

基于心肺运动试验的心脏运动康复方案 治疗稳定性冠心病合并高血压患者疗效研究

仝以漫¹, 高民^{1,2}, 王心宇¹, 曹雨涵¹, 陈伟^{1,2*}

1 徐州医科大学附属徐州康复医院, 江苏 徐州 221003;

2 徐州市中心医院, 江苏 徐州 221009

* 通信作者: 陈伟, E-mail: chenwei2339@163.com

收稿日期: 2023-10-15; 接受日期: 2024-01-05

基金项目: 徐州市科技计划项目(KC22214); 徐州医科大学附属医院课题-面上项目(XYFM2020027)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.02009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 **目的** 观察基于心肺运动试验(CPET)的心脏运动康复方案对稳定性冠心病合并高血压患者的影响。**方法** 选择徐州市中心医院2023年2—9月收治的稳定性冠心病合并高血压患者80例,按随机数字表方法分为对照组和观察组,每组40例。对照组接受常规药物治疗,共持续12周;观察组在对照组基础上接受基于CPET的心脏康复运动训练,包括有氧运动和抗阻训练,隔天训练1次,3次/周,共持续12周。分别于治疗前后采用CPET评估患者心脏自主神经功能[主要包括静息心率(HR_{rest})、静息收缩压(SBP_{rest})、静息舒张压(DBP_{rest})、峰值心率(HR_{peak})、峰值收缩压(SBP_{peak})、峰值舒张压(DBP_{peak})、第1~6 min心率恢复值(HRR_1);采用CPET评估患者心肺功能及运动能力[峰值代谢当量($METS_{peak}$)、峰值负荷($Work_{peak}$)、最大氧脉搏(VO_2/HR_{peak})、峰值摄氧量(VO_{2peak})、无氧阈(AT)、 CO_2 通气当量斜率(VE/VCO_{2slope});采用36项简明健康状况调查表(SF-36)评估患者生活质量;采用匹兹堡睡眠质量指标(PSQI)评估患者睡眠质量。**结果** 与治疗前比较,观察组治疗后 SBP_{rest} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 、 VE/VCO_{2slope} 均明显降低, $HRR_1 \sim HRR_6$ 、 VO_{2peak} 、AT、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 、SF-36评分(生理机能、生理职能、躯体疼痛、一般健康、社会职能、精神健康)均明显升高($P < 0.05$),PSQI评分明显更低($P < 0.05$)。与对照组比较,观察组治疗后 SBP_{rest} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 VE/VCO_{2slope} 均明显更低, $HRR_1 \sim HRR_4$ 、 VO_{2peak} 、AT、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 、SF-36评分(生理机能、生理职能、一般健康、社会职能、精神健康)均明显更高($P < 0.05$),PSQI评分明显更低($P < 0.05$)。**结论** 基于CPET的心脏运动康复可提高稳定性冠心病合并高血压患者心脏自主神经功能、心肺功能、运动能力、睡眠和生活质量,值得临床推广应用。

关键词 稳定性冠心病;高血压;心肺运动试验;心脏运动康复;自主神经功能;心肺运动功能;睡眠质量;生活质量

《中国心血管健康与疾病报告2022概要》数据显示,中国心血管疾病患病率处于持续上升阶段,我国现有心血管病患者约3.3亿,其中冠心病患者约1 139万^[1]。冠心病是以交感神经亢进和持续性迷走神经(即副交感神经)功能障碍为典型表现的自主神经系统失调,为冠状动脉疾病(coronary

artery disease, CAD)的主要特征^[2-3]。高血压作为冠心病的高危因素及最常见的并发症,在冠心病发生和发展过程中起着重要的作用^[4]。研究表明,当高血压和冠心病2种疾病共存时,交感神经过度激活导致的神经内分泌系统紊乱可能会进一步加重自主神经功能受损程度^[5-6],甚至导致心脏血管重构,

引用格式:仝以漫,高民,王心宇,等.基于心肺运动试验的心脏运动康复方案治疗稳定性冠心病合并高血压患者疗效研究[J].康复学报,2024,34(2):153-160.

TONG Y M, GAO M, WANG X Y, et al. Therapeutic effect of cardiac exercise rehabilitation program based on cardiopulmonary exercise test on patients with stable coronary heart disease complicated with hypertension [J]. Rehabil Med, 2024, 34(2): 153-160.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.02009

增加猝死风险^[7]。因此,探索逆转该人群功能障碍的临床策略至关重要。

有效的心脏康复训练能够改善患者的自主神经功能、心肺功能和运动能力^[8],并且能够有效降低不良事件的发生率,提高生活质量^[9-11]。目前对于冠心病合并高血压人群的长期治疗主要依靠药物,虽有一定疗效,但存在药效衰退期及肝肾损害、胃肠道不良反应、出血风险等缺陷。在药物治疗基础上进行心脏康复训练能够延缓甚至逆转疾病进展,改善患者预后^[12],具有单纯药物治疗所不具备的优势。运动处方作为心脏康复的核心内容,其制定必须依据个体化原则,确保其可行性,以提高患者的依从性并促进可持续的长期疗效^[13]。依据心肺运动试验(cardiopulmonary exercise test, CPET)结果制定的个体化运动康复方案兼具安全及有效性。本研究基于CPET的心脏康复运动干预稳定性冠心病合并高血压患者,取得良好疗效。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

1.1.1 诊断标准

1.1.1.1 稳定性冠心病诊断标准 符合《稳定性冠心病基层诊疗指南(2020年)》^[14]有关稳定性冠心病的标准。

1.1.1.2 高血压诊断标准 符合《中国高血压防治指南(2018年修订版)》^[15]关于高血压的标准。

1.1.2 纳入标准 ① 年龄40~75周岁;② 文化程度初中及以上;③ 患者处于慢性稳定性劳力型心绞痛、缺血性心肌病和急性冠脉综合之后稳定的病程

阶段,包括无症状性心肌缺血血运重建术后、合并已控制的心力衰竭在内的冠心病;④ 合并原发性高血压且高血压分级 ≤ 3 级;⑤ 既往无规律锻炼习惯,即每周锻炼 < 3 次,且每次锻炼时间 < 30 min;⑥ 患者及家属知情同意,并自愿签署知情同意书。

1.1.3 排除标准 ① 伴有重度心律失常;② 有较大的心脏瓣膜疾病,需要外科处理者;③ 心肌炎或心包炎活动期;④ 左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) $< 40\%$ 或加拿大心血管病学会(Canadian Cardiovascular Society, CCS)心绞痛分级 $> II$ 级;⑤ 持续严重的心绞痛、心肌梗死或心源性休克;⑥ 伴有肢体活动障碍的患者;⑦ 合并严重的肝肾、脑等脏器衰竭;⑧ 有新的深静脉血栓、下肢闭塞性动脉硬化、血栓性静脉炎、主动脉夹层及其他部位动脉瘤。

1.1.4 中止和脱落标准 ① 患者依从性差,无法配合实施本方案;② 患者在方案实施期间自行退出;③ 患者在方案实施期间出现病情恶化或其他严重并发症无法继续治疗。

1.2 一般资料

选取徐州市中心医院2023年2—9月收治的稳定性冠心病合并高血压患者80例,按照随机数字表方法分为对照组和观察组,每组40例。2组性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、病程、合并症、LVEF、CCS心绞痛分级、吸烟和用药情况等一般资料比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表1。本研究经过徐州市中心医院伦理委员会批准(审批号:XZXY-LK-20230215-005)。

表1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别		年龄/ $(\bar{x} \pm s, \text{岁})$	BMI/ $(\bar{x} \pm s, \text{kg/m}^2)$	病程/ $(\bar{x} \pm s, \text{月})$		合并症	
		男	女			冠心病	高血压	血脂异常	糖尿病
对照组	40	24	16	58.30 \pm 7.80	26.90 \pm 3.50	21.60 \pm 3.70	34.50 \pm 5.20	24	17
观察组	40	24	16	59.30 \pm 9.80	25.80 \pm 2.60	21.20 \pm 3.10	35.30 \pm 6.60	22	18

组别	例数	LVEF/ $(\bar{x} \pm s, \%)$	CCS心绞痛分级		吸烟		用药情况			
			I级	II级	是	否	β 受体阻滞剂	降压药	抗凝药物	他汀类药
对照组	40	54.30 \pm 4.00	16	24	14	26	22	22	35	29
观察组	40	55.20 \pm 4.40	18	22	16	24	21	24	37	32

2 方法

2.1 治疗方法

2.1.1 对照组 接受常规药物治疗,按冠心病、高血压治疗常规予降脂、降压及抗血小板等治疗,持

续治疗12周。

2.1.2 观察组 在对照组基础上接受基于CPET的心脏康复运动训练。

2.1.2.1 治疗前准备 所有入组患者在治疗前进行

症状限制性 CPET 评估。由同一名医师采用 High-armed 心肺运动功能测试仪(南京瀚雅健康科技有限公司,型号:SMAX58CE)进行测试。测试前,需对仪器进行气体、容量和流量定标。首先,将 12 导联心电图(中国伊丹仪器有限公司,型号:SE-1515)连接在患者身上,穿戴好血压袖套及气体分析面罩(南京瀚雅健康科技有限公司,型号:鲁道夫运动测试面罩)。随后,将患者安全转移到功率自行车(南京瀚雅健康科技有限公司,型号:V6001-0004)上,调节至适宜高度,检查者视患者综合情况选择 10~20 W/min 功率进行锻炼^[16]。患者休息 3 min 后,以 (60 ± 5) r/min 零负荷状态热身 1 min;患者需维持 (60 ± 5) r/min 转速继续运动,期间踏车负荷功率呈斜坡递增直至出现试验中止指征,卸载负荷,继续运动 3 min 后停止运动,静息 3 min。整个试验过程中,严密监测患者测试阶段的生命体征、心电图及气体交换等数据。

运动试验是否中止的指征如下:①患者自行停止;②随着强度增大,患者收缩压(systolic blood pressure, SBP)较基础值降低 10 mmHg,并伴有其他心肌缺血表现;③出现中度至重度的心绞痛;④出现共济失调、眩晕、晕厥等症状;⑤血流动力学异常;⑥室速、心室扑动、室颤等重度心律失常;⑦心电图 ST 段压低下斜或水平式下降 2 mm 以上或 ST 段抬高 1 mm 以上;⑧达到目标心率。

2.1.2.2 基于 CPET 的心脏康复运动训练 在 CPET 个性化评估基础上,根据患者的身体状况,按照训练频率、强度、类型、时间和训练总量设计训练方案。运动过程中询问患者主观劳累程度(rating of perceived exertion, RPE)监测运动强度。具体如下:

(1)有氧运动 训练开始前、结束后均采用关节灵活操分别进行 5 min 热身运动和放松运动。采用运动跑步机(常州康禾医疗康复设备有限公司,型号:SP-6618E)进行跑步运动训练。使用心率储备法^[17]评估患者运动强度,根据患者靶心率调节运动跑步机至适宜速率,以控制运动强度。初始运动强度为 50% 最大运动强度,根据患者体能逐步增加至 70%,运动过程中 RPE 控制在 13~14。40 min/次,1 次/d,隔天训练 1 次,3 次/周,共持续 12 周。

靶心率 = (峰值心率 - 静息心率) × 运动强度 + 静息心率

(2)抗阻训练 在治疗师指导下借助弹力带、哑铃和沙袋,做上下肢的前屈、后伸、外展和内收动作。运动强度以患者 RPE 控制在 11~12 为宜。以

上动作重复 2 组,10~15 次/组,组间休息 2~3 min,隔天训练 1 次,3 次/周,共持续 12 周。

2.2 观察指标

分别于治疗前后由同一名康复治疗师评估以下指标。

2.2.1 心脏自主神经功能 采用 CPET 评估患者心脏自主神经功能,主要包括静息心率(rest heart rate, HR_{rest})、静息收缩压(rest systolic blood pressure, SBP_{rest})、静息舒张压(rest diastolic blood pressure, DBP_{rest})、峰值心率(peak heart rate, HR_{peak})、峰值收缩压(peak systolic blood pressure, SBP_{peak})、峰值舒张压(peak diastolic blood pressure, DBP_{peak})、第 1~6 min 心率恢复值(heart rate recovery, HRR_t)。

2.2.2 心肺功能及运动能力 采用 CPET 评估患者心肺功能及运动能力,主要包括峰值代谢当量(peak metabolic equivalent, $METS_{peak}$)、峰值负荷(peak work, $Work_{peak}$)、最大氧脉搏(peak oxygen pulse, VO_2/HR_{peak})、峰值摄氧量(peak oxygen uptake, VO_{2peak})、无氧阈(anaerobic threshold, AT)、 CO_2 通气当量斜率(carbon dioxide ventilation equivalent slope, VE/VCO_{2slope})。其中 VO_{2peak} 代表单位时间内所摄取的最大氧量,是心脏功能和总体病死率最有力的预测因子; VE/VCO_{2slope} 代表排出 1L CO_2 所需通气量,其斜率越高则通气效率越差,是判断心功能状态的敏感指标; VO_2/HR_{peak} 是心脏跳动 1 次机体摄取氧量,代表人体氧运输效率;AT 是指递增负荷运动过程中由有氧向无氧代谢供能的拐点,是评价人体有氧运动能力,尤其是最大有氧运动能力的指标; $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 是评估人体运动耐力的重要指标。

2.2.3 生活质量 采用 36 项简明健康状况调查表(36-item short-form health survey, SF-36)评估患者生活质量。主要包括生理机能、生理职能、躯体疼痛、一般健康、精力、社会功能、情感职能、精神健康 8 个维度,每个维度满分均为 100 分,分值越高,表示对应维度状态越好, SF-36 评分 < 60 分被认为是生活质量较差^[18]。

2.2.4 睡眠质量 采用匹兹堡睡眠质量指标(Pittsburgh sleep quality index, PSQI)评估患者睡眠质量。主要包括睡眠质量、睡眠潜伏期、睡眠时间、睡眠效率、睡眠障碍、睡眠药物和日常功能障碍等内容。PSQI 总分 21 分,得分越高表示睡眠质量越差^[19]。

2.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料符合正态分布以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组内比较采用配对

样本 *t* 检验, 组间比较采用两独立样本 *t* 检验。计数资料采用频数或百分比表示 (%), 组间比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

2组患者均按要求完成治疗和指标评估。对照组中有2例患者在CPET评估中出现胸闷气促, 立即终止试验并给予吸氧嘱平卧位休息, 休息后症状逐

渐缓解。

3.1 2组治疗前后心脏自主神经功能比较

与治疗前比较, 观察组治疗后 SBP_{rest} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 、 HR_{peak} 均明显降低, $HRR_1 \sim HRR_6$ 均明显升高 ($P < 0.05$)。与对照组比较, 观察组治疗后 SBP_{rest} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 均明显更低, $HRR_1 \sim HRR_4$ 均明显更高 ($P < 0.05$)。见表2。

表2 2组治疗前后心脏自主神经功能指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of cardiac autonomic function indexes between two groups before and after treatment ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	时间	$SBP_{rest}/$	$DBP_{rest}/$	$SBP_{peak}/$	$DBP_{peak}/$	$HR_{rest}/$	$HR_{peak}/$
			mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	(次/min)	(次/min)
对照组	40	治疗前	126.7±13.5	81.8±10.6	163.1±23.2	83.1±11.7	77.7±10.3	121.0±20.4
		治疗后	126.2±14.0	81.4±11.5	165.6±24.7	84.0±12.2	78.7±9.9	120.4±19.5
观察组	40	治疗前	127.5±15.5	82.4±9.0	164.2±25.6	82.7±11.8	76.9±10.6	120.5±18.5
		治疗后	117.3±15.4 ¹⁾²⁾	82.0±8.8	163.4±25.9	77.5±11.4 ¹⁾²⁾	73.1±11.1 ¹⁾²⁾	113.1±18.1 ¹⁾

组别	例数	时间	$HRR_1/$	$HRR_2/$	$HRR_3/$	$HRR_4/$	$HRR_5/$	$HRR_6/$
			(次/min)	(次/min)	(次/min)	(次/min)	(次/min)	(次/min)
对照组	40	治疗前	10.6±4.6	21.4±6.4	27.3±8.1	30.6±9.1	32.9±8.9	34.1±8.8
		治疗后	11.2±4.5	21.7±6.5	27.5±7.5	31.2±8.6	32.8±8.4	34.3±8.4
观察组	40	治疗前	10.5±4.4	21.0±6.7	27.7±8.2	31.4±9.0	33.7±8.9	34.6±9.1
		治疗后	13.7±4.1 ¹⁾²⁾	25.3±6.9 ¹⁾²⁾	32.1±7.7 ¹⁾²⁾	35.2±7.8 ¹⁾²⁾	36.3±8.5 ¹⁾	37.4±8.8 ¹⁾

注: 与治疗前比较, 1) $P < 0.05$; 与对照组比较, 2) $P < 0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P < 0.05$; compared with the control group, 2) $P < 0.05$ 。

3.2 2组治疗前后心肺功能及运动能力比较

与治疗前比较, 观察组治疗后 VO_{2peak} 、 AT 、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 明显升高, VE/VCO_{2slope} 明显

降低 ($P < 0.05$)。与对照组比较, 观察组治疗后 VO_{2peak} 、 AT 、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 明显更高, VE/VCO_{2slope} 明显更低 ($P < 0.05$)。见表3。

表3 2组治疗前后心肺功能及运动能力指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of cardiopulmonary and exercise capacity indexes between two groups before and after treatment ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	时间	$VO_{2peak}/$	$AT/$	VE/VCO_{2slope}	$VO_2/HR_{peak}/$	$METS_{peak}/$	$Work_{peak}/W$
			[(mL/(kg·min))]	[(mL/(kg·min))]		(mL/beat)	METS	
对照组	40	治疗前	15.8±2.9	12.0±2.8	28.7±4.8	8.6±2.0	4.6±0.7	105.0±27.2
		治疗后	16.1±2.6	12.1±2.5	28.5±4.9	8.8±1.8	4.6±0.6	103.7±27.5
观察组	40	治疗前	16.0±3.3	11.6±3.4	28.3±5.3	8.7±2.4	4.7±0.7	106.9±26.5
		治疗后	18.3±2.8 ¹⁾²⁾	13.7±2.9 ¹⁾²⁾	25.2±4.8 ¹⁾²⁾	10.6±2.4 ¹⁾²⁾	5.1±0.6 ¹⁾²⁾	117.3±25.6 ¹⁾²⁾

注: 与治疗前比较, 1) $P < 0.05$; 与对照组比较, 2) $P < 0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P < 0.05$; compared with the control group, 2) $P < 0.05$ 。

3.3 2组治疗前后SF-36、PSQI评分比较

与治疗前比较, 观察组治疗后生理机能、生理职能、躯体疼痛、一般健康、社会职能、精神健康等SF-36评分均明显升高 ($P < 0.05$), PSQI评分明显更

低 ($P < 0.05$)。与对照组比较, 观察组治疗后生理机能、生理职能、一般健康、社会职能、精神健康等SF-36评分均明显更高, PSQI评分明显更低 ($P < 0.05$)。见表4。

表4 2组治疗前后SF-36、PSQI评分比较($\bar{x}\pm s$)
 Table 4 Comparison of SF-36 and PSQI scores between two groups before and after treatment ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	时间	SF-36评分				PSQI评分
			生理机能	生理职能	躯体疼痛	一般健康	
对照组	40	治疗前	83.2±9.7	59.4±17.6	85.5±7.6	65.9±6.9	
		治疗后	82.8±9.9	62.5±19.6	86.9±8.2	66.7±7.4	
观察组	40	治疗前	82.8±9.5	61.9±17.9	86.3±7.7	65.3±6.7	
		治疗后	87.4±8.5 ¹⁾²⁾	73.1±19.9 ¹⁾²⁾	89.3±8.1 ¹⁾	71.7±7.2 ¹⁾²⁾	

组别	例数	时间	SF-36评分				PSQI评分
			精力	社会职能	情感职能	精神健康	
对照组	40	治疗前	87.6±6.3	86.9±10.6	88.3±20.7	87.8±8.1	9.5±3.2
		治疗后	87.3±6.8	87.8±10.0	88.3±20.7	89.2±6.8	9.4±3.3
观察组	40	治疗前	88.4±7.0	87.2±9.6	90.0±20.2	88.2±7.6	9.6±3.4
		治疗后	89.8±6.9	92.5±8.4 ¹⁾²⁾	93.3±22.9	92.3±6.4 ¹⁾²⁾	7.6±2.9 ¹⁾²⁾

注:与治疗前比较,1) $P<0.05$;与对照组比较,2) $P<0.05$ 。

Note: Compared with that before treatment, 1) $P<0.05$; compared with the control group, 2) $P<0.05$ 。

4 讨论

4.1 基于CPET的心脏运动康复方案可改善稳定性冠心病合并高血压患者心脏自主神经功能

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后 SBP_{rest} 、 DBP_{peak} 、 HR_{rest} 均明显更低, $HRR_1\sim HRR_4$ 均明显更高,提示基于CPET的心脏运动康复方案可改善稳定性冠心病合并高血压患者心脏自主神经功能。可能与以下因素有关:①自主神经系统包含交感神经系统和副交感神经系统2个部分,调控一系列生理活动(包括心脏电活动),以维持全身动态平衡。运动后心率恢复(HRR)异常与迷走神经活性直接相关,反映运动后自主神经系统中交感神经和副交感神经相互协调的动态平衡,是衡量自主神经系统功能的重要指标^[8,20-24]。稳定性冠心病合并高血压患者因为高浓度的儿茶酚胺,会引起心肌收缩力增强、心率增快、外周阻力增大、血压升高。血管紧张素Ⅱ是肾素-血管紧张素(renin-angiotensin system, RAS)系统的主要活性肽。交感神经活性增强激活RAS系统,血管紧张素Ⅱ可以促进小动脉收缩,肾上腺皮质分泌醛固酮分泌增多,增加体液量,导致血压升高。基于心肺运动试验的心脏运动康复训练可提高压力感受性反射敏感性,降低交感神经活性和体内儿茶酚胺、血管紧张素Ⅱ水平^[22-23],改善患者自主神经功能,抑制心血管疾病患者交感神经过度激活状态,以达到减慢心率、扩血管、降低血压的效果。②基于CPET的心脏运动康复训练可提高迷走神经活性,促进血管内皮细胞合成和释放血

管活性物质,使冠状动脉血管扩张;还可以加快血液循环,促进冠状动脉血管重构及内皮祖细胞功能改善,增加血流灌注。与以往研究多数只分析 HRR_1 不同的是,本研究运用CPET监测患者整个恢复阶段1~6 min心率恢复值,进一步验证心脏运动康复训练对患者迷走神经和心脏自主调节能力的影响。这与MAHDAVI等^[24]研究结果一致。

4.2 基于CPET的心脏运动康复方案可改善稳定性冠心病合并高血压患者心肺功能和运动能力

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后 VO_{2peak} 、 AT 、 VO_2/HR_{peak} 、 $METS_{peak}$ 、 $Work_{peak}$ 明显更高, VE/VCO_{2slope} 明显更低,提示基于CPET的心脏运动康复方案可改善稳定性冠心病合并高血压患者心肺功能和运动能力,这与已有研究结果一致^[25-26]。可能与以下因素有关:①基于CPET的心脏运动康复方案可使冠状动脉微血管系统产生长期适应,提高峰值冠状动脉血流量,维持甚至轻微增加心肌的最大血流量,从而改善心功能^[27]。②基于CPET的心脏运动康复方案可使骨骼肌肉发生适应性改善,肌肉运用氧能力增加和肌肉代谢能力改善,肌肉收缩效率提高,从而提高运动耐力。这与研究显示运动能力增加,心肺功能和存活率也将提高的结果相似^[28-29]。在运动处方的制定过程中,如何保证康复训练有效性与安全性是一大难题。本研究基于CPET可评估患者的心肺储备功能,同时又能及时捕捉运动的危险信号,为制定个性化的心脏运动康复方案提供依据。

4.3 基于CPET的心脏运动康复方案可改善稳定性冠心病合并高血压患者睡眠、生活质量

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后生理机能、生理职能、一般健康、社会职能、精神健康等SF-36评分均明显更高,PSQI评分明显更低,提示基于CPET的心脏运动康复方案可改善患者睡眠及生活质量,与既往研究结果相似^[30-34]。可能与以下因素有关:①稳定性冠心病合并高血压患者容易出现焦虑、抑郁等消极情绪,进而引起睡眠功能紊乱,影响生活质量,形成恶性循环^[35]。这些负面情绪会导致患者自主神经功能紊乱,改变心率变异性,加剧血压异常波动^[36],进而加重患者病情。基于CPET的心脏运动康复可缓解患者对疾病预后的恐惧和担忧,减少情绪因素所致的睡眠和自主神经调节障碍,心血管损伤及血压水平不规律波动,提高生活质量。②基于CPET的心脏运动康复可能会刺激垂体分泌一种镇静安慰物质内啡肽,帮助患者改善睡眠、缓解压力并提高幸福感;良好的睡眠反过来也有助于维持内啡肽的稳定分泌,形成良性循环。

5 小结

基于CPET的心脏运动康复可提高稳定性冠心病合并高血压患者心脏自主神经功能、心肺功能、运动能力、睡眠和生活质量,值得临床推广应用。但本研究存在样本量小、干预时间较短、未进行出院后随访等不足之处,下一步研究将开展多中心临床随机对照研究,扩大样本量,加强出院后随访,为开展基于CPET的心脏运动康复治疗稳定性冠心病合并高血压患者提供参考。

参考文献

[1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告2022概要[J]. 心脑血管病防治, 2023, 23(7): 1-19, 24.
The Writing Committee of the Report on Cardiovascular Health and Diseases in China. Summary of China cardiovascular health and disease report 2022 [J]. Cardio Cerebrovasc Dis Prev Treat, 2023, 23(7): 1-19, 24.

[2] WILKOWSKA A, RYNKIEWICZ A, WADOWCZYK J, et al. Heart rate variability and incidence of depression during the first six months following first myocardial infarction [J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2019, 15: 1951-1956.

[3] WU Q, LIU L, JIANG X, et al. Effect of voluntary breathing exercises on stable coronary artery disease in heart rate variability and rate-pressure product: a study protocol for a single-blind, prospective, randomized controlled trial [J]. Trials, 2020, 21(1): 602.

[4] GOLDBOURT U, GROSSMAN E. Blood pressure variability at midlife is associated with all-cause, coronary heart disease and stroke long term mortality [J]. J Hypertens, 2020, 38(9): 1722-1728.

[5] 邹武松, 余意君, 王志红, 等. 社区高血压患者自主神经功能检测及其价值研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(1): 65-69.
ZOU W S, YU Y J, WANG Z H, et al. Value of autonomic nerve function assessment in community-dwelling patients with hypertension [J]. Chin Gen Pract, 2021, 24(1): 65-69.

[6] 陈宁婷, 程果, 魏博, 等. 小胶质细胞调控自主神经功能参与神经源性高血压的研究进展: 中枢免疫细胞的非免疫功能[J]. 中国科学(生命科学), 2022, 8(12): 1773-1784.
CHEN N T, CHENG G, WEI B, et al. Microglia contribute to the autonomic function and participate in neurogenic hypertension: non-immune function of central immune cells [J]. Sci Sin Vitae, 2022, 8(12): 1773-1784.

[7] BADROV M B, WOOD K N, LALANDE S, et al. Effects of 6 months of exercise-based cardiac rehabilitation on autonomic function and neuro-cardiovascular stress reactivity in coronary artery disease patients [J]. J Am Heart Assoc, 2019, 8(17): e012257.

[8] MANRESA-ROCAMORA A, RIBEIRO F, SARABIA J M, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation and parasympathetic function in patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis [J]. Clin Auton Res, 2021, 31(2): 187-203.

[9] ANDERSON L, OLDRIDGE N, THOMPSON D R, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: cochrane systematic review and meta-analysis [J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 67(1): 1-12.

[10] 文晓慧, 张强, 崔旭, 等. 基于德尔菲法构建冠心病患者心脏康复依从性评价量表[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(3): 348-355.
WEN X H, ZHANG Q, CUI X, et al. Development of an adherence of cardiac rehabilitation assessment scale in patients with coronary heart disease based on the Delphi method [J]. Chin J Rehabil Med, 2023, 38(3): 348-355.

[11] 蔡瑜, 郑红云, 周园园, 等. 八段锦 I 期心脏康复运动对急性心肌梗死经皮冠脉介入术后患者心肺功能及睡眠质量的影响[J]. 中国医药导报, 2022, 19(25): 172-175.
CAI Y, ZHENG H Y, ZHOU Y Y, et al. Effects of Baduanjin phase I cardiac rehabilitation exercise on car-diopulmonary function and sleep quality in patients with acute myocardial infarction after percutaneous coronary intervention [J]. China Med Her, 2022, 19(25): 172-175.

[12] 林宁宁, 赵佳佳, 樊俊雅, 等. 3种治疗方案对经皮冠状动脉介入术患者心功能及预后的影响[J]. 实用临床医药杂志, 2022, 26(16): 66-70.
LIN N N, ZHAO J J, FAN J Y, et al. Effects of three therapeutic schedules on cardiac function and prognosis in patients undergoing percutaneous coronary intervention [J]. J Clin Med Pract, 2022, 26(16): 66-70.

[13] 洪怡, 郭小亚, 吴雪娇, 等. 科学运动与心脏康复[J]. 中国实用

- 内科杂志,2022,42(5):363-366.
- HONG Y, GUO X Y, WU X J, et al. Scientific exercise and cardiac rehabilitation [J]. *Chin J Pract Intern Med*, 2022, 42(5): 363-366.
- [14] 中华医学会, 中华医学学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 稳定性冠心病基层诊疗指南(2020年)[J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20(3): 265-273.
- Chinese Medical Association, Chinese Medical Journals Publishing House, Chinese Society of General Practice, et al. Guideline for primary care of stable coronary artery disease (2020) [J]. *Chin J Gen Pract*, 2021, 20(3): 265-273.
- [15] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中华医学会心血管病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2018年修订版)[J]. 中国心血管杂志, 2019, 24(1): 24-56.
- Chinese Guidelines for the Management of Hypertension, Chinese Hypertension League, Chinese Society of Cardiology, et al. 2018 Chinese guidelines for the management of hypertension [J]. *Chin J Cardiovasc Med*, 2019, 24(1): 24-56.
- [16] BALADY G J, ARENA R, SIETSEMA K, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2010, 122(2): 191-225.
- [17] 武亮, 董继革, 郭琪, 等. 中国社区心肺康复治疗技术专家共识[J]. 中国老年保健医学, 2018, 16(3): 41-51, 56.
- WU L, DONG J G, GUO Q, et al. Expert consensus on cardiopulmonary rehabilitation in China community [J]. *Chin J Geriatr Care*, 2018, 16(3): 41-51, 56.
- [18] WARE J E J, SHERBOURNE C D. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection [J]. *Med Care*, 1992, 30(6): 473-483.
- [19] BUYSSE D J, REYNOLDS C F III, MONK T H, et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research [J]. *Psychiatry Res*, 1989, 28(2): 193-213.
- [20] BECHKE E, KLISZCZEWICZ B, MCLESTER C, et al. An examination of single day vs. multi-day heart rate variability and its relationship to heart rate recovery following maximal aerobic exercise in females [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 14760.
- [21] YU T Y, HONG W J, JIN S M, et al. Delayed heart rate recovery after exercise predicts development of metabolic syndrome: a retrospective cohort study [J]. *J Diabetes Investig*, 2022, 13(1): 167-176.
- [22] 胡辉, 戴海伦, 钱永东, 等. 训练者和无训练者的心脏自主神经功能及其对中等强度有氧运动的反应特征[J]. 中国运动医学杂志, 2023, 42(3): 201-209.
- HU H, DAI H L, QIAN Y D, et al. Cardiac autonomic nerve function of trained and untrained men and their response to moderate-intensity aerobic exercise [J]. *Chin J Phys Med*, 2023, 42(3): 201-209.
- [23] RENGO G, PAGANO G, PARISI V, et al. Changes of plasma norepinephrine and serum N-terminal pro-brain natriuretic peptide after exercise training predict survival in patients with heart failure [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 171(3): 384-389.
- [24] MAHDAVI ANARI L, GHANBARI-FIROOZABADI M, ANSARI Z, et al. Effect of cardiac rehabilitation program on heart rate recovery in coronary heart disease [J]. *J Tehran Heart Cent*, 2015, 10(4): 176-181.
- [25] 张振英, 孙兴国, 孙晓静, 等. 个体化精准运动为核心的整体康复方案对冠心病介入治疗术后患者整体功能再提高的临床研究[J]. 中国应用生理学杂志, 2021, 37(2): 202-207.
- ZHANG Z Y, SUN X G, SUN X J, et al. Effects of cardiac rehabilitation protocol centered with personalized-exercise training on further improvement of holistic function in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention [J]. *Chin J Appl Physiol*, 2021, 37(2): 202-207.
- [26] 刘西花, 李晓旭, 毕鸿雁, 等. 联合抗阻-耐力运动对冠心病患者心肺功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(8): 915-919, 927.
- LIU X H, LI X X, BI H Y, et al. Influence of combined endurance-resistance training on cardiopulmonary function in patients with coronary heart disease [J]. *Chin J Rehabil Med*, 2018, 33(8): 915-919, 927.
- [27] PRIES A R, BADIMON L, BUGIARDINI R, et al. Coronary vascular regulation, remodelling, and collateralization: mechanisms and clinical implications on behalf of the working group on coronary pathophysiology and microcirculation [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(45): 3134-3146.
- [28] PATTYN N, COECKELBERGHS E, BUYS R, et al. Aerobic interval training vs. moderate continuous training in coronary artery disease patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Sports Med*, 2014, 44(5): 687-700.
- [29] 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.
- [30] LAO X Q, LIU X D, DENG H B, et al. Sleep quality, sleep duration, and the risk of coronary heart disease: a prospective cohort study with 60, 586 adults [J]. *J Clin Sleep Med*, 2018, 14(1): 109-117.
- [31] DOMÍNGUEZ F, FUSTER V, FERNÁNDEZ-ALVIRA J M, et al. Association of sleep duration and quality with subclinical atherosclerosis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(2): 134-144.
- [32] KADOYA M, KURAJOH M, KAKUTANI-HATAYAMA M, et al. Low sleep quality is associated with progression of arterial stiffness in patients with cardiovascular risk factors: HSCAA study [J]. *Atherosclerosis*, 2018, 270: 95-101.
- [33] 潘海燕, 夏轩, 陈丽华, 等. 远程心电监护指导下家庭运动康复对慢性射血分数降低型心力衰竭患者的疗效及安全性研究[J]. 临床心血管病杂志, 2022, 38(6): 478-483.
- PAN H Y, XIA X, CHEN L H, et al. Efficacy and safety of home-based exercise rehabilitation in chronic heart failure with reduced ejection fraction patients under the guidance of remote cardiogram monitoring [J]. *J Clin Cardiol*, 2022, 38(6): 478-483.
- [34] 中国心血管疾病患者居家康复专家共识编写组. 中国心血管疾病患者居家康复专家共识[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(2):

108-121.

Experts Consensus Group on Home-based Cardiac Rehabilitation in China. Experts consensus on home-based cardiac rehabilitation in China [J]. *Chin Circ J*, 2022, 37(2): 108-121.

[35] 单欣刚, 刘爽, 王瑞. 老年冠心病患者的心理特点及心理干预对其心理情绪状态与治疗依从性的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(5): 1236-1239.

SHAN X G, LIU S, WANG R. Psychological characteristics of elderly patients with coronary heart disease and the influence of psychological intervention on their psychological and emotional

state and treatment compliance [J]. *Chin J Gerontol*, 2019, 39(5): 1236-1239.

[36] 张咏梅, 殷军, 刘桥生. 老年高血压患者焦虑抑郁情绪对血压变异性、心率变异性和生活质量的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(12): 2838-2840.

ZHANG Y M, YIN J, LIU Q S. Effects of anxiety and depression on blood pressure variability, heart rate variability and quality of life in elderly hypertensive patients [J]. *Chin J Gerontol*, 2019, 39(12): 2838-2840.

Therapeutic Effect of Cardiac Exercise Rehabilitation Program Based on Cardiopulmonary Exercise Test on Patients with Stable Coronary Heart Disease Complicated with Hypertension

TONG Yiman¹, GAO Min^{1,2}, WANG Xinyu¹, CAO Yuhan¹, CHEN Wei^{1,2*}

¹ Xuzhou Rehabilitation Hospital, Xuzhou Medical University, Xuzhou, Jiangsu 221003, China;

² Xuzhou Central Hospital, Xuzhou, Jiangsu 221009, China

*Correspondence: CHEN Wei, E-mail: chenwei2339@163.com

ABSTRACT Objective To observe the effect of cardiac exercise rehabilitation program based on cardiopulmonary exercise testing (CPET) on patients with stable coronary heart disease complicated with hypertension. **Methods** A total of 80 patients with stable coronary artery disease complicated with hypertension in the Xuzhou Central Hospital from February to September 2023 were randomly divided into control group and observation group, with 40 cases in each group. The control group received routine medication for 12 weeks. The observation group received cardiac exercise rehabilitation program based on CPET in addition to the treatment of the control group, including aerobic exercise and resistance training, once every other day, 3 times a week for 12 weeks. Before and after treatment, CPET was used to evaluate cardiac autonomic function [such as rest heart rate (HR_{rest}), rest systolic blood pressure (SBP_{rest}), rest diastolic blood pressure (DBP_{rest}), peak heart rate (HR_{peak}), peak systolic blood pressure (SBP_{peak}), peak diastolic blood pressure (DBP_{peak}), heart rate recovery from the 1st to 6th min (HRR_1 – HRR_6)]. CPET was used to evaluate cardiopulmonary function and exercise ability [peak metabolic equivalent ($METS_{peak}$), peak work ($Work_{peak}$), peak oxygen pulse (VO_2/HR_{peak}), peak oxygen uptake ($VO_{2,peak}$), anaerobic threshold (AT) and carbon dioxide ventilation equivalents slope ($VE/VCO_{2,slope}$)]. The 36-item short-form health survey (SF-36) was used to evaluate quality of life. Pittsburgh sleep quality index (PSQI) was used to evaluate sleep quality. **Results** Compared with that before treatment, SBP_{rest} , DBP_{peak} , HR_{rest} , HR_{peak} and $VE/VCO_{2,slope}$ in the observation group decreased significantly after treatment, HRR_1 – HRR_6 , $VO_{2,peak}$, AT, VO_2/HR_{peak} , $METS_{peak}$, $Work_{peak}$, SF-36 scores (physical functioning, role physical, bodily pain, general health, social functioning and mental health) increased significantly, PSQI score decreased significantly ($P < 0.05$). Compared with the control group, SBP_{rest} , DBP_{peak} , HR_{rest} and $VE/VCO_{2,slope}$ in the observation group were significantly lower after treatment, HRR_1 – HRR_6 , $VO_{2,peak}$, AT, VO_2/HR_{peak} , $METS_{peak}$, $Work_{peak}$, SF-36 scores (physical functioning, role physical, bodily pain, general health, social functioning and mental health) were significantly higher after treatment ($P < 0.05$), PSQI score decreased significantly ($P < 0.05$). **Conclusion** The cardiac exercise rehabilitation program based on CPET can improve cardiac autonomic function, cardiopulmonary function, exercise ability, sleep and quality of life of patients with stable coronary heart disease complicated with hypertension, which is recommended for clinical application.

KEY WORDS stable coronary heart disease; hypertension; cardiopulmonary exercise testing; cardiac exercise rehabilitation; autonomic function; cardiorespiratory exercise ability; quality of sleep; quality of life

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.02009