



· 心肺康复：功能评估 ·

心脏康复运动训练对冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗后心肺功能、运动能力及心脏自主神经功能的影响研究

范秋季^{1, 2}, 李瑾^{2, 3, 4}, 何俊⁵, 何民⁴, 高民^{2, 3, 4}, 陈伟^{2, 3, 4}

【摘要】 目的 探讨心脏康复运动训练对冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗 (PCI) 后心肺功能、运动能力及心脏自主神经功能的影响。方法 选取 2017 年 9 月—2018 年 12 月于徐州市中心医院行 PCI 的冠心病患者 60 例, 采用随机数字表法分为对照组和康复组, 每组 30 例。对照组患者给予常规药物治疗, 康复组患者在对照组基础上行基于症状限制性心肺运动试验 (CPET) 结果的康复运动训练。比较两组患者训练前及训练 4 周心肺功能和运动能力指标 [包括峰值摄氧量 (VO_{2peak})、峰值摄氧量占预计值的百分比 ($VO_{2peak}\%pred$)、无氧阈 (AT)、峰值氧脉搏 (VO_2/HR_{peak})、峰值代谢当量 ($METS_{peak}$)、峰值功率 ($Work_{peak}$)] 及心脏自主神经功能指标 [包括静息收缩压 (SBP_{rest})、静息舒张压 (DBP_{rest})、峰值收缩压 (SBP_{peak})、峰值舒张压 (DBP_{peak})、静息心率 (HR_{rest})、峰值心率 (HR_{peak}) 及试验结束后 1 min 内心率恢复值 (HRR1)], 并观察两组患者训练期间不适发生情况。**结果** (1) 两组患者训练前 VO_{2peak} 、 $VO_{2peak}\%pred$ 、AT、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 及训练 4 周 VO_2/HR_{peak} 、 $Work_{peak}$ 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 康复组患者训练 4 周 VO_{2peak} 、AT 大于对照组, $VO_{2peak}\%pred$ 、 $METS_{peak}$ 高于对照组 ($P<0.05$)。 (2) 两组患者训练前 SBP_{rest} 、 DBP_{rest} 、 SBP_{peak} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 、HRR1 及训练 4 周 DBP_{rest} 、 DBP_{peak} 比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); 康复组患者训练 4 周 SBP_{rest} 、 SBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 低于对照组, HRR1 快于对照组 ($P<0.05$)。 (3) 训练期间康复组中 1 例患者出现不适。**结论** 心脏康复运动训练可有效提高冠心病患者 PCI 后心肺功能和运动能力, 改善患者心脏自主神经功能。

【关键词】 冠心病; 心脏康复; 运动训练; 经皮冠状动脉介入治疗; 心肺功能; 运动能力; 自主神经功能

【中图分类号】 R 541.4 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.11.002

范秋季, 李瑾, 何俊, 等. 心脏康复运动训练对冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗后心肺功能、运动能力及心脏自主神经功能的影响研究 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27 (11): 6-10. [www.syxnf.net]

FAN Q J, LI J, HE J, et al. Impact of cardiac rehabilitation exercise training on cardiopulmonary function, athletic ability and cardiac autonomic nervous function in postoperative coronary heart disease patients treated by percutaneous coronary intervention [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27 (11): 6-10.

Impact of Cardiac Rehabilitation Exercise Training on Cardiopulmonary Function, Athletic Ability and Cardiac Autonomic Nervous Function in Postoperative Coronary Heart Disease Patients Treated by Percutaneous Coronary Intervention FAN Qiuji^{1, 2}, LI Jin^{2, 3, 4}, HE Jun⁵, HE Min⁴, GAO Min^{2, 3, 4}, CHEN Wei^{2, 3, 4}

1. Academy of Medical Technology of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China

2. Xuzhou Clinical School of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221009, China

3. Department of Rehabilitation Medicine, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou 221009, China

4. Department of Rehabilitation Medicine, Xuzhou Rehabilitation Hospital, Xuzhou 221004, China

5. Dean Hospital of Changzhou, Changzhou 213000, China

Corresponding author: CHEN Wei, E-mail: chenwei2339@163.com

【Abstract】 Objective To explore the impact of cardiac rehabilitation exercise training on cardiopulmonary function, athletic ability and cardiac autonomic nervous function in postoperative coronary heart disease patients treated by percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A total of 60 postoperative coronary heart disease patients treated by PCI were selected in Xuzhou Central Hospital from September 2017 to December 2018, and they were divided into control group ($n=30$) and rehabilitation group ($n=30$) according to random number table method. Patients in control group received routine drug

基金项目: 徐州市科技计划项目 (KC18184)

1.221000 江苏省徐州市, 徐州医科大学医学技术学院 2.221009 江苏省徐州市, 徐州医科大学徐州临床学院 3.221009 江苏省徐州市中心医院康复医学科 4.221004 江苏省徐州市康复医院康复科 5.213000 江苏省常州市德安医院

通信作者: 陈伟, E-mail: chenwei2339@163.com

therapy, while patients in rehabilitation group received cardiac rehabilitation exercise training based on the result of symptom limited cardiopulmonary exercise test (CPET). Index of cardiopulmonary function and athletic ability (including VO_{2peak} , $VO_{2peak}/\%pred$, AT, VO_2/HR_{peak} , $METS_{peak}$ and $Work_{peak}$), as well as index of cardiac autonomic nervous function (including SBP_{rest} , DBP_{rest} , SBP_{peak} , DBP_{peak} , HR_{rest} , HR_{peak} and HRR1) were compared between the two groups before training and 4 weeks after training, and incidence of discomfort was observed during training. **Results** (1) There was no statistically significant difference in VO_{2peak} , $VO_{2peak}/\%pred$, AT, VO_2/HR_{peak} , $METS_{peak}$ or $Work_{peak}$ between the two groups before training ($P>0.05$); 4 weeks after training, VO_{2peak} and AT in rehabilitation group were statistically significantly greater than those in control group, meanwhile $VO_{2peak}/\%pred$ and $METS_{peak}$ in rehabilitation group were statistically significantly higher than those in control group ($P<0.05$), but there was no significant difference in VO_2/HR_{peak} or $Work_{peak}$ between the two groups ($P>0.05$). (2) There was no statistically significant difference in SBP_{rest} , DBP_{rest} , SBP_{peak} , DBP_{peak} , HR_{rest} , HR_{peak} or HRR1 between the two groups before training ($P>0.05$); 4 weeks after training, SBP_{rest} , SBP_{peak} , HR_{rest} and HR_{peak} in rehabilitation group were statistically significantly lower than those in control group, meanwhile HRR1 in rehabilitation group was statistically significantly faster than that in control group ($P<0.05$), but there was no statistically significant difference in DBP_{rest} or DBP_{peak} between the two groups ($P>0.05$). (3) Only one patient in rehabilitation group occurred discomfort during training. **Conclusion** Cardiac rehabilitation exercise training can effectively improve the cardiopulmonary function, athletic ability and cardiac autonomic nervous function in postoperative coronary heart disease patients treated by PCI.

【Key words】 Coronary heart disease; Cardiac rehabilitation; Exercise training; Percutaneous coronary intervention; Cardiopulmonary function; Athletic ability; Autonomic nervous function

《中国心血管病报告 2017》中的数据显示,近年来我国心血管病患病率及病死率呈持续上升趋势,其中冠心病现患人数约为 1 100 万^[1]。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)是目前冠心病患者血运重建的主要方式,其虽能有效降低冠心病患者病死率^[2],但仅行 PCI 及药物干预尚不能持续有效地改善冠心病患者预后^[3];此外,PCI 后心血管病复发风险较高、医疗开支较大、致残率较高,给社会造成巨大的经济负担。既往研究表明,运动训练可有效加强冠心病患者有氧代谢,利于患者血压、血糖及血脂的调控^[4];此外,还可改善心肌梗死患者心肺功能,降低患者急性冠状动脉事件发生率及再住院率^[5],进而改善患者生活质量及预后^[6-7]。ORNISH 等^[8]研究表明,接受心脏康复的急性心肌梗死患者 1 年内猝死风险下降 45%。但目前我国心脏康复的发展现状并不乐观,患者参与率较低、依从性较差。本研究旨在探讨心脏康复运动训练对冠心病患者 PCI 后心肺功能、运动能力及自主神经功能的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2017 年 9 月—2018 年 12 月于徐州市中心医院行 PCI 的冠心病患者 60 例,采用随机数字表法分为对照组和康复组,每组 30 例。两组患者年龄、性别、病程、体质指数(BMI)、吸烟率、合并症、用药情况、急性心肌梗死者所占比例、左心室射血分数(LVEF)及植入支架数量比较,差异均无统计学意义($P>0.05$,见表 1),具有可比性。本研究经徐州市中心医院医学伦理委员会审核批准,所有患者及家属对本研究知情并签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准:(1)年龄 40~75 岁;(2)初中及以上文化水平,患者意识清楚、病情稳定;(3)既往无运动习惯,即运动频率 <2 次/周、时间 <15 min/次。排除标准:(1)伴有运动障碍者;(2)合并严重心、脑、肾等重要器官功能不全者;(3)合并严重心律失常者;(4)合

并严重瓣膜病变且需手术治疗者;(5)LVEF $<40\%$ 者;(6)合并糖尿病严重并发症者。

1.3 方法

1.3.1 对照组 对照组患者给予常规药物治疗,并定期门诊或电话随访。

1.3.2 康复组 康复组患者在对照组基础上根据症状限制性心肺运动试验(CPET)结果制定心脏康复运动训练处方,主要包括热身运动、有氧运动、抗阻运动及放松运动,具体如下。
1.3.2.1 热身运动 热身运动主要采取低水平有氧运动,持续 5 min,目的是放松和拉伸肌肉、提高心血管适应性和关节活动度,为下一步运动训练做准备。

1.3.2.2 有氧运动 (1)运动类型:主要为踏车、快走。(2)运动强度:采用心率储备法评估患者运动强度,目标心率=(最大心率-静息心率) \times 运动强度+静息心率,起始运动强度为最大运动强度的 50%,随着体能增加逐渐增加运动强度(每次增加 10%),直至达到最大运动强度的 80%^[9]。同时采用 Borg 评分法评估患者自我感知劳累程度,建议运动时 Borg 评分介于 13~14 分。(3)运动时间:30~50 min/次,3~5 次/周。
1.3.2.3 抗阻运动 (1)运动类型:弹力带、哑铃。(2)运动强度:抗阻运动强度以 Borg 评分介于 11~12 分为宜。(3)运动时间:核心肌群(包括胸部、肩部、腰背部、腹部和臀部)、上肢肌群和下肢肌群交替训练,每次训练 8~10 个肌群,每个肌群训练 2 组/次,10~15 次/组,组间休息 2~3 min^[10],3 次/周,至少隔天 1 次。

1.3.2.4 放松运动 放松运动以柔韧性训练为主,采取静力拉伸法,以肩部、腰背部和腿部肌肉为主,每个部位拉伸 6~15 s 并逐渐延长至 30~90 s,运动期间正常呼吸。运动强度以有牵拉感但未感觉疼痛为宜,每个动作重复 3~5 次,每次持续 5~10 min。建议病情越重的患者放松运动时间应越长^[11]。

运动过程中注意监测患者血压、心率,并询问患者有无

表1 两组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general information between the two groups

组别	例数	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	性别 (男/女)	病程 ($\bar{x} \pm s$, 月)	BMI ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	吸烟 [n (%)]	合并症 [n (%)]		
							高血压	糖尿病	高脂血症
对照组	30	60.8 ± 7.6	20/10	18.0 ± 8.8	24.7 ± 2.4	11 (36.7)	15 (50.0)	14 (46.7)	16 (53.3)
康复组	30	61.8 ± 8.1	21/9	18.3 ± 8.9	24.0 ± 2.6	12 (40.0)	16 (53.3)	13 (43.3)	15 (50.0)
检验统计量值		0.493 ^a	0.077	0.131 ^a	1.084 ^a	0.071	0.067	0.067	0.067
P 值		0.624	0.781	0.896	0.283	0.791	0.796	0.795	0.796

组别	用药情况 [n (%)]					急性心肌梗死 [n (%)]	LVEF ($\bar{x} \pm s$, %)	植入支架数量 [$M(QR)$, 个]
	抗血小板聚集药物	ACEI	β -受体阻滞剂	他汀类药物	降糖药物			
对照组	30 (100.0)	21 (70.0)	15 (50.0)	23 (76.7)	14 (46.7)	12 (40.0)	55.4 ± 2.1	3 (2)
康复组	30 (100.0)	20 (66.7)	17 (56.7)	24 (80.0)	13 (43.3)	11 (36.7)	54.9 ± 2.6	3 (1)
检验统计量值	0.000	0.077	0.268	0.098	0.067	0.071	0.819 ^a	1.007 ^b
P 值	1.000	0.781	0.605	0.754	0.795	0.791	0.416	0.314

注: BMI= 体质指数, ACEI= 血管紧张素转换酶抑制剂, LVEF= 左心室射血分数; ^a 为 t 值, ^b 为 Z 值, 余检验统计量值为 χ^2 值

胸痛、心悸、胸闷、头晕、乏力及呼吸困难等症状, 患者如出现任何不适则应立即终止运动, 并告知患者在运动过程中注意调整呼吸, 不要憋气, 避免 Valsalva 动作。

1.4 症状限制性 CPET 两组患者分别于训练前及训练 4 周进行症状限制性 CPET, 所用设备为 K4b2 运动心肺功能测试及代谢分析系统 (意大利 COSMED 公司生产)、PEC4850 功率自行车 (台湾正伦公司生产), 具体操作如下: 指导患者测试前 1 d 避免剧烈活动, 保证充足睡眠且不可饱餐或空腹, 测试前 2 h 禁烟、酒、茶及咖啡, 休息 30 min, 穿着合适的鞋子、衣服。针对合并糖尿病患者测试前要评估其空腹血糖, 如空腹血糖 <3.9 mmol/L 或 >16.7 mmol/L 则另行安排测试时间。此外, 测试场所须配备除颤仪、急救药品、氧气瓶及吸氧设施等。测试前按照要求对仪器进行气体、容量、流量定标, 患者取骑坐位并调整座椅至合适高度, 佩戴面罩, 检查无漏气后连接气体分析系统及心电监护仪。该试验采取功率递增试验方案 (RAMP), 即患者静息 3 min 后嘱其完全放松, 然后以 (60 ± 5) r/min 零负荷蹬车热身运动 1 min, 之后以 (60 ± 5) r/min 的恒定转速继续运动, 期间踏车负荷功率以 10~20 W/min 呈斜坡式递增, 直至出现终止运动指征, 卸载负荷继续运动 3 min 后停止运动, 然后静息 3 min, 整个恢复期至少 6 min, 观察患者血压、心率恢复情况, 如有特殊情况可延长观察时间, 直至患者异常症状或体征消失为止。终止运动指征如下: (1) 患者要求停止运动; (2) 随运动负荷增加收缩压较基线值下降 10 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa), 伴随其他缺血证据或血压过高, 收缩压 >220 mm Hg; (3) 出现心绞痛症状; (4) 出现神经系统症状如共济失调、头晕、接近晕厥等; (5) 出现血流灌注不良征象, 如脸色发绀、苍白等; (6) 严重心律失常, 如室性心动过速、心室扑动、心室颤动等; (7) 严重 ST 段压低下斜型或水平型压低 ≥ 0.2 mV 或 ST 段抬高 ≥ 0.1 mV; (8) 监测血压有困难或达目标心率。

1.5 观察指标 记录所有患者心肺功能和运动能力指标 [包括峰值摄氧量 (peak oxygen uptake, VO_{2peak})、峰值摄氧量占预计值的百分比 ($VO_{2peak}\%pred$)、无氧阈 (anaerobic

threshold, AT)、峰值氧脉搏 (peak oxygen pulse, VO_2/HR_{peak})、峰值代谢当量 (peak metabolic equivalent, $METS_{peak}$)、峰值功率 (peak work, $Work_{peak}$)] 及心脏自主神经功能指标 [包括静息收缩压 (rest systolic blood pressure, SBP_{rest})、静息舒张压 (rest diastolic blood pressure, DBP_{rest})、峰值收缩压 (peak systolic blood pressure, SBP_{peak})、峰值舒张压 (peak diastolic blood pressure, DBP_{peak})、静息心率 (rest heart rate, HR_{rest})、峰值心率 (peak heart rate, HR_{peak}) 及试验结束后 1 min 内心率恢复值 (heart rate recovery at 1 min, $HRR1$)]。并观察两组患者训练期间头晕、心悸等不适发生情况。

1.6 统计学方法 采用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据处理, 符合正态分布的计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用两独立样本 t 检验; 不符合正态分布的计量资料以 $M(QR)$ 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者训练前及训练 4 周心肺功能及运动能力指标比较 两组患者训练前 VO_{2peak} 、 $VO_{2peak}\%pred$ 、AT、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 及训练 4 周 VO_2/HR_{peak} 、 $Work_{peak}$ 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 康复组患者训练 4 周 VO_{2peak} 、AT 大于对照组, $VO_{2peak}\%pred$ 、 $METS_{peak}$ 高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 见表 2)。

2.2 两组患者训练前及训练 4 周心脏自主神经功能指标比较

两组患者训练前 SBP_{rest} 、 DBP_{rest} 、 SBP_{peak} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 、 $HRR1$ 及训练 4 周 DBP_{rest} 、 DBP_{peak} 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 康复组患者训练 4 周 SBP_{rest} 、 SBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 低于对照组, $HRR1$ 快于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 见表 3)。

2.3 安全性 训练期间康复组中 1 例患者出现头晕、心悸, 测量血压为 83/60 mm Hg, 嘱其立即终止运动并取平卧位, 经休息后症状逐渐缓解并继续进行训练。

3 讨论

冠心病患者常因冠状动脉病变而导致相应心肌供血、供

氧不足, 心肌不同步收缩, 心脏每搏输出量及循环血量减少, 进而影响患者心肺功能^[12]。既往研究表明, 运动训练可增加冠状动脉血流量, 改善心肌缺血、缺氧状态, 减少心血管危险因素^[13], 进而降低患者急性心血管事件死亡率和全因死亡率^[14], 提示运动训练有利于改善心血管病患者预后。

心肺功能和运动能力是评估冠心病患者 PCI 后远期预后的重要指标, 亦是患者死亡的预测因子^[15]。刘西花等^[16] 研究结果显示, 冠心病患者心肺康复训练 1 个月 后 VO_{2peak} 、AT、 VO_2/HR_{peak} 均明显升高; KAVANAGH 等^[17] 通过对 12 169 例缺血性心脏病患者随访发现, 系统性心脏康复可有效改善缺血性心脏病患者最大有氧运动能力, VO_{2peak} 每升高 $1 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ 则其不良心血管事件发生率约降低 9%; MYERS 等^[18] 研究表明, 运动训练可改善冠心病患者 METs, 其中运动耐量 <5 METs 患者生存率低于运动耐量 >8 METs 患者, 运动耐量每提高 1 MET 则患者生存率约提高 12%。ANDJIC 等^[19] 对 60 例 PCI 后急性心肌梗死患者进行短期 (1 个月) 康复运动训练, 结果显示, 训练 4 周患者 VO_{2peak} 、 $Work_{peak}$ 及 $METS_{peak}$ 明显升高, 提示短期康复运动训练能有效提高 PCI 后急性心肌梗死患者运动能力。本研究结果显示, 康复组患者训练 4 周 VO_{2peak} 、AT 大于对照组, $VO_{2peak}\%pred$ 、 $METS_{peak}$ 高于对照组, 提示心脏康复运动康复训练可有效改善冠心病患者 PCI 后心肺功能及最大有氧运动能力, 与刘遂心等^[20] 研究结果相一致。

既往研究表明, 心血管病会导致患者自主神经调节功能损伤, 主要表现为心脏变时性功能不全及运动后 HR_{peak} 下降延缓等^[21], 其中心率、血压是反映心脏自主神经调节功能的有效指标。既往研究表明, 心脏康复运动训练可有效降低冠

心病患者交感神经活性、提高迷走神经张力, 进而维持自主神经功能平衡^[22]。本研究结果显示, 康复组患者训练 4 周 SBP_{rest} 、 SBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 低于对照组, $HRR1$ 快于对照组, 与 GADEMAN 等^[23] 研究结果一致, 提示心脏康复运动训练可有效改善冠心病患者 PCI 后心脏自主神经功能; 分析心脏康复运动训练的降压机制可能与迷走神经兴奋性及去甲肾上腺素水平降低有关^[24], 而 $HRR1$ 增快主要由心脏康复运动训练恢复期迷走神经活性占优势所致^[25]。但本研究结果显示, 两组患者训练 4 周 DBP_{rest} 、 DBP_{peak} 间无统计学差异, 分析其原因可能与本研究样本量较小、训练时间较短及患者使用 β -受体阻滞剂等药物有关。

综上所述, 心脏康复运动训练可有效提高冠心病患者 PCI 后心肺功能和运动能力, 改善患者心脏自主神经功能。因此, 临床应建议冠心病患者 PCI 后进行有氧运动联合抗阻运动、柔韧训练等为一体的心脏康复运动训练, 以促进其心肺功能、运动能力及心脏自主神经功能的恢复。但本研究样本量较小, 随访时间较短, 心脏康复运动训练对冠心病患者 PCI 后远期预后的影响尚有待进一步研究证实。

参考文献

[1] 《中国心血管病报告 2017》概要 [J]. 中国循环杂志, 2018, 33 (1): 1-8. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2018.01.001.
 [2] 季鹏. 冠状动脉介入术后有氧运动联合抗阻训练对老年冠心病患者心脏康复的疗效 [J]. 现代诊断与治疗, 2014, 25 (24): 5623-5625.
 [3] 中国康复医学会心脏康复专业委员会. 稳定性冠心病心脏康复药物处方管理专家共识 [J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44 (1): 7-11. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2016.01.004.

表 2 两组患者训练前及训练 4 周心肺功能及运动能力指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of index of cardiopulmonary function and athletic ability between the two groups before training and 4 weeks after training

组别	例数	VO_{2peak} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)		$VO_{2peak}\%pred$ (%)		AT ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)		VO_2/HR_{peak} (ml/beat)		$METS_{peak}$ (METs)		$Work_{peak}$ (W)	
		训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周
对照组	30	16.56 ± 1.81	17.54 ± 1.85	60.73 ± 8.99	60.90 ± 8.95	11.88 ± 2.00	11.92 ± 2.11	10.75 ± 2.23	10.99 ± 1.96	4.92 ± 0.52	4.94 ± 0.59	94.43 ± 16.88	94.20 ± 16.53
康复组	30	17.02 ± 2.05	19.35 ± 2.21	60.87 ± 9.39	67.33 ± 7.54	12.09 ± 1.87	15.15 ± 1.24	10.82 ± 2.43	11.58 ± 2.63	4.85 ± 0.47	5.53 ± 0.62	94.73 ± 20.00	102.93 ± 22.42
t 值		0.921	3.440	0.059	3.009	0.420	7.229	0.116	0.985	0.547	3.776	0.063	1.717
P 值		0.361	0.001	0.953	0.004	0.676	<0.01	0.908	0.329	0.586	<0.01	0.950	0.091

注: VO_{2peak} = 峰值摄氧量, $VO_{2peak}\%pred$ = 峰值摄氧量占预计值的百分比, AT= 无氧阈, VO_2/HR_{peak} = 峰值氧脉搏, $METS_{peak}$ = 峰值代谢当量, $Work_{peak}$ = 峰值功率

表 3 两组患者训练前及训练 4 周心脏自主神经功能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of index of cardiac autonomic nerve function between the two groups before training and 4 weeks after training

组别	例数	SBP_{rest} (mm Hg)		DBP_{rest} (mm Hg)		SBP_{peak} (mm Hg)		DBP_{peak} (mm Hg)		HR_{rest} (次/min)		HR_{peak} (次/min)		$HRR1$ (次/min)	
		训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周	训练前	训练 4 周
对照组	30	126 ± 7	125 ± 7	75 ± 10	74 ± 10	156 ± 6	155 ± 7	83 ± 9	82 ± 7	67.0 ± 7.6	67.6 ± 7.3	114.4 ± 6.5	112.7 ± 8.1	17.4 ± 5.0	17.1 ± 4.2
康复组	30	126 ± 7	117 ± 9	74 ± 10	74 ± 8	156 ± 7	147 ± 9	83 ± 9	80 ± 8	67.2 ± 6.2	62.9 ± 4.3	113.4 ± 7.1	109.0 ± 5.7	16.8 ± 5.5	21.4 ± 6.8
t 值		0.001	3.843	0.387	0.000	0.000	3.843	0.000	1.031	0.112	3.038	0.569	2.046	0.442	2.947
P 值		0.976	<0.01	0.700	1.000	1.000	<0.01	1.000	0.307	0.911	<0.01	0.572	0.045	0.660	0.005

注: SBP_{rest} = 静息收缩压, DBP_{rest} = 静息舒张压, SBP_{peak} = 峰值收缩压, DBP_{peak} = 峰值舒张压, HR_{rest} = 静息心率, HR_{peak} = 峰值心率, $HRR1$ = 试验结束后 1 min 内心率恢复值

- [4] FU T C, WANG C H, LIN P S, et al. Aerobic interval training improves oxygen uptake efficiency by enhancing cerebral and muscular hemodynamics in patients with heart failure [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 167(1): 41–50. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.11.086.
- [5] LAWLER P R, FILION K B. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Am Heart J*, 2011, 162(4): 571–584. DOI: 10.1016/j.ahj.2011.07.017.
- [6] XIA T L, HUANG F Y, PENG Y, et al. Efficacy of different types of exercise-based cardiac rehabilitation on coronary heart disease: a network meta-analysis [J]. *J Gen Intern Med*, 2018, 33(12): 2201–2209. DOI: 10.1007/s11606-018-4636-y.
- [7] ELSHAZLY A, KHORSHID H, HANNA H, et al. Effect of exercise training on heart rate recovery in patients post anterior myocardial infarction [J]. *Egypt Heart J*, 2018, 70(4): 283–285. DOI: 10.1016/j.ehj.2018.04.007.
- [8] ORNISH D, SCHERWITZ L W, BILLINGS J H, et al. Intensive lifestyle changes for reversal of coronary heart disease [J]. *JAMA*, 1998, 280(23): 2001–2007. DOI: 10.1001/jama.280.23.2001.
- [9] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心血管病专业委员会, 中国老年学学会心脑血管病专业委员会. 冠心病康复与二级预防中国专家共识 [J]. *中华全科医师杂志*, 2014, 13(5): 340–348. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2014.05.006.
- [10] 中华医学会心血管病学分会预防学组, 中国康复医学会心血管病专业委员会. 冠心病患者运动治疗中国专家共识 [J]. *中华心血管病杂志*, 2015, 43(7): 575–588. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.07.004.
- [11] 中国医师协会心血管内科医师分会预防与康复专业委员会. 经皮冠状动脉介入治疗术后运动康复专家共识 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2016, 24(7): 361–369. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2016.07.001.
- [12] 邓维, 孙兴国, 郭志勇, 等. 心肺运动试验定量评估 PCI 前后心肺功能的临床研究 [J]. *重庆医科大学学报*, 2019, 44(5): 668–673. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.001799.
- [13] SIMON M, KORN K, CHO L, et al. Cardiac rehabilitation: A class I recommendation [J]. *Cleve Clin J Med*, 2018, 85(7): 551–558. DOI: 10.3949/ccjm.85a.17037.
- [14] ANDERSON L. Cardiac rehabilitation for people with heart disease: an overview of Cochrane systematic reviews [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014(12): CD011273. DOI: 10.1002/14651858.CD011273.pub2.
- [15] POPOVIC D, KUMAR N, CHAUDHRY S, et al. Improvements in key cardiopulmonary exercise testing variables following cardiac rehabilitation in patients with coronary artery disease [J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2018, 38(5): E5–8. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000324.
- [16] 刘西花, 毕鸿雁, 林远. 心肺康复治疗对冠心病患者心肺功能及生活质量的影响 [J]. *中国康复*, 2014, 29(2): 93–95. DOI: 10.3870/zgkf.2014.01.004.
- [17] KAVANAGH T, MERTENS D J, HAMM L F, et al. Prediction of long-term prognosis in 12 169 men referred for cardiac rehabilitation [J]. *Circulation*, 2002, 106(6): 666–671. DOI: 10.1161/01.cir.0000024413.15949.ed.
- [18] MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing [J]. *N Engl J Med*, 2002, 346(11): 793–801. DOI: 10.1056/NEJMoa011858.
- [19] ANDJIC M, SPIROSKI D, ILIC STOJANOVIC O, et al. Effect of short-term exercise training in patients following acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2016, 52(3): 364–369.
- [20] 刘遂心, 陈彦颖, 谢康玲, 等. 有氧联合抗阻运动对冠心病患者心肺适能及运动能力的影响 [J]. *中华心血管病杂志*, 2017, 45(12): 1067–1071. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2017.12.011.
- [21] MYERS J, TAN S Y, ABELLA J, et al. Comparison of the chronotropic response to exercise and heart rate recovery in predicting cardiovascular mortality [J]. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 2007, 14(2): 215–221.
- [22] MOHOLDT T, AAMOT I L, GRANØIEN I, et al. Aerobic interval training increases peak oxygen uptake more than usual care exercise training in myocardial infarction patients: a randomized controlled study [J]. *Clin Rehabil*, 2012, 26(1): 33–44. DOI: 10.1177/0269215511405229.
- [23] GADEMAN M G, SWENNE C A, VERWEY H F, et al. Effect of exercise training on autonomic derangement and neurohumoral activation in chronic heart failure [J]. *J Card Fail*, 2007, 13(4): 294–303. DOI: 10.1016/j.cardfail.2006.12.006.
- [24] 周方, 王磊. 心脏运动康复相关作用机制的研究进展 [J]. *中国康复*, 2016, 31(3): 222–225. DOI: 10.3870/zgkf.2016.03.020.
- [25] 车琳. 心肺运动试验: 原理及常用指标 [J]. *临床心电图学杂志*, 2017, 26(4): 243–247. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0272.2017.04.002.

(收稿日期: 2019-06-04; 修回日期: 2019-10-31)

(本文编辑: 谢武英)