25.DOI:10.33590/emjcardiol/20f1020.
- [5] 王军力,黄渊旭.高强度间歇训练在心脏康复领域的研究进展[J].心血管病学进展,2020,41(11):1126-1131.DOI:10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.11.005.
- [6] NYTRØEN K, RUSTAD L A, ERIKSTAD I, et al.Effect of high-intensity interval training on progression of cardiac allograft vasculopathy[J].J Heart Lung Transplant, 2013, 32(11):1073-1080.DOI:10.1016/j.healun.2013.06.023.
- [7] KETEYIAN S J, HIBNER B A, BRONSTEEN K, et al.Greater improvement in cardiorespiratory fitness using higher-intensity interval training in the standard cardiac rehabilitation setting[J].J Cardiopulm Rehabil Prev, 2014, 34(2):98-105.DOI:10.1097/HCR.0000000000000049.
- [8] CHOI H Y, HAN H J, CHOI J W, et al.Superior effects of high-

- intensity interval training compared to conventional therapy on cardiovascular and psychological aspects in myocardial infarction [J]. *Ann Rehabil Med*, 2018, 42 (1): 145–153. DOI: 10.5535/arm.2018.42.1.145.
- [9] ITO S. High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases—the key to an efficient exercise protocol [J]. *World J Cardiol*, 2019, 11 (7): 171–188. DOI: 10.4330/wjc.v11.i7.171.
- [10] CORBETT M S, HIGGINS J P, WOOLACOTT N F. Assessing baseline imbalance in randomised trials: implications for the Cochrane risk of bias tool [J]. *Res Synth Methods*, 2014, 5 (1): 79–85. DOI: 10.1002/jrsm.1090.
- [11] ARMIJO-OLIVO S, STILES C R, HAGEN N A, et al. Assessment of study quality for systematic reviews: a comparison of the Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool and the Effective Public Health Practice Project Quality Assessment Tool: methodological research [J]. *J Eval Clin Pract*, 2012, 18 (1): 12–18. DOI: 10.1111/j.1365-2753.2010.01516.x.
- [12] RIBEIRO P A, NORMANDIN E, MEYER P, et al. Comparison of carbohydrate and lipid oxidation during different high-intensity interval exercise in patients with chronic heart failure [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2017, 96 (1): 50–54. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000545.
- [13] ELLINGSEN Ø, HALLE M, CONRAADS V, et al. High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction [J]. *Circulation*, 2017, 135 (9): 839–849. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022924.
- [14] HORNIKX M, BUYS R, CORNELISSEN V, et al. Effectiveness of high intensity interval training supplemented with peripheral and inspiratory resistance training in chronic heart failure: a pilot study [J]. *Acta Cardiol*, 2020, 75 (4): 339–347. DOI: 10.1080/00015385.2019.1591676.
- [15] FREYSSIN C, VERKINDT C, PRIEUR F, et al. Cardiac rehabilitation in chronic heart failure: effect of an 8-week, high-intensity interval training versus continuous training [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93 (8): 1359–1364. DOI: 10.1016/j.apmr.2012.03.007.
- [16] CHRYSOHOOU C, TSITSINAKIS G, VOGIATZIS I, et al. High intensity, interval exercise improves quality of life of patients with chronic heart failure: a randomized controlled trial [J]. *QJM*, 2014, 107 (1): 25–32. DOI: 10.1093/qjmed/hct194.
- [17] KOUFAKI P, MERCER T H, GEORGE K P, et al. Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: a pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness [J]. *J Rehabil Med*, 2014, 46 (4): 348–356. DOI: 10.2340/16501977-1278.
- [18] SPEE R F, NIEMEIJER V M, WIJN P F, et al. Effects of high-intensity interval training on central haemodynamics and skeletal muscle oxygenation during exercise in patients with chronic heart failure [J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2016, 23 (18): 1943–1952. DOI: 10.1177/2047487316661615.
- [19] ANGADI S S, MOOKADAM F, LEE C D, et al. High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2015, 119 (6): 753–758. DOI: 10.1152/japplphysiol.00518.2014.
- [20] GOMES NETO M, DURÃES A R, CONCEIÇÃO L S R, et al. High intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure with reduced ejection fraction: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Cardiol*, 2018, 261: 134–141. DOI: 10.1016/j.ijcard.2018.02.076.
- [21] 张健, 张宇辉. 多中心、前瞻性中国心力衰竭注册登记研究——病因、临床特点和治疗情况初步分析 [J]. *中国循环杂志*, 2015, 30 (5): 413–416. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2015.05.002.
- [22] TAYLOR R S, WALKER S, SMART N A, et al. Impact of exercise-based cardiac rehabilitation in patients with heart failure (ExTraMATCH II) on mortality and hospitalisation: an individual patient data meta-analysis of randomised trials [J]. *Eur J Heart Fail*, 2018, 20 (12): 1735–1743. DOI: 10.1002/ehf.1311.
- [23] LAURSEN P B, JENKINS D G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes [J]. *Sports Med Auckl NZ*, 2002, 32 (1): 53–73.
- [24] 刘德平. 心力衰竭患者如何运动——2020 ESC 心血管疾病患者运动心脏病学和体育锻炼指南解读 [J]. *中国心血管杂志*, 2021, 26 (1): 5–7. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5410.2021.01.002.

(收稿日期: 2021-10-16; 修回日期: 2022-02-10)

(本文编辑: 李越娜)