

· 临床研究 ·

改良高强度间歇运动在冠状动脉疾病患者心脏康复中的应用研究

邴季忻¹ 高永成² 马刚³

¹郑州大学体育学院, 郑州 450044; ²天津天狮学院, 天津 301700; ³中国人民武装警察部队后勤学院卫生勤务系, 天津 300309

通信作者: 马刚, Email: sdsgmg@qq.com

【摘要】 目的 观察改良高强度间歇运动(HIIT)对冠状动脉疾病(CAD)患者心脏康复的影响并评估其安全性及依从性,为优化CAD患者心脏康复方案提供参考资料。**方法** 采用随机数字表法将60例CAD患者分为运动组及对照组,每组30例。2组患者均给予常规心脏康复治疗(包括营养调整、心理疏导及低强度有氧运动等),运动组患者在此基础上辅以每周2次、共6周改良HIIT干预(以85%~90%最大心率强度持续蹬车30s后间歇30s为1个循环,每次重复训练15个循环)。于干预前、干预6周后检测2组患者心肺适能、血压水平、血管功能及身体成分等变化情况,同时评估该改良HIIT方案的安全性及患者依从性。**结果** 与干预前比较,干预后运动组患者在递增负荷运动试验中的最大摄氧量及最大功率均明显增加($P<0.05$),血压水平及身体成分指标均明显改善($P<0.05$),积极情绪评分明显升高($P<0.05$),消极情绪及焦虑评分明显下降($P<0.05$),患者对训练的愉悦感较显著。对照组经干预后上述各项指标均无显著变化($P>0.05$)。干预期间运动组训练计划完成率(97.4%)较对照组(88.7%)明显升高($P<0.05$),且2组患者均无严重不良反应或心血管相关事件发生。**结论** 改良HIIT是CAD患者心脏康复的有效手段,能显著降低心血管疾病风险,同时还具有较高的安全性及患者依从性。

【关键词】 高强度间歇运动; 冠状动脉疾病; 心脏康复; 血压; 身体成分; 安全性

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.01.008

High-intensity interval training in the rehabilitation of coronary artery disease

Zhi Jixin¹, Gao Yongcheng², Ma Gang³

¹Physical Education College of Zhengzhou University, Zhengzhou 450044, China; ²Tianjin Tianshi College, Tianjin 450046, China; ³Health Service, Logistics University of the Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300309, China

Corresponding author: Ma Gang, Email: sdsgmg@qq.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of a modified version of high-intensity interval training (HIIT) on the rehabilitation of persons with coronary artery disease (CAD), and to evaluate its safety and patient compliance. **Methods** Sixty CAD patients were randomly divided into an exercise group and a control group, each of 30. Both groups were given conventional cardiac rehabilitation (including controlled nutrition, psychological counseling and low-intensity aerobic exercise). The exercise group additionally completed a session of HIIT twice a week for 6 weeks. Each session involved 30s of cycling at 85–90% of the patient's maximum heart rate followed by 30s rest, repeated 15 times. The cardiorespiratory fitness, blood pressure, vascular function and body composition of both groups were documented before and after the 6 weeks. Compliance was recorded and the safety of the modified HIIT program was evaluated. **Results** A significant improvement was observed in the maximum oxygen uptake and workload in a graded exercise test among the exercise group. The average blood pressure and body composition improved significantly, as did the average positive mood score and enjoyment of training. There was a significant decrease in negative mood and anxiety scores among the exercise group. No significant differences were observed in the control group. Compliance with the HIIT training program of the exercise group (97.4%) was significantly better than the control group's compliance (88.7%) with its less strenuous regimen. There were no serious adverse reactions or cardiovascular events during the experiment. **Conclusion** Modified HIIT is an effective form of cardiac rehabilitation training for CAD. It is safe, and compliance is good.

【Key words】 High-intensity training; Interval training; Coronary artery disease; Cardiac rehabilitation;

Blood pressure; Body composition; Safety
DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.01.008

冠状动脉疾病(coronary artery disease,CAD)在全球的死亡率较高^[1],心脏康复是降低 CAD 患者发病率及死亡率的重要手段^[1]。传统中、低强度有氧运动能降低 CAD 患者死亡率并改善生活质量,其安全性及有效性已得到充分证实^[2]。然而 CAD 患者由于各种原因对心脏康复干预的接受率及依从性均较差,只有少数符合条件的患者参与心脏康复治疗,并且能完成既定训练计划的患者更少^[3]。因此,确定 CAD 患者在心脏康复干预中的运动负荷特征,将治疗的安全性、疗效、依从性、愉悦感等相结合,是亟待解决的关键问题之一。

近年来有大量文献报道,高强度间歇训练(high-intensity interval training,HIIT)对健康人群及慢性病人均具有益处^[4]。相关 Meta 分析指出,与中等强度持续运动(moderate intensity continuous training,MICT)相比,HIIT 对 CAD 患者最大摄氧量(maximal oxygen uptake,VO_{2max})的改善幅度更显著,有助于降低患者死亡率^[5],且安全性较好^[6]。当前大多数心脏康复干预均采用“传统 HIIT”模式^[6],然而该模式在心脏康复中似乎并非最佳,如有 2 项大规模、多中心研究均未发现 HIIT 较 MICT 对 CAD 患者具有更好疗效^[7-8],并且 HIIT 的安全性问题依然存在^[8]。基于此,本研究通过对传统 HIIT 模式进行改良(降低运动强度、缩短高强度运动时间等),并观察该改良方案对 CAD 患者的疗效及可行性(如安全性及依从性等)。

对象与方法

一、研究对象

本研究经郑州大学体育学院伦理委员会审批(2021-01-008)。选取 2020 年 3 月至 2021 年 12 月期间在郑州大学附属郑州中心医院心脏康复科治疗的 60 例 CAD 患者作为研究对象,患者纳入标准包括:①年龄 18~50 岁,窦性心律;②近期有 CAD 病史;③纽约心脏病协会(New York Heart Association,NYHA)心

功能分级为 I 级;④首次进行心脏康复干预;⑤左心室射血分数>40%;⑥已完成 2 周常规心脏康复治疗(包括呼吸训练、中低强度持续有氧运动以及低强度抗阻训练等);⑦VO_{2max}>15 ml/kg/min。患者排除标准包括:①初诊为心力衰竭;②安装有心脏起搏器;③患有瓣膜病且血液动力学明显异常;④患有严重慢性阻塞性肺疾病;⑤症状不稳定或术后心动过速;⑥伴有认知功能障碍;⑦处于妊娠期或哺乳期;⑧患有其它影响运动功能的疾病等。所有患者均对本研究知晓并签署知情同意书,并采用随机数字表法将其分为运动组及对照组,每组 30 例。2 组患者一般资料情况(详见表 1)经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义(P>0.05),具有可比性。

二、VO_{2max}测定

所有患者在心脏康复训练前、后均采用功率车测功仪进行症状限制性心肺运动试验并测定 VO_{2max}。具体检测方案如下:患者先进行 4 min 低强度(30 W)蹬车热身运动,随后将功率车起始负荷设定为 50 W,每分钟递增 20 W,蹬车频率设置为 50~60 rpm。训练时患者穿戴便携式心电监护仪(Phillips GS20 型,荷兰产)及气体代谢监测设备(Cortex II 型,德国产),主要监测指标包括心电、血压、心率(heart rate,HR)、摄氧量(oxygen uptake,VO₂)及二氧化碳呼出量(carbon dioxide exhalation,VCO₂)等,采用主观疲劳感觉量表(rating of perceived exertion,RPE)评定患者每级负荷的疲劳程度(即 RPE 值)。终止运动试验标准包括:①随着运动强度增加,患者摄氧量处于平台期;②呼吸交换率(respiratory exchange rate,RER=VCO₂/VO₂)超过 1.10;③RPE 值达到 17;④HR≥180 次/分钟;⑤患者主诉力竭。只要符合上述任意 3 个条件或出现心肌缺血等症状时即终止运动试验,此时患者摄氧量即为 VO_{2max},并同时记录训练过程中的最高心率(maximal heart rate,HR_{max})及最大功率(maximal workload,W_{max})。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	有心血管 疾病家族史 [例(%)]	高血压 [例(%)]	吸烟 [例(%)]	久坐 [例(%)]	Ⅱ型糖尿病 [例(%)]
		女	男						
运动组	30	19	11	43.5±6.2	21(70.0)	25(83.3)	5(16.7)	11(36.7)	4(13.3)
对照组	30	22	8	44.9±7.0	18(60.0)	22(73.3)	7(23.3)	14(46.7)	6(20.0)

三、干预方案

本研究 2 组患者均给予 8 周常规心脏康复干预,包括营养调整、戒烟、健康教育、心理疏导及低强度有氧运动(以 40%~50%HR_{max} 强度在电动跑台上慢跑,每周练习 2 次,每次持续 20 min)等。运动组患者在第 3 周辅以功率车 HIIT 干预,具体训练方案如下:患者先以 85%~90%HR_{max} 蹬车 30 s,随后(间歇期)以 15%W_{max} 继续运动 30 s 为 1 个循环,共完成 15 个循环。在每次训练前先进行 10 min 热身运动[包括 5 min 拉伸及 5 min 蹬车(功率为 30 W)练习],于训练结束时再进行 5 min 冷身运动(以 30 W 功率蹬车)。在 HIIT 训练过程中,患者需全程穿戴心电监护仪(Phillips GS20 型,荷兰产)及心率遥测设备(Polar S800 型,芬兰产)实时监测其生理反应和 HR,每次总运动时间为 30 min,每周训练 2 次,共持续训练 6 周。

四、安全性评价

记录患者在 HIIT 训练期间或训练后 4 h 内发生的与运动相关的不良事件。不良事件根据病因可分为心血管事件及非心血管事件,按严重程度可分为轻度(症状稳定,无需临床治疗即可缓解)、中度(症状不稳定,需介入临床治疗)及重度(症状或体征持续存在,需立即进行紧急治疗)。

五、患者训练负荷特征及依从性、愉悦感、情绪变化评定

患者训练负荷特征主要包括完成训练的次数、每次高强度训练时、间歇期以及整个训练期间的平均 HR、最大心率百分比(percentage of maximal heart rate,%HR_{max})和 RPE 值等。通过计算患者的训练计划完成率以反映其训练依从性,即实际完成训练次数占运动处方计划次数的百分比;采用运动乐趣量表(exercise enjoyment scale,EES)对患者每次训练时的愉悦感进行评分(选用 Likert 7 级主观评分标准),从 1 到 7 表示愉悦程度逐渐增强^[9];采用感受量表(feeling scale,FS)评估运动对患者情绪变化的影响,分值范围从-5 到+5,其中-5 表示非常糟糕,+5 表示非常好^[10]。

六、疗效评价标准

于训练干预前、干预后对患者心肺适能、身体成分指标、血压、血管功能以及情感状态等进行评估。采用功率车测功仪进行症状限制性心肺运动试验以测定患者心肺适能情况,具体分析指标包括 VO_{2max}、HR_{max}、W_{max} 及 RPE_{max}。利用双能 X 线吸收仪(DXA 型,美国产)检测患者身体成分情况,具体指标包括脂肪重量、体脂百分比、躯干脂肪质量、内脏脂肪质量、腿部脂肪质量、手臂脂肪质量及瘦体重等。使用桡动脉血压计检测患者(保持仰卧位)血压及血管功能,其中血压参

数包括肱动脉收缩压及舒张压、主动脉收缩压及舒张压,血管功能参数包括颈-股动脉脉搏波速度(carotid to femoral pulse wave velocity,PWVcf)和增强指数(augmentation index,AIx)。采用抑郁-焦虑-压力量表(depression anxiety stress scale,DASS)和积极消极情绪量表(positive and negative affect schedule,PANAS)评估患者情感状态,其中 DASS 量表选用 Likert 4 级主观评分标准,得分越高表示患者抑郁、焦虑及压力程度越严重^[11],PANAS 量表选用 Likert 5 级主观评分标准,得分越高表示患者消极或积极情绪越显著^[12]。

七、统计学方法

本研究采用 SPSS 25.0 版统计学软件包进行数据分析,应用 Shapiro-Wilk 检验对连续型变量进行正态性评估,符合正态分布的数据以($\bar{x} \pm s$)表示,百分构成比用百分率(%)表示。组间连续型变量比较采用独立样本 *t* 检验,百分率比较采用卡方检验;组内干预前、后计量资料比较采用配对样本 *t* 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、2 组患者训练负荷特征、依从性、愉悦感、情绪变化及安全性比较

训练期间对照组平均心率为(45 ± 3)%HR_{max},平均 RPE 为(9.2 ± 0.8);运动组在高强度训练时其平均心率为(87 ± 6)%HR_{max},平均 RPE 为(14.3 ± 1.1),间歇期平均心率为(75 ± 5)%HR_{max},平均 RPE 为(12.1 ± 0.9),整个训练期间平均心率为(81 ± 6)%HR_{max},平均 RPE 为(13.2 ± 1.2)。

对照组、运动组分别有 2 例(6.7%)、1 例(3.3%)患者失访。在 6 周运动干预期间,对照组、运动组训练计划完成率分别为 88.7% [$298 / (6 \times 2 \times 28)$] 和 97.4% [$339 / (6 \times 2 \times 29)$],组间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

运动组训练时的 EES 评分[(5.7 ± 0.8) 分]明显高于对照组[(3.4 ± 0.6) 分]($P < 0.05$);运动组干预后其 FS 评分[(3.6 ± 0.6) 分]较干预前[(2.3 ± 0.4) 分]明显升高($P < 0.05$),对照组干预后其 FS 评分[(1.9 ± 0.7) 分]较干预前[(2.1 ± 0.5) 分]无显著变化($P > 0.05$)。

2 组患者在运动期间及运动后仅出现轻微肌肉酸痛、气喘、咳嗽等症状,可继续运动或休息后上述症状完全缓解,无严重不良反应事件或心血管相关事件发生。

二、干预前、后 2 组患者心肺适能情况比较

干预前 2 组患者心肺适能情况组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。干预后运动组 VO_{2max} 及 W_{max} 均较干预前明显增加($P < 0.05$),HR_{max} 及 RPE_{max} 均无显著变

化($P>0.05$),对照组上述各指标均较干预前无显著变化($P>0.05$);通过进一步组间比较发现,干预后运动组 VO_{2max} 及 W_{max} 均显著高于对照组水平($P<0.05$),具体数据见表 2。

三、干预前、后 2 组患者血压及血管功能比较

干预前 2 组患者血压及血管功能组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。干预后运动组肱动脉、主动脉收缩压及舒张压均较干预前明显下降($P<0.05$),PWVcf 及 AIx 均无显著变化($P>0.05$),对照组上述各项指标均较干预前无明显变化($P>0.05$);通过进一步组间比较发现,干预后运动组肱动脉、主动脉收缩压及舒张压

均显著低于对照组水平($P<0.05$),具体数据见表 3。

四、干预前、后 2 组患者身体成分指标比较

干预前 2 组患者各项身体成分指标组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。干预后运动组患者脂肪重量、体脂百分比、躯干脂肪质量、内脏脂肪质量及腿部脂肪质量均较干预前明显降低($P<0.05$),体重、手臂脂肪质量及瘦体重均无显著变化($P>0.05$),对照组上述各项指标均较干预前无显著变化($P>0.05$);通过进一步组间比较发现,干预后运动组患者脂肪重量及体脂百分比均显著低于对照组水平($P<0.05$),具体数据见表 4。

表 2 干预前、后 2 组患者心肺适能情况比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	HR_{max} ($b \cdot min^{-1}$)	W_{max} (watts)	RPE_{max}
运动组					
干预前	30	27.5±3.6	159.2±8.3	153.7±16.9	16.1±2.2
干预后	29	30.8±4.0 ^{ab}	161.0±9.2	168.3±20.8 ^{ab}	16.5±1.9
对照组					
干预前	30	25.6±3.0	156.6±10.8	150.8±21.2	16.4±2.7
干预后	28	25.1±3.9	157.1±9.8	152.9±18.7	16.2±2.0

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组干预后比较,^b $P<0.05$

表 3 干预前、后 2 组患者血压及血管功能比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	肱动脉收缩压 (mmHg)	肱动脉舒张压 (mmHg)	主动脉收缩压 (mmHg)	主动脉舒张压 (mmHg)	PWVcf ($m \cdot s^{-1}$)	AIx(%)
运动组							
干预前	30	133.5±10.7	81.2±6.6	122.8±11.7	82.6±7.0	6.5±1.2	25.5±4.3
干预后	29	127.6±11.3 ^{ab}	78.3±5.0 ^{ab}	115.3±10.9 ^{ab}	78.3±6.1 ^{ab}	6.4±1.0	24.7±5.0
对照组							
干预前	30	135.9±12.0	83.9±7.1	125.6±12.2	84.5±6.9	6.6±1.4	22.8±5.7
干预后	28	133.4±10.8	83.2±6.9	126.1±9.8	83.1±7.4	6.5±1.1	23.1±4.7

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

表 4 干预前、后 2 组患者各项身体成分指标结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	体重(kg)	脂肪重量(kg)	体脂百分比(%)	躯干脂肪质量(kg)
运动组					
干预前	30	75.7±6.6	19.1±3.6	25.1±3.7	10.3±2.3
干预后	29	75.0±7.2	18.3±4.3 ^{ab}	23.8±3.9 ^{ab}	9.8±2.0 ^a
对照组					
干预前	30	72.3±7.6	18.7±3.0	25.7±4.1	9.5±2.6
干预后	28	74.3±8.1	19.0±4.4	25.4±4.3	9.7±1.9

组别	例数	内脏脂肪质量(kg)	腿部脂肪质量(kg)	手臂脂肪质量(kg)	瘦体重(kg)
运动组					
干预前	30	1.1±0.2	4.7±1.0	2.1±0.4	56.5±8.5
干预后	29	1.0±0.2 ^a	4.6±0.9 ^a	2.1±0.5	56.7±9.0
对照组					
干预前	30	0.9±0.1	4.5±1.2	2.2±0.3	53.6±7.9
干预后	28	0.9±0.2	4.6±1.0	2.2±0.4	55.3±9.6

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

五、干预前、后 2 组患者情感状态比较

干预前 2 组患者情感状态各指标结果组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。干预后运动组患者 PANAS 积极情绪评分明显提高 ($P<0.05$)，PANAS 消极情绪及 DASS 焦虑评分均显著降低 ($P<0.05$)，DASS 抑郁及 DASS 压力评分均无显著变化 ($P>0.05$)，对照组上述各项指标结果均较干预前无显著变化 ($P>0.05$)；通过进一步组间比较发现，干预后运动组 PANAS 积极情绪评分明显高于对照组水平 ($P<0.05$)，PANAS 消极情绪及 DASS 焦虑评分均显著低于对照组水平 ($P<0.05$)，具体数据见表 5。

讨 论

当前在制订 CAD 患者运动康复方案时应优先考虑疗效、依从性及安全性等方面。传统心脏康复训练主要包括中低强度有氧运动，虽然安全性较高，但并不能最大限度提高患者疗效及依从性^[3]。有多项证据显示^[13-14]，HIIT 具有显著的时效性，且 HIIT 带来的愉悦感明显优于传统有氧运动，而积极的情感反应对受试者运动动机形成及长期坚持运动（依从性）具有重要作用。目前针对 HIIT 安全性的相关研究表明^[6]，CAD 患者在严格监督（包括运动干预实施前的风险评估）下进行 HIIT 训练是安全有效的，但关于 CAD 患者心脏康复的最佳 HIIT 方案仍未确定。虽然有证据显示高负荷量 HIIT（指高强度运动持续时间 >1 min）的疗效明显优于传统有氧运动^[6]，但也有学者认为高负荷量 HIIT 并不能给患者提供最佳的愉悦感及安全性^[7-8]。本研究参照 Giraud 等^[15]推荐方案对传统“4×4 min 模式（即高强度运动 4 min，重复 4 个循环）”进行改良并制订了“15×30 s（即高强度运动 30 s，重复 15 个循环）”方案，该方案通过降低运动强度并缩短高强度运动持续时间，从而优先满足患者的安全性、愉悦感及依从性需求，但以牺牲一定程度的疗效为代价，相较于传统运动模式可称之为“低负荷量”HIIT。

有多项大规模流行病学研究指出，VO_{2max}（表征心肺适能的金指标）提高 1 梅脱（即代谢当量，metabolic

equivalent，MET）提示受试者全因死亡率及心血管疾病相关死亡率能降低 8%~17%^[16-17]。本研究运动组患者经干预后其 VO_{2max} 平均提高 12%，接近于 1 MET 水平；而运动训练引起 VO_{2max} 增加也是心脏功能改善的重要标志，尤其是在训练初期阶段，同时患者由于血浆容量及红细胞容积改善致使静脉回流增加，能进一步提高每搏输出量，从而缓解 CAD 患者症状^[17]。新版高血压防治指南将高血压定义为 $\geq 130/80$ mmHg^[18]，本研究多数患者在干预前均至少服用一种降压药物，然而在基线评估时仍有 78.3% 的患者达到高血压诊断标准。经 6 周干预后，发现运动组患者外周（如肱动脉）及中央（如主动脉）血压均明显改善（所有血压指标均降低 3%~6%），仅有 11 例患者（37.9%）符合高血压诊断标准（明显优于对照组），提示运动组患者心血管疾病风险显著降低。另外本研究 2 组患者经干预后其血管功能均未发生显著变化，可能与干预时间较短有关。

HIIT 对 CAD 患者身体成分同样具有积极影响。虽然运动组患者经干预后其体重变化甚微，但脂肪含量出现一定程度下降（平均减少约 0.8 kg），而瘦体重的增加几乎可忽略不计（平均增加约 0.2 kg）；通过进一步分析发现，患者脂肪减少主要来源于中心区域（如躯干、腿部、手臂脂肪分别减少 5%、2% 及 1%）及内脏脂肪（约减少 10%）。有充分证据表明，在体内堆积的内脏脂肪能通过释放大量脂肪因子诱发全身慢性炎症反应，从而导致代谢紊乱（如糖耐量受损、高脂血症、高血压等）并增加心血管疾病风险，可见 HIIT 干预有利于减少 CAD 患者心血管疾病危险因素^[19]。上述结果均表明本研究采用的改良 HIIT 方案能在短期内（6 周内）诱导 CAD 患者心肺适能、身体成分及血压水平发生显著改善。目前美国运动医学学会（American College of Sports Medicine，ACSM）指出，为了保持心血管系统健康建议每周至少进行 150 min 中等强度运动或至少 75 min 剧烈运动^[20]。本研究运动组患者的运动量（每周 15 min 剧烈运动+40 min 中等强度运动）明显低于 ACSM 推荐的最低运动量标准，但仍能诱导心血管系统产生适应性改变，提示该改良 HIIT 方案

表 5 干预前、后 2 组患者情感状态比较（分， $\bar{x}\pm s$ ）

组别	例数	PANAS 积极 情绪评分	PANAS 消极 情绪评分	DASS 抑郁评分	DASS 焦虑评分	DASS 压力评分
运动组						
干预前	30	33.6±5.7	16.7±2.9	3.8±0.9	3.5±0.7	6.5±1.4
干预后	29	39.2±4.6 ^{ab}	12.0±2.5 ^{ab}	3.6±0.6	2.0±0.6 ^{ab}	6.1±1.2
对照组						
干预前	30	34.2±5.0	17.3±2.8	3.7±1.0	3.4±0.8	6.8±1.5
干预后	28	33.9±4.1	17.1±3.2	3.7±1.2	3.3±0.7	6.6±1.8

注：与组内干预前比较，^a $P<0.05$ ；与对照组相同时间点比较，^b $P<0.05$

具有较好的成本-效益比,有助于患者长期坚持训练,从而获得理想康复疗效。

根据本研究运动组患者较高的愉悦感评分、训练后情绪的积极变化、较低的总体失访率及较高的训练计划完成率,可推断该改良 HIIT 方案具有可持续性,入选 CAD 患者经训练后其情感状态的积极转变(如积极情绪评分增加、消极情绪及焦虑评分减少)也有助于提升患者对长期训练计划的依从性。此外通过分析患者训练负荷特征发现,与对照组比较,运动组患者在达到目标心率时其 RPE 值相对较低(平均 RPE 值为 14.3),提示入选 CAD 患者在进行较低负荷 HIIT 训练时并无过度疲劳或不快感;加之训练期间及训练后未发生与运动相关的心血管不良事件,进一步表明本研究制订的改良 HIIT 方案对 CAD 患者具有较高的安全性、依从性及可行性。

综上所述,本研究制订的改良 HIIT 方案能显著降低 CAD 患者心血管疾病风险,同时还具有较高的安全性和依从性,是促使 CAD 患者积极进行心脏康复干预的有效手段。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括样本量偏小、运动方案及疗效指标有待优化、未进行长期随访等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Malakar AK, Choudhury D, Halder B, et al. A review on coronary artery disease, its risk factors, and therapeutics[J]. J Cell Physiol, 2019, 234 (10): 16812-16823. DOI: 10.1002/jcp.28350.
- [2] Patti A, Merlo L, Ambrosetti M, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation programs in heart failure patients[J]. Heart Fail Clin, 2021, 17 (2): 263-271. DOI: 10.1016/j.hfc.2021.01.007.
- [3] Ruano RA, Pena GC, Abu AE, et al. Participation and adherence to cardiac rehabilitation programs. A systematic review[J]. Int J Cardiol, 2016, 223: 436-443. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.08.120.
- [4] 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.
- [5] Hannan AL, Hing W, Simas V, et al. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis[J]. Open Access J Sports Med, 2018, 9: 1-17. DOI: 10.2147/OAJSM.S150596.
- [6] Weweg MA, Ahn D, Yu J, et al. High-intensity interval training for patients with cardiovascular disease-is it safe? A systematic review[J]. J Am Heart Assoc, 2018, 7 (21): e009305. DOI: 10.1161/JAHA.118.009305.
- [7] Conraads VM, Pattyn N, De Maeyer C, et al. Aerobic interval training and continuous training equally improve aerobic exercise capacity in patients with coronary artery disease: the SAINTEX-CAD study[J]. Int J Cardiol, 2015, 179: 203-210. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.155.
- [8] Ellingsen O, 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/CIRCULATIONA-

HA.116.022924.

- [9] Chung PK, Leung KM. Psychometric Properties of eight-item Physical Activity Enjoyment Scale in a Chinese population[J]. J Aging Phys Act, 2018; 1-6. DOI: 10.1123/japa.2017-0212.
- [10] Teraoka K, Suzuki M, Ueda Y, et al. Customer satisfaction analysis of the healthy elderly to investigate the association among happiness, health status, and well-being using the Happiness & Health Feeling Scale[J]. J Phys Ther Sci, 2019, 31 (10): 751-754. DOI: 10.1589/jpts.31.751.
- [11] Wang K, Shi HS, Geng FL, et al. Cross-cultural validation of the Depression Anxiety Stress Scale-21 in China[J]. Psychol Assess, 2016, 28 (5): e88-100. DOI: 10.1037/pas0000207.
- [12] Crawford JR, Henry JD. The positive and negative affect schedule (PANAS): construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample[J]. Br J Clin Psychol, 2004, 43 (3): 245-265. DOI: 10.1348/0144665031752934.
- [13] Stavrinou PS, Bogdanis GC, Giannaki CD, et al. Effects of high-intensity interval training frequency on perceptual responses and future physical activity participation[J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2019, 44 (9): 952-957. DOI: 10.1139/apnm-2018-0707.
- [14] Bartlett JD, Close GL, MacLaren DP, et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence[J]. J Sports Sci, 2011, 29 (6): 547-553. DOI: 10.1080/02640414.2010.545427.
- [15] Guiraud T, Juneau M, Nigam A, et al. Optimization of high intensity interval exercise in coronary heart disease[J]. Eur J Appl Physiol, 2010, 108 (4): 733-740. DOI: 10.1007/s00421-00009-1287-z.
- [16] Davidson T, Vainshelboim B, Kokkinos P, et al. Cardiorespiratory fitness versus physical activity as predictors of all-cause mortality in men[J]. Am Heart J, 2018, 196: 156-162. DOI: 10.1016/j.ahj.2017.08.022.
- [17] Ross R, Blair SN, Arena R, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American Heart Association[J]. Circulation, 2016, 134 (24): e653-e699. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000461.
- [18] Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APHA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on clinical practice guidelines[J]. Hypertension, 2018, 71 (6): e13-e115. DOI: 10.1161/HYP.0000000000000065.
- [19] Piché ME, Poirier P, Lemieux I, et al. Overview of epidemiology and contribution of obesity and body fat distribution to cardiovascular disease: An update[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61 (2): 103-113. DOI: 10.1016/j.pcad.2018.06.004.
- [20] Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise[J]. Med Sci Sports Exerc, 2011, 43 (7): 1334-1359. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213febf.

(修回日期:2022-11-12)

(本文编辑:易 浩)