

· 老年人心肺运动试验与心肺疾病专栏 ·

无氧代谢阈值在慢性心力衰竭心功能 I ~ III 级患者定量分级中的作用

沈玉芹¹, 马文林¹, 王乐民^{1*}, 宋浩明¹, 倪奕¹, 车琳¹, 龚朱¹, 徐文俊¹,
蒋金法¹, 许嘉鸿¹, 严文文¹, 周琳¹, 张晓宇², 李广鹤¹, 张启萍¹

(同济大学附属同济医院: ¹心内科, ²风湿病科, 上海 200065)

【摘要】目的 通过对慢性心力衰竭患者无氧代谢阈值(AT)的检测来探讨其在心功能分级中的作用。**方法** 对2007年8月至2013年6月期间入住同济大学附属同济医院心内科的患者进行选择, 经心脏超声确定左室射血分数(LVEF) < 0.49的慢性心力衰竭患者129例为慢性心力衰竭组(缺血性心肌病患者74例, 扩张型心肌病患者55例;或纽约心脏联合会(NYHA) I级5例, II级68例, III级56例), 并实施心肺运动试验(CPET)检测AT, 以无氧代谢阈值氧耗量(VO₂AT)表示。对照组为129例健康者。**结果** (1)慢性心力衰竭组VO₂AT与对照组差异有统计学意义[(10.5 ± 2.3) vs (15.2 ± 2.7) ml/(kg · min), *P* < 0.01]。(2)NYHA I级、NYHA II级、NYHA III级慢性心力衰竭患者VO₂AT依次减小, 差异有统计学意义[(13.4 ± 1.7) vs (10.9 ± 2.3) vs (9.6 ± 2.1) ml/(kg · min), *P* < 0.05]。经单因素相关性分析, VO₂AT与NYHA呈负相关(*r* = -0.732, *P* < 0.01)。**结论** VO₂AT与NYHA心功能分级具有相关性, 以VO₂AT定量评估我国慢性心力衰竭患者心功能具有可能。

【关键词】 心力衰竭; 无氧代谢阈值; 心肺运动试验; 心功能

【中图分类号】 R541.6

【文献标识码】 A

【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2015.03.040

Role of anaerobic threshold in cardiac functional classification for NYHA I – III patients with chronic heart failure

SHEN Yu-Qin¹, MA Wen-Lin¹, WANG Le-Min^{1*}, SONG Hao-Ming¹, NI Yi¹, CHE Lin¹, GONG Zhu¹,
XU Wen-Jun¹, JIANG Jin-Fa¹, XU Jia-Hong¹, YAN Wen-Wen¹, Zhou-Lin¹, ZHANG Xiao-Yu²,
LI Guang-He¹, Zhang Qi-Ping¹

(¹Department of Cardiology, ²Department of Rheumatology, Tongji Hospital Affiliated to Tongji University, Shanghai 200065, China)

【Abstract】 Objective To evaluate the role of anaerobic threshold in the cardiac functional classification for the patients with chronic heart failure (CHF) by cardiopulmonary exercise testing (CPET). **Methods** Totally 129 patients suffering from CHF with left ventricular ejection fraction (LVEF) < 0.49 by echocardiography selected from all the in- and out-patients in Department of Cardiology of our hospital from August 2007 to June 2013 were enrolled in this study. Coronary angiography indicated that there were 74 cases of ischemic cardiomyopathy and 55 cases of dilated cardiomyopathy. Five patients ranked in New York Heart Association class I (NYHA I), 68 patients in NYHA II, and 56 patients in NYHA III. VO₂AT were calculated by CPET and then documented. Another 129 age-, gender- and body mass index-matched healthy people taking physical examination in the same period served as control group. **Results** (1) The difference of VO₂AT between CHF patients and controls was statistically significant [(10.5 ± 2.3) vs (15.2 ± 2.7) ml/(kg · min), *P* < 0.01]. (2) The values of VO₂AT was gradually decreased among NYHA I, NYHA II and NYHA III with significant differences [(13.4 ± 1.7) vs (10.9 ± 2.3) vs (9.6 ± 2.1) ml/(kg · min), *P* < 0.05]. Univariate analysis indicated that VO₂AT was negatively related with NYHA grade (*r* = -0.732, *P* < 0.01). **Conclusion** VO₂AT is correlated with NYHA grade, and it might be used to evaluate cardiac function for Chinese CHF patients.

【Key words】 heart failure; anaerobic threshold; cardiopulmonary exercise test; cardiac function

收稿日期: 2014-12-17; 修回日期: 2015-01-02

基金项目: 上海市市级医院新兴前沿技术联合攻关项目 (SHDC12010117); 上海卫生及计划委员会项目 (WSJ1324)

通信作者: 王乐民, E-mail: wanglemin2003@163.com

This work was supported by the Tackling Project of New Technology Cooperation Among Shanghai Municipal Hospitals (SHDC12010117) and the Project of Shanghai Family Planning and Health Commission (WSJ1324).

Corresponding Author: WANG Le-Min, E-mail:wanglemin2003@163.com

无氧代谢阈值 (anaerobic threshold, AT) 是指当运动负荷增加到一定量后, 组织对氧的需求超过了循环所能提供的氧量, 因而组织必须通过无氧代谢以提供更多的能量, 有氧代谢到无氧代谢的临界点称之为无氧代谢阈值, 以无氧代谢阈值氧耗量 (oxygen consumption at anaerobic threshold, VO_2AT) 表示。目前国际上采用 VO_2AT 与峰值氧耗量 (peak oxygen consumption, peak VO_2) 对慢性心力衰竭进行心功能定量分级, 有助于判断慢性心力衰竭患者的预后并决策其治疗。由于 peak VO_2 易受主观因素影响, 难以达到真正的峰值运动, 而 VO_2AT 不易受主观因素的影响, 更加客观, 因此, 采用 VO_2AT 对慢性心力衰竭患者心功能定量分级具有重要意义。但是 VO_2AT 受人种因素的影响, 目前国际上缺乏中国的本项检测数据, 因此, 探讨我国慢性心力衰竭 VO_2AT 心功能定量标准显得尤其必要。本研究为我国慢性心力衰竭患者以 VO_2AT 进行心功能定量分级的前驱研究, 通过心肺运动试验 (cardiopulmonary exercise testing, CPET) 对慢性心力衰竭患者 VO_2AT 进行检测并研究其与传统的美国纽约心脏联合会 (New York Heart Association, NYHA) 心功能分级的关系, 探讨以 VO_2AT 定量评估我国慢性心力衰竭患者心功能的可能性。

1 对象与方法

1.1 研究对象

共分为两组: 慢性心力衰竭组和正常对照组。慢性心力衰竭组患者为选自2007年8月至2013年6月期间在同济大学附属同济向医院心内科和在心内科门诊就诊的患者129例, 男113例, 女16例, 年龄 (59.1 ± 11.4) 岁, NYHA分级 I ~ III级 (I级5例, II级68例, III级56例), 左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 为 (0.38 ± 0.09), 体质指数 (body mass index, BMI) 为 (24.7 ± 3.7) kg/m^2 。慢性心力衰竭组中经冠状动脉造影确诊有缺血性心脏病患者74例, 扩张型心脏病患者55例。诊断标准参照2007年中国心肌病诊断与治疗建议工作组颁布的《心肌病诊断和治疗建议》^[1]; 正常对照组为129例健康体检者。两组患者均根据美国心脏联合会 (American Heart Association, AHA) 规定的CPET禁忌证标准进行排除后纳入^[2], 无慢性阻塞性肺病、肌肉骨骼病变、神经系统疾病、血液系统疾病, 肝

肾功能不全、电解质紊乱、甲状腺功能亢进或减退、急性感染等。慢性心力衰竭组各类药品使用率为 β 受体阻滞剂89.0%、血管紧张素转换酶抑制剂 (angiotensin converting enzyme inhibitor, ACEI) 或血管紧张素受体拮抗剂 (angiotensin receptor blocker, ARB) 91.0%、地高辛43.0%、利尿剂51.0%、硝酸酯类45.0%。在施行CPET前1天停用 β 受体阻滞剂、利尿剂、地高辛及ACEI或ARB、硝酸酯类药物, CPET完成后即恢复此类药物的应用。所有入选者均征得同意并签署知情同意书; 该研究已通过医院药物临床试验伦理委员会审批, 中国临床试验注册中心注册号: ChicTR-TRC-00000235。

1.2 心功能检测

采用GE公司Vivid 7彩色多普勒超声诊断仪进行心脏功能检测; 用改良的Simpson双平面法计算LVEF。

1.3 心肺运动试验

采用的仪器包括气体再呼吸系统 (Innovision公司, 丹麦)、运动测试系统CASE P2系列和Variobike 500的电力自行车 (通用公司, 美国)。CPET包括3部分: 心电图负荷试验、血流动力学负荷试验和运动气体代谢分析。(1) 心电图负荷试验。最低运动负荷为20J/s, 采用的运动方案是修订的Ramp10方案, 即踏车上休息3min, 无负荷状态下踏车3min, 然后从20J/s开始, 踏车2min后每30s增加5J/s (恢复为Ramp10方案), 直至患者出现运动峰值或运动终点, 踏车时保持均匀转速60~70转/min。运动过程中监测患者的心电图、血压以及全身反应, 出现下列任一种情况时立即终止运动: 心率达到85%最大心率的预计值, 收缩压 $> 220mmHg$, 或出现严重的心律失常, ST压低 $\geq 0.2mV$ 或上抬 $\geq 0.2mV$, 患者出现胸闷、胸痛、气短、心悸等症状, 或者患者感到疲劳要求终止运动。(2) 血流动力学负荷试验。在开始的1min (静息时)、9min (踏车运动负荷为30J/s时)、12min (踏车运动负荷为60J/s时)、15min (踏车运动负荷为90J/s时) 等进行测定, 依此类推, 即每隔30J/s测定运动时的心输出量 (cardiac output, CO)。(3) 运动气体代谢分析。患者试验开始后每一次呼出的气体均被气体再呼吸系统连续监测。呼吸参数包括氧耗量、二氧化碳排出量、每分钟通气量 (minute ventilation volume, VE)。AT由V斜率 (slope) 方法判定^[3]。入选的129例慢性心力衰竭患

者均完成CPET, 无1例患者发生晕厥等不良反应。

1.4 统计学处理

用SPSS18.0软件进行统计学分析。各组计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示; 组间比较采用成组设计 t 检验和Mann-Whitney U 检验, 当正态分布及方差齐时采用成组设计 t 检验, 当非正态分布和(或)方差不齐时采用Mann-Whitney U 检验; 单有序分类变量(NYHA分级)采用非参数秩和检验, 无序分类变量(性别)采用 χ^2 检验; 单因素之间的相关性采用Spearman相关分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般情况比较

两组患者性别、年龄、BMI差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组LVEF、NYHA分级比较差异有统计学意义($P < 0.01$; 表1)。

表1 两组患者一般资料比较
Table 1 Clinical characteristics of two groups
($n = 129$)

Item	CHF group	Control group
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	59.1 $\pm$ 11.4	56.8 $\pm$ 8.8
Male[n(%)]	113 (87.6)	106 (82.2)
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.7 $\pm$ 3.7	24.5 $\pm$ 3.0
LVEF($\bar{x} \pm s$)	0.38 $\pm$ 0.09**	0.69 $\pm$ 0.04
NYHA I [n(%)]	5 (3.9)**	129 (100.0)
NYHA II [n(%)]	68 (52.7)**	0 (0.0)
NYHA III [n(%)]	56 (43.4)**	0 (0.0)
β -Blocker[n(%)]	115 (89.1)	0 (0.0)
ACEI or ARB[n(%)]	117 (90.7)	0 (0.0)
Digoxin[n(%)]	55 (42.6)	0 (0.0)
Diuretic[n(%)]	66 (51.2)	0 (0.0)
Nitrate[n(%)]	58 (45.0)	0 (0.0)

BMI: body mass index; CHF: chronic heart failure; LVEF: left ventricular ejection fraction; NYHA: New York Heart Association; ACEI: angiotensin converting enzyme inhibitor; ARB: angiotensin receptor blocker. Compared with control group, ** $P < 0.01$

2.2 慢性心力衰竭组与正常对照组VO₂AT比较

慢性心力衰竭组VO₂AT明显低于正常对照组, 差异具有统计学意义[(10.5 $\pm$ 2.4) vs (15.2 $\pm$ 2.6) ml/(kg $\cdot$ min), $P < 0.01$]。

2.3 NYHA I ~ III级慢性心力衰竭患者一般情况比较

NYHA I级、II级与NYHA III级的患者性别、年龄、BMI、 β 受体阻滞剂、ACEI或ARB、地高辛、利尿剂、硝酸酯类药物应用差异均无统计学意义($P > 0.05$), NYHA I级与NYHA III级LVEF差异有统计学意义($P < 0.01$; 表2)。

2.4 NYHA I ~ III级慢性心力衰竭患者VO₂AT比较

在NYHA I级、II级与III级患者性别、年龄、BMI、 β 受体阻滞剂、ACEI或ARB药物应用差异无统计学意义($P > 0.05$)的情况下, NYHA I级、II级、III级患者VO₂AT依次减小[(13.6 $\pm$ 1.7) vs (10.9 $\pm$ 2.3) vs (9.6 $\pm$ 2.1) ml/(kg $\cdot$ min)], 两级比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$; 图1)。

2.5 单因素相关性

经Spearman单因素相关性分析, VO₂AT与NYHA相关系数 r 为-0.732, $P < 0.01$, 表明VO₂AT与NYHA显著性负相关。

3 讨论

慢性心力衰竭具有高发病率、高再住院率、高病死率的特点, 严重危害人类健康。心脏功能分级对心力衰竭患者疾病的严重程度及预后的判断具有重要意义; NYHA心脏功能分级是最常用的传统心脏功能分级方法, 但是该方法存在医师主观干扰因素, 有时较难精确区分。国际上, 目前认为CPET可作为评定心力衰竭患者心脏功能的金标准, 可用peak VO₂和VO₂AT进行心功能定量分级^[4,5], peak VO₂的切点值为10、16、20, VO₂AT的切点值为

表2 NYHA I ~ III级一般资料比较
Table 2 Clinical characteristics of NYHA I ~ III

Item	NYHA I ($n = 5$)	NYHA II ($n = 69$)	NYHA III ($n = 55$)	χ^2	P
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	56.2 $\pm$ 13.7	58.5 $\pm$ 10.3	60.3 $\pm$ 12.5	—	—
Male[n(%)]	5 (100.0)	60 (87.0)	48 (87.3)	0.739	0.691
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.2 $\pm$ 3.5	25.0 $\pm$ 3.4	24.1 $\pm$ 4.0	—	—
LVEF($\bar{x} \pm s$)	0.41 $\pm$ 0.08	0.39 $\pm$ 0.06	0.33 $\pm$ 0.09**	—	—
β -Blocker[n(%)]	5 (100.0)	60 (87.0)	51 (92.7)	1.708	0.426
ACEI or ARB[n(%)]	5 (100.0)	60 (87.0)	52 (95.0)	2.623	0.269
Digoxin[n(%)]	1 (20.0)	1 (1.4)	53 (96.4)	118.820	0.000
Diuretic[n(%)]	1 (20.0)	7 (10.1)	54 (98.2)	96.665	0.000
Nitrate[n(%)]	1 (20.0)	9 (13.0)	43 (78.2)	54.603	0.000

BMI: body mass index; CHF: chronic heart failure; LVEF: left ventricular ejection fraction; NYHA: New York Heart Association; ACEI: angiotensin converting enzyme inhibitor; ARB: angiotensin receptor blocker. Compared with NYHA I, ** $P < 0.01$

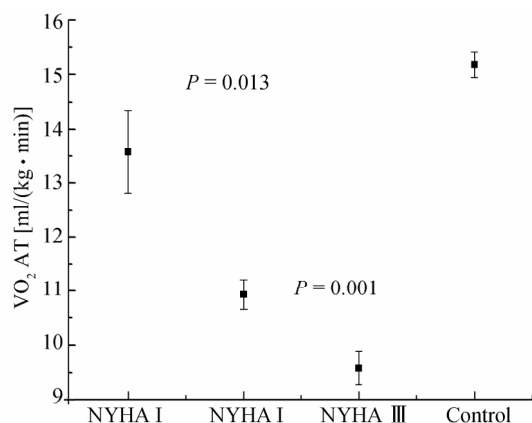


图1 NYHA I ~ III级慢性心力衰竭患者VO₂AT比较
Figure 1 VO₂AT of NYHA I ~ III
VO₂AT: oxygen consumption at anaerobic threshold

8、11、14, 区别于NYHA心脏功能分级(表3)。据报道, peak VO₂ < 10ml/(kg·min)时, 患者1年内死亡率明显增加, 且为心脏移植的绝对指征^[6]; peak VO₂ < 14ml/(kg·min)为心力衰竭患者心脏移植前心脏机械辅助装置持续应用的指征^[7]。《中国心力衰竭诊断和治疗指南, 2014年》把peak VO₂ < 12ml/(kg·min)列为终末期心力衰竭患者左心室机械辅助装置置入的指征^[8]。

表3 peak VO₂和VO₂AT的心功能分级标准
Table 3 Cardiac functional classification by peak VO₂ and VO₂AT
[ml/(kg·min)]

Grade	Peak VO ₂	VO ₂ AT
A	> 20	> 14
B	16-20	11-14
C	10-16	8-11
D	< 10	< 8

peak VO₂: peak oxygen consumption; VO₂AT: oxygen consumption at anaerobic threshold

peak VO₂和VO₂AT除了受性别、年龄、体质量、药物(ACEI、β受体阻滞剂等)因素影响外^[9-14], 还可能受种族因素影响, 因为非洲黑种人、亚洲黄种人、欧美白种人之间, 骨骼肌纤维组成成分和血红蛋白量均存在差异, 这些均影响氧的代谢, 从而导致peak VO₂和VO₂AT存在差异。尽管许多学者也提出peak VO₂和VO₂AT可能受不同种族的影响, 用其他国家标准来衡量本国人群存在不妥^[15,16]。但是因peak VO₂和VO₂AT干扰因素较多, 至今尚无研究报道仅人种不同导致的peak VO₂和VO₂AT的不同。尽管如此, 但是目前仍然认为用表3所列出的欧美国家标准来判断中国慢性心力衰竭患者的心功能存在欠缺。目前国内未有慢性心力衰竭以peak VO₂和VO₂AT进行心功能分级的标准, 因此, 有必要研究以peak VO₂和VO₂AT对中国慢性心力衰竭进行心功

能定量分级。但是, peak VO₂与VO₂AT比较而言, VO₂AT更加客观、科学, 不受主观因素的影响, 而peak VO₂很容易受主观因素的影响, 难以达到真正的峰值运动, 因此用peak VO₂来评判慢性心力衰竭患者的心脏功能存在局限性, 而以VO₂AT为标准对慢性心力衰竭患者进行心功能定量分级较联用peak VO₂和VO₂AT为标准更加简单、可靠。目前尚无以VO₂AT为标准对慢性心力衰竭患者进行心功能定量分级的报道。

本研究通过129例慢性心力衰竭患者VO₂AT与正常对照组129例健康者进行比较, 两组患者性别、年龄、BMI差异无统计学意义的情况下, 慢性心力衰竭患者VO₂AT明显低于正常对照组, 差异具有统计学意义($P < 0.01$), 说明慢性心力衰竭患者运动耐力较正常对照明显减退, 与本中心先前报道一致^[17]。在NYHA I级、II级与III级的患者性别、年龄、BMI、β受体阻滞剂、ACEI或ARB药物应用差异无统计学意义情况下, NYHA I级、II级、III级的患者VO₂AT存在明显差异($P < 0.05$), NYHA I级~III级VO₂AT依次减小, 经单因素相关性分析, VO₂AT与NYHA呈负相关($r = -0.732$, $P < 0.01$), 提示VO₂AT与NYHA分级存在相关关系且与NYHA分级存在对应关系, 说明VO₂AT作为慢性心力衰竭患者心功能定量分级标准可以。而VO₂AT对我国慢性心力衰竭心功能定量分级的阈值仍需进一步行多中心、大样本量研究后方可界定。不足之处: 因NYHA IV级的患者难以完成CPET, 故缺乏NYHA IV级的数据。本研究证实了以VO₂AT作为中国慢性心力衰竭患者心功能定量分级标准具有可能, 将为我国慢性心力衰竭患者以VO₂AT进行心功能定量分级的标准制定奠定基础。

【参考文献】

- [1] Chinese Society of Cardiology, Chinese Medical Association; Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology; "Consensus on Diagnosis and Treatment of Cardiomyopathies" from Chinese Expert Panel. Recommendations on diagnosis and treatment of cardiomyopathies[J]. Chin J Cardiol, 2007, 35(1): 5-16. [中华医学会心血管病学分会, 《中华心血管病杂志》编辑委员会, 中国心肌病诊断与治疗建议工作组. 心肌病诊断与治疗建议[J]. 中华心血管病杂志, 2007, 35(1): 5-16.]
- [2] Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. On behalf of the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council

- on Clinical Cardiology, Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, and Council on Epidemiology and Prevention. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2013, 128(8): 873–934.
- [3] Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange[J]. *J Appl Physiol*, 1986, 60(6): 2020–2027.
- [4] Weber KT, Kinasewitz GT, Janicki JS, *et al.* Oxygen utilization and ventilation during exercise in patients with chronic cardiac failure[J]. *Circulation*, 1982, 65(6): 1213–1223.
- [5] Janicki JS, Weber KT, McElroy PA. Use of the cardiopulmonary exercise test to evaluate the patient with chronic heart failure[J]. *Eur Heart J*, 1988, 9(Suppl H): 55–58.
- [6] Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, *et al.* 2009 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2005 guidelines for the diagnosis and management of heart failure in adults: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association task force on practice guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53(15): e1–e90.
- [7] Peura JL, Colvin-Adams M, Francis GS, *et al.* Recommendations for the use of mechanical circulatory support: device strategies and patient selection-A scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2012, 126(22): 2648–2667.
- [8] Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Chinese Guideline for Diagnosis and Treatment of Heart Failure in 2014[J]. *Chin J Cardiol*, 2014, 40(2): 98–122. [中华医学会心血管病学分会,《中华心血管病杂志》编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南(2014)[J]. 中华心血管病杂志, 2014, 40(2): 98–122.]
- [9] Gläser S, Koch B, Ittermann T, *et al.* Influence of age, sex, body size, smoking, and [beta] blockade on key gas exchange exercise parameters in an adult population[J]. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 2010, 17(4): 469–476.
- [10] Horwich TB, Leifer ES, Brawner CA, *et al.* The relationship between body mass index and cardiopulmonary exercise testing in chronic systolic heart failure[J]. *Am Heart J*, 2009, 158(4) (Suppl 1): S31–S36.
- [11] Pina IL, Kokkinos P, Kao A, *et al.* Baseline differences in the HF-ACTION trial by sex[J]. *Am Heart J*, 2009, 158(4) (Sup 1): S16–S23.
- [12] Wolk R, Johnson BD, Somers VK, *et al.* Effects of beta-blocker therapy on ventilatory responses to exercise in patients with heart failure[J]. *J Card Fail*, 2005, 11(5): 333–339.
- [13] Kinugawa T, Osaki S, Kato M, *et al.* Effects of the angiotensin-converting enzyme inhibitor alacepril on exercise capacity and neurohormonal factors in patients with mild-to-moderate heart failure[J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2002, 29(12): 1060–1065.
- [14] Piepoli MF, Corra U, Agostoni PG, *et al.* Statement on cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure due to left ventricular dysfunction. Recommendations for performance and interpretation[J]. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 2006, 13(1): 10–12.
- [15] Ong KC, Loo CM, Ong YY, *et al.* Predictive values for cardiopulmonary exercise testing in sedentary Chinese adults[J]. *Respirol*, 2002, 7(3): 225–231.
- [16] Herdy AH, Uhlendorf D. Reference values for cardiopulmonary exercise testing for sedentary and active men and women[J]. *Arq Bras Cardiol*, 2011, 96(1): 54–59.
- [17] Shen YQ, Wang LM, Che L, *et al.* Reduced cardiopulmonary exercise capacity in patients with chronic heart failure: impact of left ventricular systolic dysfunction[J]. *Chin J Cardiol*, 2010, 90(20): 1395–1398. [沈玉芹, 王乐民, 车琳, 等. 从气体代谢指标判定慢性充血性心力衰竭患者的运动耐受能力[J]. 中华心血管病杂志, 2010, 90(20): 1395–1398.]
- (编辑: 刘子琪)