

慢性心力衰竭患者标准有氧训练与组合式训练的效果比较

陈航,刘童,王浩,卢聪

(四川省成都市第一人民医院心内科 610000)

[摘要] **目的** 比较标准有氧呼吸训练(AT)与组合式(ARI)训练在慢性心力衰竭患者康复治疗中的效果差异。**方法** 纳入 27 个慢性心力衰竭患者,所有患者分配至 AT 训练组($n=14,12$ 周)和 ARI 训练组($n=13,12$ 周)。两组各自训练 12 周,在训练开始前和结束时对呼吸肌的最大强度(PImax)、股四头肌肌力(QME)、四头肌力矩的峰值(QMT_{peak})、一次所能承受的最大负荷(1RM)、训练时间、尼苏达生活质量问卷调查表(MLwHFQ)、Borg scale 评分表等各项参数进行评定。**结果** 参与 ARI 组的患者的各项下肢及呼吸肌指标明显优于 AT 组的患者($P<0.05$)。ARI 组相比运动训练前的各项指标差异有统计学意义($P<0.05$)。AT 组患者运动前后比较,仅 QME 和 PImax 差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者 Peak VO₂、训练时间、VT 都有显著提高,而 ARI 组患者的 VE/VCO₂ slope、SBP_{peak} 和 CP 也得到改善。进一步分析表明,在 ARI 组中患者训练时间明显长于 AT 组患者($P=0.01$)。ARI 组训练后的超声心动图参数较训练前有显著性改善($P<0.05$);AT 组患者仅左室射血分数(LVEF)和左室收缩末期内径(LVESD)比较差异有统计学意义($P<0.05$)。ARI 组的 MLwHFQ、Borg scale 评分均优于 AT 组($P<0.05$),且仅 ARI 组的 MLwHFQ 和 NYHA 训练后得到改善($P<0.05$)。**结论** ARI 训练方式可以使外周和呼吸肌的功能得到显著增强、心肺功能和生活质量得到明显改善。

[关键词] 心力衰竭;康复;有氧训练;耐受训练;呼吸机训练**[中图分类号]** R541.3;R541.4**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2015)24-3370-04

A comparison of rehabilitation effect between standard aerobic training and combined aerobic training on patients with chronic heart failure

Chen Hang, Liu Tong, Wang Hao, Lu Cong

(Department of Cardiology, the First People's Hospital of Chengdu City, Chengdu, Sichuan 610000, China)

[Abstract] **Objective** To compare the rehabilitation effect between standard aerobic training and combined aerobic training in patients with chronic heart failure. **Methods** Eligible 27 patients with chronic heart failure were collected and divided into two groups: AT group (standard aerobic training) and ARI group (combined aerobic training). Then two groups underwent different trainings in 12 weeks respectively. Various indexes such as PImax, QME, QMT_{peak}, 1RM, exercise time, MLwHFQ, and Borg Scale was analyzed before and after the training. **Results** QMT_{peak}, 1RM, QME, PImax and SPImax in ARI group were better than those in AT group($P<0.05$). And all these index of ARI group also developed compared with before the training($P<0.05$), while in AT group, only QME and PImax changed($P<0.05$). Both group's Peak VO₂, exercise time, VT increased significantly, and VE/VCO₂ slope, SBP_{peak} and CP of them improved. Compared with AT group, the exercise time of ARI group was longer($P=0.01$). The echocardiographic parameters of ARI group improved after training($P<0.05$), while only LVEF and LVESD had significant different in AT group($P<0.05$). MLwHFQ, Brog scale score of ARI group were better than those in AT group. And only MLwHFQ NYHA in ARI group improved after training($P<0.05$). **Conclusion** The strength of the upper limb and respiratory muscle cardiopulmonary function, and quality of life have been improved markedly in ARI group.

[Key words] heart failure; rehabilitation; aerobic training; resistance training; breathing machine training;

活动能力减退和呼吸困难是慢性心力衰竭(chronic heart failure, CHF)的主要症状。呼吸肌相关结构和功能的改变被认为是导致 CHF 症状的主要原因^[1]。有氧训练(aerobic training, AT)能够一定程度上地转变这些肌肉的异常状态^[2-3]。然而,有研究发现与选择性肌肉训练相比,AT 对外周骨骼肌和呼吸肌萎缩状况的改善效果不佳^[4-5]。有报道称,AT 中加入外周骨骼肌耐受训练(resistance training, RT)或结合呼吸肌训练(inspiratory muscle training, IMT)对四肢肌肉的强度和耐力、呼吸肌的功能状态的提高有显著作用^[6]。因此,本研究意在探讨 AT 结合 RT 和 IMT 的组合式训练(ARI)与标准 AT 相比,能否显著改善 CHF 患者的生命质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择本院门诊 CHF 患者共 27 例,其中男 22

例,女 5 例,年龄 47~69 岁,平均(58.3±10.4)岁。患者分为 ARI 训练组或者 AT 训练组。ARI 训练组 13 例,男 10 例,女 3 例,年龄 47~65 岁,平均(57.1±11.2)岁;AT 训练组 14 例,男 12 例,女 2 例,年龄 48~65 岁,平均(58.6±8.3)岁。纳入标准:缺血性或扩张性 CHF 患者,左心室射血分数(LVEF)≤40%,NYHA 心功能分级为 II 级和 III 级,参与前至少有 3 个月患者血流动力学稳定。排除标准:感染;肺功能较差(一秒用力呼气容积或肺活量小于 60%预计值);吸烟;心律失常;患有因心绞痛、外周动脉阻塞性疾病导致的行动障碍。本次研究已经得到本院伦理委员会的批准并且征得所有参与研究的患者同意,签署知情同意书。所有参与测试的研究者均不知道患者的试验分组。所有试验参与均使用常规药物治疗 CHF 包括:β受体阻滞剂,地高辛和利尿剂。

1.2 方法

1.2.1 运动训练步骤 患者训练频率为每周 3 次,连续 12 周。每组运动前热身和运动后放松都设定为 5 min,ARI 组患者不同项目间有 2 min 的伸展放松时间。患者训练时有医护人员陪同监督并使用心电图检测。两组患者都在保持 70%~80%最大心率(HR)强度的条件下进行骑自行车有氧训练。所有患者第 1 周进行 20 min AT 训练,随后每次训练至少延长 1 min。ARI 组的患者连续 12 周进行 30 min AT 训练,同时该组患者也要接受 15 min RT 训练和 20 min IMT 训练。RT 训练由动态的股四头肌训练和上肢抗阻训练组成。下肢锻炼使用手扶轮椅保持 50% 的一次最大承受负荷,每隔 1 周进行 1 次。上肢锻炼包括使用 1~2 kg 的哑铃进行肘部弯曲、肩屈曲和外展运动,每次重复 10~12 次一组,共两组。IMT 为保持 60%最大吸气压力下的高强度耐力训练,全程使用电脑生物反馈系统(英国 Project Electronics 公司)辅助。AT 组患者每次进行 45 min 的 AT 训练,持续 12 周。

1.2.2 测量方法 在训练前后,分别对患者进行以下测试:呼吸肌和股四头肌功能、心肺功能运动实验(CPET)中的运动能力的评估和最高耗氧量测量;使用 Borg scale 评分表评估呼吸困难程度;使用明尼苏达生活质量问卷调查表(MLwHFQ)评估患者的生活质量;使用超声心动图观察左心室射血功能和心房、心室结构。

1.2.2.1 CPET 和呼吸困难测试 通过 CPET 测量患者运动时的最大氧耗来测试运动能力。根据常规操作步骤患者在跑步机上进行运动,同时使用 Medgraphics CPX/MAX (美国 Medical Graphics 公司)测量系统测量呼吸气体交换^[7]。测量指标包括:Peak VO₂;每分通气量二氧化碳输出斜率(VE/VCO₂ slope);通气临界值(VT);每分通气量(VE);气体交换率(RER);循环功率(CP);HR,收缩压(SBP)。在测试过程中,跑步机的斜度和速度入选一项发生改变。在整个运动和恢复期间,实时采集每次呼出的气体并测定氧气和二氧化碳的量,每间隔 30 s 计一次平均值。每次运动最后一刻测量的氧耗平均值作为运动期间的最大氧耗。VT 是在当呼出的二氧化碳量与耗氧量呈非线性关系时测出的。在运动测试高峰期通过 Borg scale 评分表进行评分来评价患者呼吸困难程度。

1.2.2.2 呼吸肌功能测试 测量呼吸肌的最大强度(PImax)和呼吸肌的功能是通过电子测压系统结合生物反馈训练系统(英国 Project Electronics 公司)完成的,其精度可达到(±0.1)%。PImax 是在尽力呼气后(RV)的第 1 秒用力吸气末进行测量的并以 cm H₂O 的单位表示。呼吸肌的功能以在从用力呼气末到用力吸气末的过程中在 PImax 的状态所能持续的时间评定的。这在压力时间曲线下表现为最大吸气压力(SPImax)是代表呼吸肌耐力的指标。为保持基线水平的一致性,每次测量重复 6 次,每次测量期间充分休息,取其中测得的最高值作为基准的 PImax 和 SPImax。

1.2.2.3 下肢肌肉功能测试 股四头肌肌力(QME)是用股四头肌力矩的峰值(QMTpeak)和一次所能承受的最大负荷(1RM)进行评定的。股四头肌的力量峰值(N)的测量是在当患者坐在康复椅上 90°屈髋屈膝时,右下肢使用肌力计进行测量(英国 Lafayette Instrument 公司)。测量至少进行 3 次并记录最高值。QMTpeak 等于 N 乘以膝关节到负重点的距离。1RM 是指股四头肌在允许范围内运动过程中一次所能提起的最大重量。QME 以股四头肌在举起最大一次承重负荷一半

的物体时所能举起的次数计算。

1.2.2.4 超声心动图 对所有患者都在静息状态下进行标准二维超声心动图(美国通用电气医疗公司)检测。评估 LVEF(%),同时也对左室舒张末期内径(LVEDD)和左室收缩末期内径(LVESD)进行了测量。

1.3 统计学处理 采用 SPSS19.0 进行分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 *t* 检验及单因素方差统计分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料统计 5 例失访,17 例因不能耐受终止训练,3 例因病情恶化退出试验,剩下 27 例患者完成了训练项目,并在整个康复训练的过程中没有发生不良事件。ARI 组和 AT 组的患者的特征、NYHA 功能分级、病因学、主要和次要观察终点,以及药物治疗方面差异没有统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 一般资料统计($\bar{x} \pm s$)

	ARI 组 (n=13)	AT 组 (n=14)	P
年龄(岁)	57.1±11.2	58.6±8.3	0.69
性别(男/女)	10/3	12/2	0.57
BMI(kg/m ²)	26.6±4.3	25.9±2.1	0.60
NYHA(II/III)	6/7	8/6	0.58
病因(DCM/ICM)	9/4	9/5	0.76
Peak VO ₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	16.8±5.2	17.5±3.6	0.61
1RM(kg)	20.0±3.2	19.6±1.3	0.81
PImax(cm H ₂ O)	75.3±11.0	79.0±9.1	0.34
SPImax(cm H ₂ O s ⁻¹ ·10 ⁻³)	310.0±27.0	306.0±21.0	0.71
LVEF(%)	27.8±8.0	30.6±5.4	0.27
LVESD(mm)	64.7±8.0	60.7±3.0	0.10
LVEDD(mm)	69.4±4.6	66.1±4.0	0.07
MLwHFQ(分)	41.6±3.1	42.4±4.8	0.61
呼吸困难指数(Borg scale)	17.8±0.6	18.1±0.5	0.10
药物使用率(%)			
ACE 抑制药	100	93	0.34
β受体阻断药	69	71	0.90
地高辛	69	64	0.79
利尿剂	92	86	0.59

DCM:扩张型心肌病;ICM:缺血性心肌病。

2.2 下肢及呼吸肌功能测试 进行 ARI 还是 AT,患者的 QMTpeak,1RM,QME and SPImax 都有显著地变化。其中参与 ARI 组的患者的各项指标明显优于 AT 组的患者($P < 0.05$)。ARI 组相比运动训练前的各项指标差异有统计学意义($P < 0.05$)。AT 组患者运动前后比较,仅 QME 和 PImax 差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

2.3 CPET ARI 组的患者经过运动训练后的各项指标差异有统计学意义,包括在跑步机上锻炼的时间和机体的循环功率(循环功率=最大摄氧量×收缩期血压[SBPpeak])。组内分析显示,经过训练,两组患者 Peak VO₂、训练时间、VT 都有显著提高,而 ARI 组患者的 VE/VCO₂ slope,SBP_{peak} 和 CP 也得

到改善。进一步分析表明在 ARI 组中训练时间明显长于 AT 组患者($P=0.01$)。静息状态下的 HR、SBP,以及 RER 和 VE 在两组之间差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3。

2.4 超声心动图 两组 LVEF、LVESD、LVEDD 比较差异均无统计学意义。ARI 组训练后的超声心动图参数较训练前有显著性改善($P<0.05$);AT 组患者仅 LVEF 和 LVESD 比较

差异有统计学意义($P<0.05$),见表 4。

2.5 生活质量、呼吸困难和 NYHA 分级 ARI 组的 MLwHFQ 和呼吸困难指数(Borg scale 评分)的改善优于 AT 组($P<0.05$)。组内分析结果发现仅 ARI 组的患者 MLwHFQ 和 NYHA 在运动训练后得到改善($P<0.05$),而呼吸困难指数在 ARI 和 AT 组患者中均差异无统计学意义($P>0.05$),见表 5。

表 2 下肢及呼吸肌功能测试($\bar{x}\pm s$)

指标	ARI 组($n=13$)			AT 组($n=14$)			
	训练前	训练后	P^a	训练前	训练后	P^a	P^b
QMTpeak(N·m)	1.9±0.3	2.4±0.4	<0.05	1.8±0.1	1.9±0.2	0.06	<0.05
1RM(kg)	20.0±3.2	24.6±3.6	<0.05	20.2±1.2	20.2±1.2	0.09	<0.05
QME(kg·maxreps)	147.0±31.0	187.0±30.0	<0.05	137.0±16.0	149.0±12.0	<0.01	<0.05
PImax(cm H ₂ O)	75.3±11.0	102.0±19.0	<0.05	79.0±9.1	83.5±9.7	0.02	0.10
SPImax(cm H ₂ O $s^{-1}10^{-3}$)	310.0±27.0	413.0±24.0	<0.05	306.0±21.0	307.0±23.0	0.75	<0.05

P^a :配对 t 检验; P^b :单因素方差分析。

表 3 心肺功能测试参数($\bar{x}\pm s$)

指标	ARI 组($n=13$)			AT 组($n=14$)			
	训练前	训练后	P^a	训练前	训练后	P^a	P^b
Peak VO ₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	16.8±5.2	19.6±6.2	0.010	17.6±3.6	19.5±4.1	0.040	0.750
训练时间(min)	9.0±2.0	10.5±1.9	0.001	9.1±1.2	9.9±0.9	0.040	0.010
VE/VCO ₂ slope	37.9±6.4	35.8±5.8	0.009	35.9±4.8	34.8±5.4	0.410	0.480
VT(mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	14.4±4.5	16.3±6.3	0.002	13.7±2.1	15.1±2.4	0.010	0.430
VE(L/min)	66.9±39.0	70.0±29.0	0.660	54.1±13.0	58.4±12.0	0.110	0.200
RER	1.1±0.1	1.0±0.1	0.710	1.1±0.1	1.1±0.1	0.500	0.360
HRrest(bpm)	76.0±16.0	71.0±18.0	0.060	81.0±12.0	78.0±12.0	0.110	0.200
HRpeak(bpm)	130.0±26.0	134.0±21.0	0.350	140.0±18.0	141.0±17.0	0.520	0.250
SBPrest(mm Hg)	105.0±11.0	105.0±18.0	0.600	110.0±16.0	105.0±11.0	0.060	0.450
SBPpeak(mm Hg)	134.0±26.0	151.0±28.0	0.002	148.0±30.0	142.0±26.0	0.970	0.780
CP(mL/kg·min mm Hg)	2 337.0±340.0	3 049.0±984.0	0.001	2 527.0±149.0	2 697.0±274.0	0.030	0.050

P^a :配对 t 检验; P^b :单因素方差分析。

表 4 超声心动图参数($\bar{x}\pm s$)

指标	ARI 组($n=13$)			AT 组($n=14$)			
	训练前	训练后	P^a	训练前	训练后	P^a	P^b
LVEF(%)	27.8±8.0	30.4±8.2	0.003	30.6±5.4	33.4±5.7	0.010	0.260
LVESD(mm)	64.7±8.0	64.2±8.5	0.030	60.7±3.0	60.0±3.2	0.020	0.100
LVEDD(mm)	69.4±4.6	67.5±3.9	0.010	66.1±3.8	65.3±3.7	0.080	0.070

P^a :配对 t 检验; P^b :单因素方差分析。

表 5 生活质量、呼吸困难指数和 NYHA 分级

指标	ARI 组($n=13$)			AT 组($n=14$)			
	训练前	训练后	P^a	训练前	训练后	P^a	P^b
MLwHFQ(分)	41.6±3.1	33.7±3.2	0.001	42.4±4.8	37.8±7.0	0.150	0.030
Borg scale 评分(分)	17.8±0.6	17.3±0.9	0.080	18.1±0.5	17.8±0.7	0.220	0.030
NYHA(分)	2.5±0.5	1.9±0.8	0.001	2.4±0.5	2.2±0.8	0.080	0.700

P^a :配对 t 检验; P^b :单因素方差分析。

3 讨 论

本次随机对照研究将 RT 与 IMT 加入到标准 AT 的训练计划中作为组合训练计划,比较组合训练计划和标准 AT 训练对 CHF 患者的康复作用。结果显示这种组合式的康复训练计划是安全的,在整个研究过程中并未出现患者的不良反应。ARI 训练计划的设计考虑了运动的类型、强度和持续时间,不仅使其简单易操作而且还确保了患者的安全。关于 RT 训练,通常主要通过四头肌的训练来提高 CHF 患者运动能力和生命质量^[8]。加入上肢的锻炼可以增加患者肌肉强度并且使患者可以正常的日常生活。在一定百分比 SPI_{max} 下的高强度 IMT 训练有助于改善呼吸肌能力、呼吸困难和 CHF 患者的状态。前期的研究发现下肢和呼吸肌萎缩与 CHF 患者运动能力和生命质量的下降密切相关^[9-11]。因此,标准 AT 训练中加上 RT 或 IMT 训练将会使某些肌肉的状态和运动能力得到明显改善^[6,12-14]。然而组合 AT/RT 或 AT/IMT 却分别导致了四肢肌肉或呼吸肌功能的改善^[6,12-14]。此外,相比标准 AT 训练,组合训练方式似乎可以在提高心肺运动参数^[6,12]、生活质量^[14],或肌肉功能方面发挥较好的效果。因此,很容易联想到将这 3 种训练融合成为一种训练方式可能会进一步的提高外周肌肉和呼吸肌的能力,为 CHF 患者提供一个完整的训练康复模式。研究结果显示组合训练是安全的,而且相比 AT 训练,组合训练模式可以使股四头肌、呼吸肌、心肺运动参数、呼吸困难和生命质量得到显著性改善。本次研究结果提倡加入耐受训练和呼吸肌训练到 CHF 患者标准有氧训练中,同时还需要更大量的随机对照研究来支持这种组合式康复训练计划的疗效。

参考文献

[1] Empinado HM, Deevska GM, Nikolova-Karakashian M, et al. Diaphragm dysfunction in heart failure is accompanied by increases in neutral sphingomyelinase activity and ceramide content[J]. *Eur J Heart Fail*, 2014, 16(5): 519-525.

[2] Ventura-Clapier R, Mettauer B, Bigard X. Beneficial effects of endurance training on cardiac and skeletal muscle energy metabolism in heart failure[J]. *Cardiovasc Res*, 2007, 73(1): 10-18.

[3] European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Committee for Science Guidelines, EACPR, Corrà U, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation[J]. *Eur Heart J*, 2010, 31(16): 1967-1974.

[4] Kitzman DW, Brubaker PH, Herrington DM, et al. Effect of endurance exercise training on endothelial function and arterial stiffness in older patients with heart failure and

preserved ejection fraction; a randomized, controlled, single-blind trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 62(7): 584-592.

- [5] Soska V, Dobsak P, Pohanka M, et al. Exercise training combined with electromyostimulation in the rehabilitation of patients with chronic heart failure: a randomized trial[J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2014, 158(1): 98-106.
- [6] Winkelmann ER, Chiappa GR, Lima CO, et al. Addition of inspiratory muscle training to aerobic training improves cardiorespiratory responses to exercise in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness[J]. *Am Heart J*, 2009, 158(5): 768.
- [7] Riley M, Northridge DB, Henderson E, et al. The use of an exponential protocol for bicycle and treadmill exercise testing in patients with chronic cardiac failure[J]. *Eur Heart J*, 1992, 13(10): 1363-1367.
- [8] Jankowska EA, Wegrzynowska K, Superlak M, et al. The 12-week progressive quadriceps resistance training improves muscle strength, exercise capacity and quality of life in patients with stable chronic heart failure[J]. *Int J Cardiol*, 2008, 130(1): 36-43.
- [9] Ribeiro JP, Chiappa GR, Neder JA, et al. Respiratory muscle function and exercise intolerance in heart failure[J]. *Curr Heart Fail Rep*, 2009, 6(2): 95-101.
- [10] Belardinelli R, Georgiou D, Cianci G, et al. 10-year exercise training in chronic heart failure; a randomized controlled trial[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 60(16): 1521-1528.
- [11] Silva IS, Fregonezi GA, Dias FA, et al. Inspiratory muscle training for asthma[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, 9: CD003792.
- [12] Delagardelle C, Feiereisen P, Autier P, et al. Strength/endurance training versus endurance training in congestive heart failure[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2002, 34(12): 1868-1872.
- [13] Mandic S, Tymchak W, Kim D, et al. Effects of aerobic or aerobic and resistance training on cardiorespiratory and skeletal muscle function in heart failure: a randomized controlled pilot trial[J]. *Clin Rehabil*, 2009, 23(3): 207-216.
- [14] Beckers PJ, Denollet J, Possemiers NM, et al. Combined endurance-resistance training vs. endurance training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized study[J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(15): 1858-1866.

(收稿日期:2015-02-28 修回日期:2015-08-10)