

运动心肺功能试验在慢性阻塞性肺疾病临床评价中的作用

肖汉, 聂秀红, 任魁, 韩砚茹

[摘要] 目的 探讨运动心肺功能试验(CPET)在慢性阻塞性肺疾病(COPD)临床评价中的作用及与静态肺功能之间的关系。方法 对 26 例稳定期 COPD 患者、30 例正常对照进行踏车下的负荷递增的运动心肺功能和静态肺功能检查。结果 COPD 组最大耗氧量($VO_2\max$)、无氧阈(AT)、最大通气量(VE_{\max})、通气储备(BR)均低于正常对照组($P<0.05$);最大做功(W_{\max})、氧脉搏在两组间无显著性差异($P>0.05$);COPD 组 $VO_2\max$ 、AT、 VE_{\max} 、BR 与第 1 秒用力呼气量(FEV_1)及呼气峰值流量(PEF)呈正相关($P<0.05$),与用力肺活量(FVC)及 FEV_1/FVC 无相关($P>0.05$)。结论 运动心肺功能参数与静态肺功能参数呈相关关系,运动心肺功能测定可用于 COPD 患者早期的临床评价。

[关键词] 慢性阻塞性肺疾病(COPD);运动心肺功能试验(CPET);肺功能检查(PFT);相关性

Cardiopulmonary Exercise Testing in Evaluation for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Diseases XIAO Han, NIE Xiuhong, REN Kui, et al. Department of Respiratory Medicine, Xuanwu Hospital of Capital Medical University, Beijing 100053, China

Abstract: **Objective** To investigate the evaluation of cardiopulmonary exercise test (CPET) in the patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and the relationship with the pulmonary function test (PFT). **Methods** 26 COPD patients and 30 normal controls were examined with CPET and PFT. **Results** The parameters of CPET, including maximum oxygen uptake ($VO_2\max$), anaerobic threshold (AT), maximum minute ventilation (VE_{\max}) and breathing reserve (BR) were lower in COPD group than those in control group ($P<0.05$). There were no significant differences in W_{\max} , oxygen pulse ($O_2\text{pulse}$) between two groups ($P>0.05$). $VO_2\max$, AT, VE_{\max} and BR were positively correlated with forced expiratory volume in one second (FEV_1) and peak expiratory flow (PEF) in COPD group ($P<0.05$), but were not correlated with forced vital capacity (FVC) and FEV_1/FVC ($P>0.05$). **Conclusion** The pulmonary function of COPD patients can be evaluated with CPET, especially $VO_2\max$, AT, VE_{\max} and BR.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease (COPD); cardiopulmonary exercise test (CPET); pulmonary function test (PFT); correlation

[中图分类号] R562.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-9771(2009)05-0419-03

[本文著录格式] 肖汉, 聂秀红, 任魁, 等. 运动心肺功能试验在慢性阻塞性肺疾病临床评价中的作用[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(5): 419—421.

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是一种以气流受限为特征的疾病。气流受限不完全可逆,呈进行性发展,与肺部对有害气体或有害颗粒的异常炎症反应有关^[1]。目前常采用静态肺功能第 1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV_1)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)等来评估肺功能减退的程度,但无法反映患者在运动状态下的情况和心肺功能的储备。运动心肺功能试验(cardiopulmonary exercise test, CPET)是指在特定的运动负荷下对受试者的心肺功能进行联合测定和综合评估,是目前国际上普遍使用的评价人体呼吸和循环功能水平的心肺功能检查方法。国外已用于 COPD 的病理生理学研究、疗效评价和手术危险性评估、指导康复等^[2]。

1 对象与方法

1.1 对象 COPD 组:随机选择咳嗽、咳痰每年超过 3

个月,连续 2 年以上,用支气管扩张剂后 $FEV_1/FVC\% < 70\%$ 且 $FEV_1\% \geq 80\%$ 的稳定期且无运动障碍患者 26 例,其中男 19 例,女 7 例,年龄(51 ± 5)岁。COPD 诊断与分级参照 2007 年中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组制订的“慢性阻塞性肺疾病(COPD)诊治指南”^[3]。正常对照组为我院门诊体检的非吸烟健康成人 30 名,其中男 19 名,女 11 名,年龄(50 ± 8)岁。两组检测对象均排除可能影响运动试验结果的疾病及因素,如血液或内分泌疾病、体育工作者、过度疲劳者。

1.2 试验方法

1.2.1 试验前准备 两组受测试对象试验前均经询问病史,测量身高、体重、血压、脉搏、心率,并进行心肺物理诊查并说明测试方法。测试对象在餐后 2 h 后进行, COPD 组在测试前 48 h 内暂停用和本病相关的治疗性药物。记录测试当日的室温、气压并输入检测系统。

1.2.2 静态肺功能检查 使用美国森迪思 Vmax229 肺功能仪,测定用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气量(forced expiratory volume

作者单位:首都医科大学宣武医院呼吸内科,北京市 100053。作者简介:肖汉(1974-),男,湖南常德市人,硕士研究生,主治医师,主要研究方向:呼吸系统疾病。通讯作者:聂秀红。

in one second, FEV₁)、呼气峰值流量(peak expiratory flow, PEF)、肺活量(vital capacity, VC)、残气量(residual volume, RV)、肺总量(total lung capacity, TLC)、残气肺总量比(RV/TLC)、深吸气量(inspiratory capacity, IC)及 CO 弥散量(carbon monoxide transfer capacity, DLCO)。

1.2.3 运动心肺功能检查 静态肺功能检查结束后休息 15 min,然后使用美国森迪斯 Vmax299 综合心肺功能测试系统测定运动心肺功能。采用症状自限性踏车负荷递增法^[4],要求踏车转速保持在 60 转/min 左右,负荷连续递增时间控制在 6~8 min,负荷递增为 10~25 W/min^[4]。先让受试者进行 2 min 无负荷热身运动,接着以 25 W 起始进行负荷连续递增运动,直至出现力竭无法维持转速,或出现胸闷、心前区疼痛、视物模糊、面色苍白、紫绀、心电图 ST-T 呈缺血性改变,视为达到极量点,即结束试验。立刻降低负荷为 0,缓慢踏车 2 min 做整理活动。整个运动时间控制在 8~12 min。运动过程中监测各项生理参数,最后得到最大摄氧量(maximum oxygen uptake, VO₂max)、最大公斤摄氧量(VO₂max/kg)、无氧阈(anaerobic threshold, AT)、无氧阈占预计最大摄氧量百分比(AT%pred)、最大做功(Wmax)、最大通气量(maximum minute ventilation, VEmax)、呼吸储备(breathing re-

serve, BR)、最大心率(maximum heart rate, HRmax)、心率储备(heart rate reserve, HRR)、氧脉搏(oxygen pulse, O₂pulse)各项指标。

1.3 统计学方法 计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,应用 SPSS 11.0 软件进行独立样本 *t* 检验,计数资料采用四格表 χ^2 检验,相关分析采用直线回归分析。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般情况 COPD 组与正常对照组一般情况无显著性差异($P>0.05$)。见表 1。

2.2 静态肺功能 COPD 组 FEV₁、FEV₁/FVC、PEF 均低于正常对照组($P<0.05$);RV 和 RV/TLC 高于正常对照组($P<0.05$),FEV₁%、TLC、IC、DLCO 两组间无显著性差异($P>0.05$),见表 2。

2.3 运动心肺功能 所有受试者都能完成检查过程,停止运动的原因均为腿部疲劳,无法维持转速。试验过程中未有受试者出现紫绀、胸痛、SPO₂ 下降超过 4%或降低至<90%、心电图出现较明显的缺血性改变或心律失常、明显的呼吸困难等情况。运动心肺功能试验中 VO₂max、VO₂max/kg、AT、AT%、VEmax、BR 在 COPD 组显著低于正常对照组($P<0.05$);Wmax、O₂Pulse、HRmax、HRR 在两组受试者间无显著性差异。见表 3。

表 1 两组一般情况比较

组别	n	性别(男/女)	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)
COPD 组	26	19/7	50.77±5.45	165.69±6.07	69.35±11.00
对照组	30	19/11	49.47±7.77	166.37±6.91	68.85±10.63
统计量		0.549	1.112	1.454	1.358
<i>P</i>		0.402	0.224	0.156	0.163

表 2 两组静态肺功能比较

组别	n	FEV ₁ (L)	FEV ₁ /FVC(%)	FEV ₁ %	PEF(L/s)	RV(L)	TLC(L)	RV/TLC(%)	IC(L)	DLCO%
COPD 组	26	2.34±0.52	67.04±2.72	84.12±3.54	6.06±1.21	1.89±0.30	5.22±0.76	36.08±5.94	2.42±0.66	109.27±10.27
对照组	30	2.78±0.48	83.03±3.16	88.93±7.47	7.01±1.59	1.62±0.29	5.01±0.83	31.47±5.07	2.57±0.70	106.07±12.87
<i>t</i>		2.396	2.690	1.662	3.501	2.412	1.020	2.507	1.533	0.875
<i>P</i>		0.022	0.006	0.112	0.001	0.018	0.256	0.012	0.134	0.431

表 3 两组运动试验比较

组别	n	VO ₂ max(L/min)	VO ₂ max/kg(ml/kg·min)	AT(L/min)	AT%	VEmax(L/min)	BR(%MVV)	Wmax(W)	O ₂ Pulse(ml/beat)	HRmax(/min)	HRR(/min)
COPD 组	26	1.46±0.40	19.93±6.22	0.89±0.29	38.35±0.07	56.43±14.54	27.23±9.21	134.73±32.52	9.41±2.86	142.54±8.64	15.19±6.85
对照组	30	1.94±0.48	26.31±5.91	1.09±0.24	46.13±0.05	66.84±13.59	39.73±7.83	138.73±29.02	10.93±3.54	142.03±12.71	17.33±11.28
<i>t</i>		2.688	2.596	2.584	2.663	3.112	3.014	1.352	1.703	0.652	0.688
<i>P</i>		0.007	0.013	0.017	0.011	0.003	0.004	0.156	0.084	0.628	0.482

2.4 运动试验和静态肺功能相关性 在 COPD 组中,VO₂max 和 FEV₁($r=0.403, P<0.05$)、PEF($r=0.503, P<0.05$)、AT 和 FEV₁($r=0.468, P<0.05$)、PEF($r=0.603, P<0.01$)、Wmax 和 FEV₁($r=0.685, P<0.01$)、PEF($r=0.717, P<0.01$)、VEmax 和 FEV₁($r=0.478, P<0.05$)、PEF($r=0.440, P<0.05$)、BR 和 FEV₁($r=0.537, P<0.01$)、PEF($r=0.672, P<0.01$)均呈正相关;但上述各项运动心肺功能指标和

IC、FEV₁/FVC 及 FEV₁%无显著相关性($P>0.05$)。

3 讨论

COPD 是呼吸系统疾病中严重危害公众健康的主要病种之一,目前已是世界上第 4 位的主要死亡原因。FEV₁ 是 COPD 诊断、疾病分级及评估预后的常用指标^[1]。但 FEV₁ 主要反映气流阻塞的情况,对早期 COPD 评价有一定的局限性^[2],特别是在我国,由于人群、地域、经济、实验室等差异,目前尚无公认统一的静

态肺功能预计值标准,故单独依靠静态肺功能对 COPD 早期进行评估有所不足。有文献提出 CPET 参数,特别是 $VO_2\max$ 更能反映肺功能的实际情况,故美国医学会在肺功能分级标准中加入了 VO_2/kg 的指标^[5]。本文结果显示,对于主要反映综合心肺运动能力的指标 $VO_2\max$ 、 $VO_2\max/kg$ 、AT, COPD 组与正常对照组相比明显下降,和以往的文献报道相似^[6-7]。这可能是由于 COPD 早期已经出现通气功能下降,导致运动状态下摄氧能力受损。

在静态肺功能检查中, FEV_1 和 PEF 作为呼吸道通畅程度、胸肺弹性及呼吸力量的综合指标,主要反映受试者的综合呼吸能力;而 FEV_1/FVC 和 $FEV_1\%$ 主要判断气流受阻的程度。本文结果显示, $VO_2\max$ 、AT 与 FEV_1 和 PEF 呈显著正相关,但和 FEV_1/FVC 和 $FEV_1\%$ 并无显著相关性,这提示在 COPD 早期可能不仅仅只出现气流受阻,而是在气流受阻前就已经开始出现运动机能的异常,这为 COPD 的早期诊断和高危人群的疾病筛查提供了新的指标。

本文结果显示, COPD 组 VE_{\max} 、BR 比正常对照组明显减低,而且 VE_{\max} 、BR 与 FEV_1 和 PEF 呈显著正相关,与以往文献报道相似^[8-9];但和 FEV_1/FVC 和 $FEV_1\%$ 并无相关性,表明 COPD 患者的早期已经出现肺通气储备功能的损害,当肺通气储备功能受损到一定程度后才开始出现气流受阻情况,提示 VE_{\max} 、BR 同样可作为 COPD 的高危人群筛查和疾病早期的评价指标。

轻度 COPD 患者与对照组比较, HR_{\max} 、 HRR 、 O_2 pulse 无显著性差异,表明在轻度 COPD 患者虽然肺功能已经有明显损害,但此时的肺功能受损尚未累及心功能,所以患者的心率储备功能和心脏泵血输送氧的能力仍然正常, COPD 患者肺功能受损到何种程度后开始出现心脏功能的损害还需进一步探讨。

W_{\max} 是反映运动耐力的直接指标,其受多种因素的影响。本研究中 COPD 组及正常对照组比较 W_{\max} 无显著性差异,同以往文献报道不同^[10-11],这可能是由于病例选择上疾病严重程度差异所致。以往文献报道多为中重度患者,而本研究所选择为轻度患者。轻度 COPD 患者的肌肉功能、心功能尚未明显受损,故运动耐力较之健康成人并无明显下降,这也提示在 COPD 早期的运动康复治疗处方可以参照健康成人的运动强度制定。

COPD 患者运动时出现腿部疲劳和呼吸困难是其运动受限的主要原因^[12-13]。在进行心肺运动试验时,本实验受试者均是因为腿部疲劳而终止踏车,未出现

明显呼吸困难、紫绀等情况, SpO_2 也未见明显下降。表明在轻度 COPD 患者,其心肺功能仍处于相对的代偿状态,并未引起运动能力明显受限,也不致引起运动性低氧血症的发生,提示轻度 COPD 患者在疾病稳定期进行 CPET 检查及进行运动康复锻炼是相对安全的。

综上所述, $VO_2\max$ 、AT、 VE_{\max} 及 BR 在 COPD 患者疾病初期即已出现下降,可将这几项参数作为早期 COPD 临床评价的指标,以帮助在高危人群中进行疾病的筛查,判断 COPD 的治疗时机,达到早期治疗、防治严重并发症的目的。对轻度 COPD 患者进行运动心肺功能试验是相对安全的,同时可鼓励此类患者尽早进行运动康复锻炼,而如何应用 CPET 参数指导运动康复治疗尚需进一步研究探讨。

[参考文献]

- [1] Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease; GOLD executive summary[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2007, 176(6): 532-555.
- [2] National Collaborating Centre for Chronic Conditions. Chronic obstructive pulmonary disease: national clinical guideline on management of chronic obstructive pulmonary disease in adults in primary and secondary care[J]. Thorax, 2004, 59(Suppl 1): 1-232.
- [3] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2007 年修订版)[J]. 中华呼吸和结核杂志, 2007; 30: 7-16.
- [4] Sood A, Redlich CA. Pulmonary function tests at work[J]. Clin Chest Med, 2001, 22(4): 783-793.
- [5] American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 167: 211-277.
- [6] Ong KC, Ong YY. Cardiopulmonary exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Ann Acad Med Singapore, 2000, 29(5): 648-652.
- [7] Pinto-Plata VM, Celli-Cruz RA, Vassaux C, et al. Differences in cardiopulmonary exercise test results by American Thoracic Society/European Respiratory Society—Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease stage categories and gender[J]. Chest, 2007, 132: 1204-1211.
- [8] Calvert LD, Shelley R, Singh SJ, et al. Dichloroacetate enhances performance and reduces blood lactate during maximal cycle exercise in chronic obstructive pulmonary disease[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2008, 177: 1090-1094.
- [9] Geddes EL, O'Brien K, Reid WD, et al. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review[J]. Respir Med, 2008, 102: 1715-1729.
- [10] Holverda S, Bogaard HJ, Groepenhoff H, et al. Cardiopulmonary exercise test characteristics in patients with chronic obstructive pulmonary disease and associated pulmonary hypertension[J]. Respiration, 2008, 76(2): 160-167.
- [11] Albuquerque AL, Nery LE, Villaca DS, et al. Inspiratory fraction and exercise impairment in COPD patients GOLD stages II-III[J]. Eur Respir J, 2006, 28(5): 939-944.
- [12] Van HA, Gosselink R, Hollander P, et al. Training with inspiratory pressure support in patients with severe COPD[J]. Eur Respir J, 2006, 27(1): 65-72.
- [13] Ferrazza AM, Martolini D, Valli G, et al. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patients with pulmonary diseases[J]. Respiration, 2009, 77(1): 3-17.

(收稿日期: 2009-03-11)