

12周运动康复对冠心病患者心脏变时性功能和心率恢复值的影响*

刘博森¹ 刘 洵^{1,3} 王一春¹ 谭思洁¹ 石晓明²

摘要

目的:探讨12周运动康复对冠心病患者心脏变时性功能和心率恢复值(HRR_i)的影响。

方法:对30例男性冠心病患者进行递增负荷运动试验,根据实验结果将其分为两组,变时性功能正常组(G1, n=19, HRR%≥0.8);变时性功能不全组(G2, n=11, HRR% < 0.8),并测定受试者运动前、运动中和运动后心率(HR)、摄氧量(VO₂)、ST段下降数值和血压。12周运动康复后再次进行递增负荷运动实验,对患者的运动能力和上述指标进行测定分析。

结果:与康复程序前相比,12周康复程序后,G1和G2组的VO_{2peak}、HRR_i均有显著增加(G1, 8%, $P < 0.01$; G2, 4%, $P < 0.05$)、(G1, 18.6±3.3—23.8±4.5, $P < 0.01$; G2, 12.8±4.2—13.7±3.5, $P < 0.05$),而G1比G2提高的更加明显。ST段降低显著改善(G1, -0.7±0.5— -0.2±0.5, $P < 0.05$; G2, -0.9±0.5— -0.3±0.6, $P < 0.05$)。HRR%有显著增加(G1, 84.2±2.5—88.9±6.1, $P < 0.05$; G2, 60.2±8.3—75.8±3.8, $P < 0.05$)。

结论:12周运动康复可以改善冠心病患者(包括变时性功能正常者和变时性功能不全者)的运动能力,提高冠心病患者运动时自主神经的调节功能,上述积极作用对变时性功能正常者的体现则更为明显。

关键词 冠心病;运动心脏康复;心脏变时性功能;心率恢复;自主神经功能

中图分类号:R541.4 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-07-0765-05

Effects of 12 weeks exercise-based rehabilitation on chronotropic response and heart rate recovery in patients with coronary heart disease/LIU Bomiao, LIU Xun, WANG Yichun, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(7): 765—769

Abstract

Objective: To study the effects of 12 weeks exercise-based rehabilitation on chronotropic response and heart rate recovery(HRR_i) in of coronary heart disease(CHD) patients.

Method: Thirty male CHD patients performed a graded exercise test on treadmill. Then, according to the results of exercise test, they were categorized into two groups: chronotropic competence (G1, n=19, HRR%≥0.8), and chronotropic incompetence (G2, n=11, HRR% < 0.8). Heart rate, VO₂, ST level and blood pressure were measured before, during and after the exercise test. Each subject was re-tested using the same protocol after 12 week exercise-based cardiac rehabilitation program.

Result: After the completion of rehabilitation program there was significant increase of VO_{2peak} and HRR_i for the patients by 8% ($P < 0.01$) in group G1 and by 4%, ($P < 0.05$) in group G2, (G1, 18.6±3.3—23.8±4.5, $P < 0.01$; G2, 12.8±4.2—13.7±3.5, $P < 0.05$). ST-segment changes improved significantly (G1, -0.7±0.5— -0.2±0.5, $P < 0.05$; G2, -0.9±0.5— -0.3±0.6, $P < 0.05$). Both group G1 and group G2 had significant increases in

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.07.010

*基金项目:天津市科技支撑计划项目(14ZCDGSF00040)

1 天津体育学院健康与运动科学系,天津,300381; 2 北京军区天津疗养院; 3 通讯作者

作者简介:刘博森,女,硕士研究生; 收稿日期:2015-03-12

HRR% (G1, 84.2 ± 2.5 — 88.9 ± 6.1 , $P < 0.05$; G2, 60.2 ± 8.3 — 75.8 ± 3.8 , $P < 0.05$).

Conclusion: Twelve weeks exercise-based rehabilitation can improve exercise capacity and modulating function of cardiac autonomic nervous in coronary heart disease patients both with and without chronotropic competence. The positive role of chronotropic function is more obvious in patients without chronotropic incompetence.

Author's address Department of Health and Movement Science, Tianjin University of Sport, Tianjin, 300381

Key word coronary heart disease; exercise-based cardiac rehabilitation; heart chronotropic response; heart rate recovery; autonomic nervous function

目前,冠心病(coronary heart disease, CHD)仍是我国的社会性流行病,并造成巨大的社会、医疗和经济负担。由于现代治疗技术的快速发展,有效的药物治疗和血管再形成介入术的应用,使得冠心病患者死亡率有所下降,但冠心病患者仍面临心绞痛、心力衰竭、心肌梗死和心源性死亡等问题^[1],这大大降低了冠心病患者的生存质量。因此,控制和改善冠心病患者的危险因素(如吸烟、高血压、糖尿病等)是改善其预后的重要方面。目前,针对心血管系统的运动疗法已成为冠心病患者的常规治疗手段之一,有研究表明,运动训练不仅可以提高患者的心脏功能,改善冠脉循环^[2],降低再发生冠心病的风险,还可以提高自主神经系统功能^[3]。

当人体运动或者受到各种生理或病理因素作用时,心率可以随着机体代谢需要的增加而适当增加的功能称为变时性功能(chronotropic response),当心率不能随着机体代谢需要的增加而增加并达到一定程度或者不能满足机体代谢需要时称为心脏变时性功能不全(chronotropic incompetence, CI),通常定义为不能达到心率储备百分数的80%^[4]。运动中的变时性反应和峰值运动后第1分钟心率恢复值(heart rate recovery 1, HRR₁)均可反映心脏自主神经系统控制功能。变时性功能不全在冠心病患者中很常见,它是再发生心血管事件和全因死亡率的独立预测因素^[5]。然而,在国内变时性功能不全的重要性未得到充分认识,在临床实践中经常被忽视,并且运动干预对冠心病患者变时性功能和HRR₁的影响目前尚无定论^[23],国外的情况也是如此^[24]。

本研究对30例冠心病患者实施了12周运动康复程序,并对其效果进行了观察,旨在探讨康复运动对冠心病患者心脏变时功能和HRR₁的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象

30例男性冠心病患者(由天津市三甲医院确诊),均处于冠心病的稳定期。根据递增负荷运动实验结果受试者被分为两组。变时性功能正常组[G1, n=19,年龄为(57.9 ± 6.9)岁]:峰值心率达到心率储备的80%, $HRR\% \geq 0.8$;变时性功能不全组[G2, n=11,年龄为(61.9 ± 7.6)岁]:峰值心率未能达到心率储备的80%, $HRR\% < 0.8$ 。

变时性功能的定义为峰值运动时受试者所达到的心率储备百分数(HRR%),即[(峰值心率-静息心率)/(年龄预测心率-静息心率)] $\times 100\%$,其正常值范围为0.8—1.3,当 < 0.8 时为变时性功能不全, > 1.3 时为变时性功能过度。HRR₁为峰值心率与运动后第1分钟心率的差值。

所有受试者均被详细告知本实验的研究目的、内容、程序后,自愿签字同意参加本实验。

1.2 使用仪器

德国产Cosmos Pulsar 4.0活动跑台、美国Mortara X-12心电图仪、德国产Cortex Biophysik Metamax II气体分析仪、芬兰产RS800CX Polar表及胸带。

1.3 实验方法

所有受试者根据改良Bruce方案在活动跑台上进行递增负荷运动实验,运动实验开始前测量基础心率(HR_{rest})和血压(BP_{rest}),并检查12导联心电图。

递增负荷运动过程中,在每级运动结束前1分钟测量并记录血压及主观用力感觉(rating of perceived exertion, RPE),系统在实验过程中每10s收集并自动分析、打印各种生理指标和气体代谢指标如摄氧量(VO_2)、心率(HR)、ST段的变化和运动时间。运动实验结束后继续记录9min受试者恢复期的心率、血压、心电图等。

递增负荷运动试验的终止标准依《美国大学运

动医学指南》,其中包括下列症状:出现不正常的心电图(ST段下降 $\geq 1\text{mm}$)、出现不正常血压($\text{SBP} \geq 200\text{mmHg}$)、达到个人年龄预测最大心率(220-年龄)、RPE达到17、呼吸商 > 1.15 、患者要求停止等。如果没有终止试验的指征,在受试者同意继续增加运动强度的前提下,将负荷加大至下一级。如出现终止试验的指征,及时终止试验,并密切观察。

1.4 运动康复程序

根据测试结果为冠心病制定适宜的运动处方,据此他们在康复中心进行12周的运动心脏康复,运动形式包括等张运动、抗阻训练,如太极拳、蹬踏步机、走跑步机、拉弹力带等。运动频率为每周运动3次,运动时间为每次60min(包括热身5min,整理运动5min)。康复程序结束后所有受试者再次依照改良Bruce跑台方案进行递增负荷测试,测试指标和实验控制均与康复前的实验相同。

1.5 统计学分析

结果采用平均数 \pm 标准差来表示,数据处理采用SPSS 12.0计算平均数、标准差以及康复前后组间的显著性 t 检验。

2 结果

30例冠心病患者均完成为期12周的康复程序。康复前后受试者安静时,各指标组内和组间测量结果比较均无显著性差异($P > 0.05$)。见表1。

与康复前相比,12周康复程序后,G1和G2组的 VO_2peak 、 HRR_1 均有显著增加(G1,8%, $P < 0.01$; G2,4%, $P < 0.05$),($G1, 18.6 \pm 3.3 - 23.8 \pm 4.5, P < 0.01$; $G2, 12.8 \pm 4.2 - 13.7 \pm 3.5, P < 0.05$),且G1组改善作用更显著。ST段降低显著改善($G1, -0.7 \pm 0.5 - -0.2 \pm 0.5, P < 0.05$; $G2, -0.9 \pm 0.5 - -0.3 \pm 0.6, P < 0.05$), $\text{HRR}\%$ 也有显著增加($G1, 84.2 \pm 2.5 - 88.9 \pm 6.1, P < 0.05$; $G2, 60.2 \pm 8.3 - 75.8 \pm 3.8, P < 0.05$)。见表2。

12周康复程序前,运动实验中G2的 VO_2peak 、 HRpeak 、 SBPpeak 和 HRR_1 显著低于G1($P < 0.05$)、ST段降低显著大于G1($P < 0.01$)。康复训练后 VO_2peak G1与G2差异显著性下降($P < 0.05$),ST段和 SBPpeak 差异显著性消失。

表1 康复训练前后冠心病患者安静时各指标测试结果 ($\bar{x} \pm s$)

指标	G1	G2
康复训练前		
HR_{rest} (bpm)	70.8 \pm 5.4	72.0 \pm 6.9
$\text{VO}_{2\text{rest}}$ (ml/kg·min)	3.8 \pm 0.4	3.9 \pm 0.2
SBP_{rest} (mmHg)	128.2 \pm 11.2	128.7 \pm 9.4
BMI (kg/m ²)	25.3 \pm 3.0	26.8 \pm 4.1
ST(mm)	0.1 \pm 0.3	0.1 \pm 0.4
康复训练后		
HR_{rest} (bpm)	71.6 \pm 6.8	72.9 \pm 7.6
$\text{VO}_{2\text{rest}}$ (ml/kg·min)	3.7 \pm 0.5	3.8 \pm 0.6
SBP_{rest} (mmHg)	127.3 \pm 11.2	129.6 \pm 11.5
BMI (kg/m ²)	24.8 \pm 4.0	26.1 \pm 3.7
ST(mm)	0.1 \pm 0.2	0.1 \pm 0.3

表2 康复训练前后冠心病患者递增负荷运动中各指标测试结果 ($\bar{x} \pm s$)

指标	G1	G2
康复训练前		
VO_2peak (ml/kg·min)	26.3 \pm 6.8	24.2 \pm 5.9 ^②
HRpeak (beats/min)	147.6 \pm 5.0	124.2 \pm 8.0 ^①
$\text{HRR}\%$	84.2 \pm 2.5	60.2 \pm 8.3
HRR_1 (bpm)	18.6 \pm 3.3	12.8 \pm 4.2 ^①
SBPpeak (mmHg)	191.1 \pm 19.2	184.0 \pm 18.7 ^①
ST(mm)	-0.7 \pm 0.5	-0.9 \pm 0.5 ^②
康复训练后		
VO_2peak (ml/kg·min)	28.3 \pm 7.2 ^③	25.9 \pm 5.2 ^{④⑥}
HRpeak (beats/min)	157.9 \pm 8.7 ^③	129.9 \pm 4.5 ^{④⑤}
$\text{HRR}\%$	88.9 \pm 6.1 ^⑤	75.8 \pm 3.8 ^⑤
HRR_1 (bpm)	23.8 \pm 4.5 ^③	13.7 \pm 3.5 ^{④⑤}
SBPpeak (mmHg)	192.7 \pm 20.4	187.9 \pm 19.6
ST(mm)	-0.2 \pm 0.5 ^⑤	-0.3 \pm 0.6 ^⑤

训练前G1与G2比较:① $P < 0.05$;训练前G1与G2比较:② $P < 0.01$;训练后同组间比较:③ $P < 0.01$;训练后G1与G2比较:④ $P < 0.05$;训练后同组间比较:⑤ $P < 0.05$;训练后G1与G2比较:⑥ $P < 0.01$

3 讨论

回顾近期和以往研究发现,心肌梗死发生后,运动中变时性功能受损和峰值运动后心率下降延迟,提示患者预后不良^[10,18]。在健康人群中,心脏变时性反映了自主神经系统中交感和副交感神经支配的动态平衡,而运动达峰值心率后1min心率的恢复值主要反映副交感神经的活性^[11]。变时性功能和 HRR_1 是心脏的重要功能,然而,在临床实践中他们的重要性还未得到充分认识。

大量研究表明^[6],通过适宜的康复训练,可增加冠心病患者的血液循环,改善心肌缺氧状态,降低心血管疾病的危险因素,增加药物治疗效果。然而,在伴有CI的冠心病患者中,康复训练是否能对他们产生良好效果目前还少有报道,因此,本研究根据变时

性功能将受试者分为两组,通过康复训练,对患者的受益进行比较。

本实验中我们发现,康复训练前,与变时性功能正常组(G1)相比,变时性功能不全组(G2)运动后心率恢复(HRR₁)减慢,这表明G2组患者心脏自主神经系统显著受损。通过12周运动康复的干预,G1和G2的变时性功能和HRR₁都有显著上升,这与Dimopoulos^[3]的实验结果相符,运动训练可以增强患者的HRR₁,改善自主神经的功能。患者能更快恢复至运动前心率水平,说明他们的异常传入刺激有所减少,自主神经系统的控制作用有所增强^[13],这可能与运动训练增强了压力感受性反射^[19]和心率变异性的敏感性^[20],并降低交感神经活动和血浆中儿茶酚胺、血管紧张素Ⅱ、抗利尿激素和脑钠肽的水平^[12]有关。这种作用在不伴有CI的患者中更加明显,说明心脏负荷基础能力强的患者更易从康复训练中受益。

本研究中患者变时性功能和HRR₁的改善可能还与康复训练增强了运动能力有关。实验结果显示康复训练提高了G1和G2患者的VO_{2peak},这表明训练产生了肌肉和心血管适应,提高了心肺功能和运动能力,改善了机体代谢,外周肌群的血供需求量减少,心脏负荷减轻,心肌耗氧量相对降低,从而最大化了VO_{2peak}^[14]。运动训练改变冠心病患者运动能力的机制一般认为是康复程序后出现了中心效应和外周效应^[15]。中心效应是指运动训练对心脏的直接作用,主要为心脏侧支循环的形成,冠状动脉供血量提高,心肌收缩力增强。外周效应是指冠心病康复时心脏之外的组织和器官发生的适应性改变,主要包括肌肉的适应性改善;运动肌氧利用能力和代谢能力改善;交感神经兴奋性降低,血液儿茶酚胺含量降低;肌肉收缩效率提高,能量消耗相对减少;最大运动能力提高。

有研究表明^[21],健康人在最大有氧运动时,VO₂大约增加4倍。这是靠HR增加2.2倍,搏出量增加0.3倍,动静脉氧差增加1.5倍达到的。因此,心率的增加是完成持续性有氧运动的最强促成因素^[22]。变时性功能不全使得G2患者的HRpeak较G1低,这是心肺机能的损失相对较为严重所致,这将减弱他们在康复程序中的训练效果。我们的研究发现康复前

G1的VO₂从安静到峰值增加的幅度较G2大,并且康复后G1的VO_{2peak}改善的程度也较G2大。原因为运动中VO_{2peak}的增加依靠增加心输出量和动静脉氧差^[7],而心输出量的增加依靠运动期间交感神经的激活^[8]。在冠心病伴CI的患者中,心迷走神经调节敏感性增高,其末梢释放乙酰胆碱,与心肌细胞膜上的M胆碱能受体结合,导致心率减慢、房室传导减慢、心肌收缩力减弱,以致心输出量减少^[9]。从而导致运动中G2的VO_{2peak}较G1低,康复后增加幅度不及G1明显。

ST段的下降是判断心肌缺血的重要标志,当冠脉阻塞造成缺血以致心肌处于缺氧状态时ST段下降。本研究结果显示,12周康复运动后,患者ST段压低推迟,最大ST段压低程度减小,运动诱发缺血状况得到改善,这可能是心脏变时性功能和HRR₁改善的原因之一。Anjos-Andrade等^[16],在2000—2008年期间研究了61例心肌缺血患者,结果显示,CI是冠心病诊断和心肌缺血严重程度的预测指标。这一结果与Oliveira等^[17]实验结果相似,其在2000—2006年间调查了4042例患者,CI与运动中诱发心肌缺血严重程度相关。这提示我们,设计运动处方时,在重视ST段变化以避免发生心肌缺血的同时,也要注意心脏变时性功能和HRR₁。并且由于利用心率对患者的运动强度进行监督相对简便,从而对保证训练的安全可能更为实用。

上述结果表明,康复运动可改善冠心病患者的心脏变时性功能和提高HRR₁,即运动可以增加冠心病患者自主神经的均衡性,从而增强机体对运动应激的适应性。

参考文献

- [1] Steg PG, Bhatt DL, Wilson PW, et al. One-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis[J]. JAMA, 2007, 297(11):1197—1206.
- [2] 刘洵,张薇,杨晓龙,等.冠心病患者康复训练后有氧工作能力和心肌供氧的变化[J].体育科学,2007,27(6):35—38.
- [3] Dimopoulos S, Anastasiou-Nana M, Sakellariou D, et al. Effects of exercise rehabilitation program on heart rate recovery in patients with chronic heart failure[J]. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil, 2006, 13(1):67—73.
- [4] Wilkoff BL, Miller RE. Exercise testing for chronotropic assessment[J]. Cardiol Clin, 1992, 10(4):705—717.

- [5] Lauer MS, Okin PM, Larson MG, et al. Impaired heart rate response to graded exercise. Prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study[J]. *Circulation*, 1996, 93(8):1520—1526.
- [6] Laughlin MH, McAllister RM. Exercise training-induced coronary vascular adaptation[J]. *J Appl Physiol* (1985), 1992, 73(6):2209—2225.
- [7] De Cort SC, Innes JA, Barstow TJ, et al. Cardiac output, oxygen consumption and arteriovenous oxygen difference following a sudden rise in exercise level in humans[J]. *J Physiol*, 1991, (441):501—512.
- [8] Kawasaki T, Kaimoto S, Sakatani T, et al. Chronotropic incompetence and autonomic dysfunction in patients without structural heart disease[J]. *Europace*, 2010, 12(4):561—566.
- [9] Eckberg DL, Drabinsky M, Braunwald E. Defective cardiac parasympathetic control in patients with heart disease[J]. *N Engl J Med*, 1971, 285(16):877—883.
- [10] Myers J, Tan SY, 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.
- [11] Arai Y, Saul JP, Albrecht P, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise[J]. *Am J Physiol*, 1989, 256(1 Pt 2):H132—H141.
- [12] Hambrecht R, Gielen S, Linke A, et al. Effects of exercise training on left ventricular function and peripheral resistance in patients with chronic heart failure: A randomized trial[J]. *JAMA*, 2000, 283(23):3095—3101.
- [13] Gademan MG, Swenne CA, Verwey HF, 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.
- [14] Chursina TV, Shcherbatykh SI, Tarasov KM, et al. Physiological rehabilitation of inpatients with ischemic heart disease[J]. *Klin Med (Mosk)*, 2008, 86(7):31—35.
- [15] Iellamo F, Pagani M, Volterrani M. Cardiac rehabilitation and prevention of cardiovascular disease a role for autonomic cardiovascular regulation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 52(13):1105.
- [16] Anjos-Andrade FD, Sousa AC, Barreto-Filho JA, et al. Chronotropic incompetence and coronary artery disease[J]. *Acta Cardiol*, 2010, 65(6):631—638.
- [17] Oliveira JL, Góes TJ, Santana TA, et al. Chronotropic incompetence and a higher frequency of myocardial ischemia in exercise echocardiography[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2007, (5):38.
- [18] Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, et al. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality[J]. *N Engl J Med*, 1999, 341(18):1351—1357.
- [19] Fukuma N, Kato K, Munakata K, et al. Baroreflex mechanisms and response to exercise in patients with heart disease[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2012, 32(4):305—309.
- [20] 李淑荣,刘润,陈彦平,等.康复运动对冠心病患者心脏自主神经功能的影响[J].*中国康复医学杂志*,2014,29(7):619—623.
- [21] Higginbotham MB, Morris KG, Williams RS, et al. Regulation of stroke volume during submaximal and maximal upright exercise in normal man[J]. *Circ Res*, 1986, 58(2):281—291.
- [22] Higginbotham MB, Morris KG, Williams RS, et al. Physiologic basis for the age-related decline in aerobic work capacity[J]. *Am J Cardiol*, 1986, 57(15):1374—1379.
- [23] 郭继鸿.心脏的变时性[J].*临床心电学杂志*,2003,(12):267—276.
- [24] Brubaker PH, Kitzman DW. Chronotropic incompetence: causes, consequences, and management[J]. *Circulation*, 2011, 123(9):1010—1020.