

慢性心衰高强度间歇运动序贯中等强度持续运动治疗模式的初步研究

袁帅,肖登,周文,李永建

【摘要】 目的:比较高强度间歇运动序贯中等强度持续运动(HFM)与单纯中等强度持续运动(MCE)在慢性心衰患者康复治疗中的效果。**方法:**筛选符合条件的慢性心衰(CHF)患者78例,分为HFM组和MCE组,每组39例。HFM组的运动方案为12周高强度间歇运动序贯中等强度持续运动训练,MCE组为12周中等强度持续运动训练。运动康复前后采用心肺运动测试(CPET)测试2组患者心肺功能变化,评估康复效果。**结果:**前8周,HFM组每周运动后即刻的心率收缩压乘积(RPP)、主观用力评分(RPE)值均显著高于MCE组($P<0.05$),高强度间歇运动(HIIT)后RPP值上升都在正常可控范围内,休息5min后恢复接近安静水平。训练12周后,2组患者的通气无氧阈(AT)、最大摄氧量(Peak VO₂)、峰值氧脉搏、一秒用力呼气容积(FEV1%)、左心室射血分数(LVEF)均显著高于治疗前(均 $P<0.05$),HFM组的AT、Peak VO₂、峰值氧脉搏及LVEF均显著高于MCE组(均 $P<0.05$)。**结论:**高强度间歇运动序贯中等强度持续运动治疗模式较中等强度持续运动更能安全且有效地提升慢性心衰患者的心肺功能。

【关键词】 慢性心衰;心肺功能;运动训练;高强度间歇运动

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2019.05.007

High-intensity interval training followed by moderate intensity aerobic continuous exercise model for chronic heart failure Yuan Shuai, Xiao Deng, Zhou Wen, et al. The Affiliated Rehabilitation Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400050, China

【Abstract】 Objective: To compare the effect of high-intensity interval training followed by moderate intensity aerobic continuous exercise (HFM) model and moderate intensity aerobic continuous exercise (MCE) in the treatment of patients with chronic heart failure. **Methods:** Seventy-eight patients were randomly divided into a HFM group and a MCE group ($n=39$ for each). HFM group was given 12-week HFM. MEC group was subjected to 12-week MEC. Cardiopulmonary exercise test (CPET) was performed to assess the change of cardio-pulmonary ability at baseline and after 12 weeks, to determine whether the HFM model was safe and effective. **Results:** In the first 8 weeks, rate pressure product (RPP) and rating of perceived exertion (RPE) in HFM group each week were significantly higher than in MCE group after training ($P<0.05$). After high-intensity interval training (HIIT), RPP rose in the normal controllable range, and it was close to quiet after 5 min of rest. After 12-week training, anaerobic threshold (AT), maximal oxygen uptake (Peak VO₂), peak oxygen pulse, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second/forced vital capacity% (FEV1%) and left ventricular ejection fraction (LVEF) in two groups were significantly higher than before training ($P<0.05$), and those in HFM group were significantly higher than in MCE group ($P<0.05$). **Conclusion:** HFM model was safer and more effective in improving cardio-pulmonary function in patients with chronic heart failure.

【Key words】 chronic heart failure; cardio-pulmonary function; exercise; high-intensity interval training

心力衰竭(heart failure, HF)是由于任何心脏结构或功能异常导致心室充盈或射血能力受损的一组复杂的临床综合征。按发病的缓急分为急性心衰和慢性心衰(Chronic heart failure, CHF),其中以CHF较多

见^[1]。随着人口老龄化进程的加快,以及高血压、冠心病等常见心血管病发病率的上升,心衰的患病率正逐渐升高^[2-3]。因此,如何降低心衰的死亡率,提高患者的生存质量,为传统医学带来了新的挑战。

运动治疗逐渐成为心衰康复综合治疗的核心^[4]。CHF运动治疗训练模式主要集中于中等强度持续运动训练(Moderate intensity aerobic continuous exercise, MCE)模式的循证医学研究,且已被公认为运动处方的适宜强度^[5]。MCE的特点是运动强度保持在患者自感

基金项目:重庆市卫计委医学科科研项目(2015MSXM066);重庆医科大学附属康复医院医学科研培育基金(RHCQMU2017005)

收稿时间:2018-06-13

作者单位:重庆医科大学附属康复医院,重庆 400050

作者简介:袁帅(1990-),男,技师,主要从事心肺康复和运动康复方面的研究。

通信作者:肖登,151686484@qq.com

最能耐受的范围,持续不间断地进行某一特定的运动项目,通常强度在 80% HRmax 以下,每次运动时间约为 30~60min,每周训练约 3~6 次,总训练时间通常≥12 周^[3,6]。然而,另一种运动治疗模式,即高强度间歇运动训练(High-intensity interval training, HIIT),近年来被证明在 CHF 的康复治疗中是安全有效的^[7-9]。HIIT 与 MCE 的区别在于,在一个循环中,让患者运动的强度在短时间内达到 80%~95% HRmax,并延长间歇(休息或者低强度训练)期,每个循环中运动和间歇的总时间约 5min,每周训练约 4 次,总训练时间通常为 12 周^[5,10]。Wisloff 等^[11]对心肌梗死后心衰患者的研究中表明,在提高心脏容受力、运动耐受力方面,HIIT 让患者获益更多。在实际工作中,MCE 存在持续运动时间长、运动模式单调,难以长期坚持下去的不足。HIIT 能在短时间内让患者达到较高的运动负荷状态,每次运动的时间相对更短,间歇期长,实效性可能更好。肌肉力量的增加与心血管代谢危险因素、全因死亡率、心血管疾病事件的降低,以及躯体功能限制和非致死性疾病的发生风险相关^[12]。因此,抗阻训练(Resistance training, RT)是心脏康复运动处方中必不可少的一部分,并可增加运动的趣味性。

本研究在循证医学研究报道的基础上,对两种较为成熟的运动训练方式取长补短,设计了一种新的慢性心衰运动康复综合治疗方案,即高强度间歇运动序贯中等强度持续运动训练方案(High-intensity interval training followed by moderate intensity aerobic continuous exercise, HFM),比较其与中等强度持续运动的康复效果,分析安全性与可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2015 年 7 月~2016 年 2 月重庆医科大学附属大学城医院、附属第一医院、附属第二医院心血管内科的慢性心衰患者 78 例。入组患者病因为冠心病、高血压心脏病及退行性心瓣膜病,其中大多数为冠心病 PCI 术后,无其他合并症与并发症。入选标准^[1]:诊断慢性心力衰竭后药物治疗>6 周;6 个月内无介入及手术治疗计划;左心室射血分数(Left ventricular ejection fraction, LEVF)≤45%;美国纽约心脏病协会(New York Heart Disease Association, NYHA)心功能分级 II~III 级;年龄≥50 岁;窦性心律。排除标准^[1]:不稳定型心绞痛;有症状的心律失常或心电传导阻滞;肥厚性心肌病;重度肺动脉高压和其他严重肺病;未控制的高血压。将患者随机分为 HFM 组和 MCE 组,每组 39 例。所有入选患者均签署知情同意书。由于无法坚持训练,HFM 组有 2 人中途退出,MCE 组有 1 人退

出。2 组患者的基本信息见表 1。

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	性别 (例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	LVEF (%, $\bar{x} \pm s$)	NYHA 分级 (例)	
	男	女				II	III
HFM 组	21	16	60.25±4.78	23.77±3.58	37.88±9.25	15	22
MCE 组	20	18	59.48±5.61	24.25±4.29	37.63±8.78	11	27

1.2 方法 参加运动前需排除患者运动试验的禁忌征并进行危险度分层。2 组患者的药物治疗主要采用慢性心衰治疗的“黄金三角”,血管紧张素转换酶抑制剂(ACEI)、β 受体阻滞剂和醛固酮受体拮抗剂;根据病情,药物及剂量有不同差异。个性化制定心肺运动测试方案,评价心率、心律、体征、症状、ST 段变化和运动耐量,制定个体化运动处方,开展运动治疗。HFM 组运动方案:先进行 8 周高强度间歇训练(6 周 HIIT+2 周 RT,RT 穿插在 HIIT 中),再进行 4 周中等强度持续运动训练。具体如下,HIIT,每周 3 次,先做 5~10min 的热身运动,然后进行 3~4min HIIT,使强度达到 85%~95% 最大摄氧量(peak Oxygen Uptake, peak VO₂),或 RPE 值达到 15~18,然后逐渐减小强度至 40% peak VO₂ 以下,间歇 3~5min,重复 3 次,最后 5~10min 做整理运动。MCE,每周 3~5 次,运动强度控制在 60%~80% Peak VO₂,或 RPE(Rating of Perceived Exertion, RPE)达到 12~14,运动时间在 30~40 min,运动方式包括运动平板、运动踏车或四肢联动。RT(进行 HIIT 2 周后增加 RT),每周 1~2 次,每组肌群锻炼做 1~2 组,每组重复 8~10 次,运动强度控制在 50%~70% 1RM(Repetition Maximum, RM)(可重复某一次数得到最大重量,如 1RM 表示只能重复一次的最大重量),运动时间在 20~30min,运动方式为弹力带。HIIT 训练中,若患者出现应激反应较大的情况,可增加间歇时间。MCE 组运动方案:12 周 MCE 训练,除运动训练模式采用 MCE 以外,其余治疗均与 HFM 组一致。

1.3 评定标准 ①运动心肺测试(Cardiopulmonary Exercise Testing, CPET):采用瑞士席勒公司生产的运动心肺测试系统,运动器械为功率自行车,采用递增负荷方案,根据患者心肺功能及日常活动能力,在心肺康复医师的监督下进行测试。全程监测患者生命体征,鼓励尽全力运动,若出现心绞痛、严重呼吸困难、极度疲劳、脸色发白、口唇发紫等症状,立即停止运动。测试结束后计算通气无氧阈(Anaerobic Threshold, AT)、peak VO₂、峰值氧脉搏。静息肺功能,在运动心肺测试开始前测定患者的用力肺活量(Forced Vital Capacity, FVC)、一秒用力呼气容积(Forced Expirato-

ry Volume in one second/ Forced Vital Capacity, FEV1%)。②超声心动图检查测量 LVEF。③记录患者在每次运动治疗前、运动后即刻、运动后恢复 5min 的心率 (Heart Rate, HR)、收缩压 (Systolic Blood Pressure, SBP), 运动后即刻主观用力评分 (该指标反映运动后即刻患者的主观感受)。本研究采用心率收缩压乘积 (Rate Pressure Product, RPP) 反映心血管应激程度, 计算方法为 $RPP = (HR \times SBP) / 1000^{[13]}$ 。在实验周期内指导和督促 2 组患者进行自我管理、药物治疗管理, 进行心理健康管理及营养管理等。12 周的治疗, 选取每周最后一次康复治疗后, 观察 2 组 RPP 及 RPE 值变化。运动心肺测试及超声心动图检查分别在运动康复治疗前、运动康复治疗后进行。第 1 次测试在运动康复前两天, 第 2 次测试在运动康复后两天。为保证 2 组患者运动康复前后两次测试的一致性, 时间均在测试当天下午, 室温 25℃, 严格按照运动心肺测试要求执行。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 18.0 统计学软件处理数据。连续变量做正态性检验, 符合正态分布则用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布则以中位数和四分位数间距来描述。连续变量的组间比较采用单因素方差分析或 Mann-Whitney 秩和检验, 康复治疗前后比较采用单因素方差分析或 Wilcoxon 秩和检验。以 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 判断 HFM 方案的安全性及可行性 2 组的 RPP 安静值无统计学差异。前 8 周康复治疗中,

HFM 组患者运动后 RPP 即刻值及 RPE 即刻值均显著高于 MCE 组 ($P < 0.05$); 后 4 周, 2 组运动后即刻 RPP 及 RPE 值无统计学差异。第 1 周到 12 周, 2 组患者 RPP 恢复值接近安静水平, 2 组间比较 RPP 恢复值比较差异无统计学差异。见表 2。

2.2 2 组康复治疗前后心肺功能比较 治疗后, 2 组患者的 AT、Peak VO₂、峰值氧脉搏、FEV1 %、左心室射血分数均显著高于治疗前 ($P < 0.05$), HFM 组患者的 AT、Peak VO₂、峰值氧脉搏、LVEF 更高于 MCE 组 ($P < 0.05$), 2 组 FCV 组间及组内治疗前后比较差异均无统计学意义。见表 3。

3 讨论

HIIT 是高强度运动与恢复期交替进行的一种运动方式。这一训练模式克服了传统 MCE 训练模式单调冗长、缺乏趣味的不足。在本研究中, 除了 3 名患者由于自身原因不能坚持训练以外, 所有患者均坚持完成康复计划, 且训练过程中无一不良反应发生。2 组患者在前 8 周的运动治疗结束即刻 RPP 值较安静时明显增加; HFM 组训练结束即刻 RPP 值及 RPE 值均显著高于 MCE 组, 表明 HIIT 训练强度高于 MCE。在休息 5min 后 RPP 值恢复接近安静水平, 表明 2 组患者对运动训练的良好适应, 提示 HIIT 训练模式能安全运用于 CHF 患者运动康复治疗中。

本研究采用 CPET 评估 CHF 患者的心肺功能。CPET 可以客观、定量地评价 CHF 患者的心肺功能和运动耐力, 对 CHF 患者的疗效评估和预后评价具有极其重要的价值和意义^[14]。Wisloff 等^[11]对心肌梗死

表 2 2 组患者 12 周康复治疗每周 RPP、RPE 值变化比较

组别	$\bar{x} \pm s$											
	第 1 周	第 2 周	第 3 周	第 4 周	第 5 周	第 6 周	第 7 周	第 8 周	第 9 周	第 10 周	第 11 周	第 12 周
HFM 组												
RPP 安静	8.69±2.81	9.07±2.19	8.99±3.67	8.73±1.92	9.25±2.79	9.17±3.34	8.91±3.22	8.87±2.98	8.92±3.03	8.78±2.69	8.93±3.21	8.87±2.55
RPP 即刻	15.88±4.56 ^a	15.76±3.77 ^a	16.21±4.21 ^a	16.02±4.97 ^a	15.97±3.12 ^a	15.82±4.03 ^a	15.95±3.87 ^a	16.29±2.99 ^a	12.23±2.78	12.54±2.05	12.05±2.33	12.12±1.89
RPP 恢复	10.25±3.76	10.53±2.91	9.96±3.01	10.07±1.71	9.87±3.22	10.22±1.99	9.91±1.56	10.66±2.41	9.30±2.19	9.19±2.55	9.13±2.74	9.25±2.06
RPE 即刻	15.00±1.00 ^a	15.15±0.90 ^a	15.07±0.86 ^a	15.23±0.83 ^a	15.46±0.87 ^a	15.15±0.80 ^a	15.00±0.58 ^a	14.77±0.73 ^a	12.85±0.69	12.77±0.60	12.54±0.66	12.31±0.50
MCE 组												
RPP 安静	9.11±3.67	9.20±2.94	9.07±2.66	8.62±1.87	8.93±2.71	8.77±2.92	8.84±3.11	8.92±2.49	9.00±2.63	8.67±2.88	8.76±1.89	8.80±2.66
RPP 即刻	13.65±2.55	14.03±3.31	14.21±2.88	13.81±2.90	13.58±3.03	13.77±2.61	13.49±3.43	13.37±2.35	13.44±3.11	13.27±3.60	13.52±2.79	13.36±2.53
RPP 恢复	10.09±2.18	10.25±1.99	9.71±2.35	9.38±2.09	9.13±1.97	9.25±3.44	9.51±2.10	9.44±2.18	9.39±1.79	9.26±1.37	9.18±2.87	9.15±1.93
RPE 即刻	12.44±0.63	12.69±0.79	12.50±0.82	12.56±0.73	12.63±0.72	12.38±0.89	12.63±0.89	11.93±1.03	12.44±1.03	11.81±0.95	12.5±0.97	12.13±0.89

与 MCE 组比较, ^a $P < 0.05$

表 3 2 组运动治疗前后心肺功能比较

组别	<i>n</i>	AT	Peak VO ₂	峰值氧脉搏	FCV	FEV1%	LVEF
		[ml/(min · kg)]	[ml/(min · kg)]	(ml/bpm)	(ml)	(%)	(%)
HFM 组	37						
治疗前		9.91±1.93	15.78±3.10	8.10±2.55	3.34±0.76	76.91±7.82	37.88±9.25
治疗后		12.64±2.87 ^{ab}	18.13±2.33 ^{ab}	10.31±2.44 ^{ab}	3.63±0.56	79.76±5.49 ^b	42.13±8.76 ^{ab}
MCE 组	38						
治疗前		9.23±2.58	15.93±2.01	7.90±3.78	3.41±0.62	76.52±8.66	37.63±8.78
治疗后		10.42±3.47 ^a	16.31±3.56 ^a	9.23±1.87 ^a	3.51±0.32	79.14±7.19 ^a	40.46±9.18 ^a

与治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与 MCE 组比较, ^b $P < 0.05$

后心衰患者进行研究,中等强度练组(70%HRmax)和高强度间歇组(95%HRmax),12周后,后者比前者Peak VO₂的增加值高32%。高强度间歇组的舒张末容积和收缩末容积的下降程度、LVEF增加值及脑钠肽前体的下降程度,无论是两种运动方式之间,还是同种运动方式前后的比较,差异均具有统计学意义。该研究表明,在提高心脏容受力、运动耐受力方面,高强度间歇运动训练让患者获益更多。在本研究中,12周训练后,HFM组与MCE组在治疗后较治疗前AT、Peak VO₂、峰值氧脉搏、FEV1.0/FVC%、LVEF均有显著提高,但HFM组的AT、Peak VO₂、峰值氧脉搏、LVEF显著高于MCE组,且HFM组FVC、FEV1.0/FVC%的均值高于MCE组。因此,表明HFM组运动训练效果优于MCE组,这可能与运动强度增加有关。运动强度增加,患者运动中HR与SBP相应增加,RPP值增加,患者自身受到的运动应激也就越大。通过12周的运动训练,HFM组CHF患者较MCE组所受运动应激越大,HFM组心肺功能提升越大,提示在CHF患者的运动治疗中,可以适当增大运动强度以使患者受益更大。然而,运动强度增加是如何促进CHF患者运动治疗效果的机制机理,需进一步研究。

国外的研究表明^[15],CHF患者康复治疗中,HIIT不能取代其他治疗方法,而是应作为补充,并根据患者的临床特征,组合不同训练方式制定个性化的运动处方。HFM训练模式包括HIIT、RT、MCE三种训练方式,这样的训练模式更易受到CHF患者的接受。MCE组患者普遍反映中等强度持续运动训练较难坚持、单调乏味;而HFM组患者反映新的训练模式富有挑战性、趣味性。在临床实践中,单纯采用HIIT训练方式(强度达到90%~95%Peak VO₂)对于CHF患者运动康复治疗强度过大,患者难以适应,且危险性较高。有报道称^[16],单纯的HIIT和MCE治疗对慢性心衰患者效果不显著,作者认为可能是训练方式单一所致。因此,本研究将HIIT、RT、MCE三种训练方式结合起来组成新的训练模式,其安全性、有效性均已证实,建议将这种训练模式运用于CHF患者康复治疗中。但是,如何组合三种训练方式达到最佳治疗效果,值得进一步研究。

综上所述,高强度间歇运动序贯中等强度持续运动治疗模式较中等强度持续运动更能安全且有效地提升慢性心衰患者的心肺功能,后期可在机制机理、训练方式组合上作进一步研究。

【参考文献】

[1] 中华医学会心血管病学分会,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2014[J]. Chinese Journal of Cardiology, 2014,42(2):98-122.
- [2] 顾东风,黄广勇,何江,等. 中国心力衰竭流行病学调查及其患病率[J]. Chinese Journal of Cardiology, 2003,31(1):3-6.
- [3] Ni H. Prevalence of self-reported heart failure among US adults: results from the 1999 National Health Interview Survey[J]. Am heart J. 2003,146(1): 121-128.
- [4] Taylor R S, Piepoli M F, Smart N, et al. Exercise training for chronic heart failure (ExTraMATCHII): Protocol for an individual participant data meta-analysis[J]. International Journal of Cardiology. 2014,174(3):683-687.
- [5] Guiraud T, Nigam A, Gremeaux V, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation [J]. Sports Med. 2012, 42(7):587-605.
- [6] Ribeiro P A, Boidin M, Juneau M, et al. High-intensity interval training in patients with coronary heart disease: Prescription models and perspectives [J]. Ann Phys Rehabil Med. 2016,6:1-8.
- [7] Meyer P, Gayda M, Juneau M, et al. High-intensity aerobic interval exercise in chronic heart failure[J]. Current Heart Failure Reports. 2013,10(2):130-138.
- [8] 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]. Journal of Rehabilitation Medicine. 2014,46(4):348-356.
- [9] Angadi SS, 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.
- [10] Roxburgh BH. Is moderate intensity exercise training combined with high intensity interval training more effective at improving cardiorespiratory fitness than moderate intensity exercise training alone[J]. J Sports Sci Med. 2014,13(3):702-707.
- [11] Wisloff U, Loennechen J P, Bruvold M, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study[J]. Circulation. 2007,115(24):3086-3094.
- [12] Garber C E, Blissmer B, Deschenes M R, et al. American College of Sports Medicine Position Stand. The quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, muscle-skeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise [J]. Med Sci Sports Exerc. 2011,43(7):1334-1359.
- [13] 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[J]. Rehabil MED. 2014, 46(4): 348-356.
- [14] 赵青,柳志红,孙兴国,等. 心肺运动试验评估慢性左心衰竭患者的运动能力[J]. 中国循环杂志. 2011,26(5):370-373.
- [15] Giallauria F, Smart N A, Cittadini A, et al. Exercise training modalities in chronic heart failure: does high intensity aerobic interval training make the difference[J]. Monaldi Arch Chest Dis, 2016,86(1-2):754.
- [16] yvind Ellingsen, 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.