

# 心肺功能运动试验与静态肺功能判定肺损伤的比较

邓国祥<sup>1</sup>, 王治明<sup>2</sup>, 王绵珍<sup>2</sup>, 兰亚佳<sup>2</sup>, 孙学川<sup>3</sup>

(1. 山西医科大学第一附属医院, 山西 太原 030001 2. 四川大学卫生学院, 四川 成都 610041; 3. 广州解放军体育学院体能训练研究所, 广东 广州 510500)

**摘要:** 目的 比较心肺功能运动试验与静态肺功能测定结果的灵敏度和特异度, 探讨心肺功能运动试验在尘肺伤残程度鉴定中的运用。方法 选取 I 期煤工尘肺病人 69 名, 正常对照 182 名, 所有对象进行心肺功能运动试验和静态肺功能测定; 计算灵敏度、特异度, 判断肺损伤的一致性和相关性。结果 静态肺功能指标中, FVC 特异度最高 (91.2%), 但灵敏度最低 (28.9%); RV/TLC% 灵敏度最高 (84.5%), 但特异度最低 (61.5%)。在运动试验指标中, 最大摄氧量和调整的最大二氧化碳通气当量的特异度分别为 97.4% 和 93.5%, 灵敏度仅为 34.4% 和 75.0%, 似然比、准确率高于静态肺功能指标。运动试验指标与静态肺功能指标判断损伤之间有相关性和一致性, 但相关程度和一致程度不高。结论 运动试验指标与静态肺功能指标在相同程度肺损伤评定上有很大差异, 静态肺功能不能准确评定体力能力的大小和丧失, 在我国尘肺伤残评定方面应考虑采用心肺功能运动试验。

**关键词:** 心肺功能运动试验; 静态肺功能; 尘肺; 损害/伤残; 评价

中图分类号: R131; R449 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2005)0269-04

## Comparison of cardiopulmonary exercise test with resting pulmonary function test in evaluating pulmonary impairment

DENG Guo-xiang, WANG Zhi-ming, WANG Mian-zhen, LAN Ya-jia, SUN Xue-chuan

(1. Department of Radiology, The First Clinical Medical College, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China; 2. Public Health College, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 3. Guangzhou People Liberation Army Gymnasium College, Guangzhou 510500, China)

**Abstract Objective** To compare the sensitivity and specificity of cardiopulmonary exercise test (CPET) with those of resting pulmonary function test (PFT), in order to approach to applying CPET for evaluating the impairment and disability of pulmonary function due to pneumoconiosis. **Method** Totally, 251 subjects were recruited and divided into two groups, 69 patients with pneumoconiosis of stage I, and 182 normal controls unexposed to dust. They were determined by CPET and resting PFT. The sensitivity and specificity of the tests, and consistence and correlation between CPET and resting PFT were calculated. **Result** In PFT, FVC% showed the highest specificity (91.2%) and the lowest sensitivity (28.9%), but RV/TLC% showed the highest sensitivity (84.5%) and the lowest specificity (61.5%). However, in CPET, the specificity of maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and adjusted maximal ventilatory equivalent for  $CO_2$  ( $AdVE/VCO_{2max}$ ) were 97.4% and 93.5%, respectively, and the sensitivities of those were 34.4% and 75.0%, respectively. The likelihood ratio and accuracy of CPET were higher than those of resting PFT. There were only weak or moderate correlation and consistence between CPET and resting PFT. **Conclusion** There existed a large difference in judging pulmonary impairment of the same degree between CPET and resting PFT. Maximal physical capacity and its loss could not precisely be predicted by resting PFT. For our country, CPET should be considered to use in evaluating pulmonary function impairment due to pneumoconiosis.

**Key words:** Cardiopulmonary exercise test; Resting pulmonary function test; Pneumoconiosis; Impairment/disability; Evaluation

世界卫生组织建议, 对肺疾患引起的伤残评定既要求有肺功能的丧失又要求体能方面的信息<sup>[1]</sup>。心肺功能运动试验不仅可以客观地评定体力能力还可以灵敏地反映心肺功能状况, 评定肺的损伤程度, 心肺功能运动试验方法日益受到重视。然而, 在我国心肺功能运动试验的研究报道甚少, 尚未制定心肺功能运动

试验评定肺疾患伤残程度的方法和标准<sup>[2]</sup>。为此, 我们做了该方面的研究探讨。

### 1 对象与方法

#### 1.1 对象

研究对象共 251 名, 全部为男性, 其中尘肺病人组 69 名, 正常对照组 182 名。尘肺病人为四川省尘肺诊断组诊断的 I 期煤工尘肺病人。对照组来自成都某企业工人和郊县农民, 无心脏病史, 血红蛋白检验和 X 线胸片无异常。

收稿日期: 2005-01-07; 修回日期: 2005-03-08

作者简介: 邓国祥 (1957-), 男, 博士, 副主任医师, 主要研究方向: 尘肺。

### 1.2 仪器

CJ-F231E 肺功能自动分析仪 (上海医疗器械研究所生产), 心肺功能仪由德国 Jaeger 公司生产, LE6000 型踏板为德国 Jaeger 公司生产, 心率监视仪日本 Hellige 公司生产。

### 1.3 指标

静态肺功能指标: 用力肺活量占预计值百分比 (FVC%)、一秒用力呼气容积占预计值百分比 (FEV<sub>1.0</sub>%)、残气容积 (RV) 占肺总量 (TLC) 百分比 (RV/TLC%)、一秒用力呼气容积与用力肺活量百分比 (FEV<sub>1.0</sub>/FVC%)。计算 FVC% 和 FEV<sub>1.0</sub>% 的预计值采用华西医科大学尘肺研究室的预计值公式。运动试验指标: 最大摄氧量 (VO<sub>2</sub> max)、最大运动时二氧化碳通气当量 (VE/VCO<sub>2</sub> max)、无氧阈位点时二氧化碳通气当量 (VE/VCO<sub>2</sub> AT)。VO<sub>2</sub> max 根据出现摄氧平台或呼吸商超过 1.15 判定, 无氧阈 (AT) 采用 V 斜率法判定<sup>[3,4]</sup>。最大运动时调整的二氧化碳通气当量 (AdVE/VCO<sub>2</sub> max) 为本文提出的一项新指标, 它是将最大二氧化碳排除量 (VCO<sub>2</sub> max) 除以 VE/VCO<sub>2</sub> max, 调整到 VCO<sub>2</sub> max=1 标准状态, 目的是消除受试者运动功率不同所造成的结果差异。

### 1.4 方法

静态肺功能测定: 肺通气功能测定采用常规测定方法, 取立位, 重复 3 次, 取其最大值; 残气容积测定采用密闭式氮稀释-重复呼吸法, 受试者取坐位; 各指标均校正至体温环境水蒸气饱和和气体状态 (BTPS)。运动试验测定: 受试者测试前在跑台上练习 2 min 后, 运动时不扶护栏, 运动到竭力为止; 运动方案按美国 ATS 推荐的 Wisk 方案进行<sup>[5]</sup>。

### 1.5 判定肺损伤标准

静态肺功能判定肺损伤程度依据我国肺功能损伤分级标准 (GB/T96)<sup>[2]</sup>。运动试验指标 VO<sub>2</sub> max 判定肺损伤采用美国 ATS 标准<sup>[5]</sup>; VE/VCO<sub>2</sub> AT 和 VE/VCO<sub>2</sub> max 按目前多数文献报道的界值来判定, 前者为 34, 后者为 36<sup>[3,4]</sup>; AdVE/VCO<sub>2</sub> max 则以对照组 2 倍标准差的上限来确定, 本研究结果为 21。

## 2 结果

### 2.1 肺功能指标判定损伤的结果比较

2.1.1 两组的静态肺功能判定损伤人数比较 由表 1 可见, 尘肺组的肺功能损伤百分率显著高于对照组, 组间的损伤率经  $\chi^2$  检验差异都具有极显著性 ( $P < 0.01$ )。

表 1 两组静态肺功能损伤的人数比较

| 组别         | n   | FVC%     |         | FEV <sub>1.0</sub> % |          | FEV <sub>1.0</sub> /FVC% |          | RV/TLC%  |          |
|------------|-----|----------|---------|----------------------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|
|            |     | < 80     | < 60    | < 80                 | < 60     | < 70                     | < 55     | > 35     | > 45     |
| 尘肺组        | 69  | 20 (29%) | 7 (10%) | 41 (58%)             | 27 (42%) | 54 (77%)                 | 29 (42%) | 59 (85%) | 39 (57%) |
| 对照组        | 182 | 15 (8%)  | 4 (2%)  | 25 (14%)             | 7 (4%)   | 41 (22%)                 | 8 (4%)   | 70 (38%) | 21 (11%) |
| $\chi^2$ 值 |     | 17.47    | 7.37    | 52.18                | 51.91    | 63.71                    | 58.01    | 42.49    | 54.38    |

2.1.2 静态肺功能指标的灵敏度和特异度 见表 2。灵敏度最高的指标是 RV/TLC%, 特异度最高的指标是 FVC%; 4 项指标并联 (parallel tests) 的特异度为 48.9%, 假阳性率 51.1%; 4 项指标串联 (serial tests) 的灵敏度为 28.9%, 假阴性率为 71.1%。混合试验 (mixed tests) (4 项指标中必须 FEV<sub>1.0</sub>/FVC% 和 RV/TLC% 达到损伤标准, 同时要求 FEV<sub>1.0</sub>% 或 FVC% 其中 1 项也达到损伤标准) 准确率最高。

表 2 静态肺功能指标灵敏度和特异度比较

| 项目        | FVC% | FEV <sub>1.0</sub> % | FEV <sub>1.0</sub> /FVC% | RV/TLC% | 串联   | 并联   | 混合   |
|-----------|------|----------------------|--------------------------|---------|------|------|------|
| 病人组阳性人数   | 20   | 40                   | 53                       | 59      | 20   | 64   | 40   |
| 无病组阴性人数   | 167  | 155                  | 139                      | 112     | 176  | 89   | 169  |
| 准确率 (%)   | 74.1 | 77.6                 | 76.5                     | 68.1    | 78.1 | 60.9 | 83.2 |
| 灵敏度 (%)   | 28.9 | 57.9                 | 75.8                     | 84.5    | 28.9 | 92.7 | 57.9 |
| 特异度 (%)   | 91.2 | 85.6                 | 76.4                     | 61.5    | 97.2 | 48.9 | 93.4 |
| 阳性预测值 (%) | 55.5 | 60.6                 | 56.4                     | 45.7    | 80.0 | 40.7 | 76.9 |
| 阴性预测值 (%) | 76.8 | 83.7                 | 89.1                     | 91.1    | 77.8 | 84.7 | 84.9 |
| 阳性似然比     | 3.2  | 4.0                  | 3.3                      | 2.2     | 10.2 | 1.8  | 8.7  |

### 2.2 运动试验指标判定损伤的结果比较

2.2.1 两组的心肺功能运动试验判定损伤人数比较 尘肺组 69 人中 5 例因心律失常或高血压没能完成运动试验, 对照组 182 人中 168 例进行了运动试验测定, 其中 13 人因疾病或主观原因没能完成运动试验。由表 3 可见, 尘肺组的肺损伤率显著高于对照组, 组间的损伤率经  $\chi^2$  检验差异都具有极显著性 ( $P < 0.01$ )。

表 3 两组心肺功能运动试验异常人数比较

| 组别         | n   | VO <sub>2</sub> max   | VE/VCO <sub>2</sub> AT | VE/VCO <sub>2</sub> max | AdVE/VCO <sub>2</sub> max |
|------------|-----|-----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
|            |     | [ml/(kg·min)]<br>< 25 | > 34                   | > 36                    | > 21                      |
| 尘肺组        | 64  | 22 (34%)              | 43 (67%)               | 42 (66%)                | 48 (75%)                  |
| 对照组        | 155 | 4 (3%)                | 25 (16%)               | 30 (19%)                | 10 (6%)                   |
| $\chi^2$ 值 |     | 44.06                 | 54.29                  | 40.16                   | 109.04                    |

2.2.2 运动试验指标的灵敏度和特异度 见表 4。VO<sub>2</sub> max < 25 ml/(kg·min) 判定损伤, 其特异度和似然比最高; AdVE/VCO<sub>2</sub> max > 21 判定损伤的灵敏度和

准确率最高。

表 4 4种心肺功能运动试验指标灵敏度和特异度比较

| 项目        | VO <sub>2</sub> max<br>ml/(kg·min)<br>< 25 | VE/VCO <sub>2</sub> AT<br>> 34 | VE/VCO <sub>2</sub> max<br>> 36 | AdVE/VCO <sub>2</sub> max<br>> 21 |
|-----------|--|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|           | 病人组阳性人数                                    | 22                             | 43                              | 42                                |
| 非病组阴性人数   | 151  | 130                            | 125                             | 145                               |
| 准确度 (%)   | 79.0                                       | 79.0                           | 76.2                            | 88.1                              |
| 灵敏度 (%)   | 34.4                                       | 67.2                           | 65.6                            | 75.0                              |
| 特异度 (%)   | 97.4                                       | 83.9                           | 80.6                            | 93.5                              |
| 阳性预测值 (%) | 84.6                                       | 63.3                           | 58.3                            | 82.8                              |
| 阴性预测值 (%) | 78.2                                       | 86.1                           | 85.0                            | 90.1                              |
| 阳性似然比     | 13.2                                       | 4.1                            | 3.3                             | 11.6                              |

2.3 静态肺功能与心肺功能运动试验判定损伤的一

表 5 VO<sub>2</sub> max与静态肺功能判定损伤一致性分析

| VO <sub>2</sub> max | FVC%     |       |      | FEV <sub>1.0</sub> % |       |      | FEV <sub>1.0</sub> /FVC% |       |      | RV/TLC%  |       |      |
|---------------------|----------|-------|------|----------------------|-------|------|--------------------------|-------|------|----------|-------|------|
|                     | ≥80      | 60~79 | < 60 | ≥80                  | 60~79 | < 60 | ≥75                      | 55~74 | < 55 | ≤35      | 36~45 | > 45 |
| ≥25                 | 174      | 14    | 5    | 154                  | 24    | 15   | 131                      | 43    | 19   | 101      | 57    | 35   |
| 20~24               | 12       | 6     | 3    | 8                    | 3     | 10   | 4                        | 7     | 10   | 6        | 4     | 11   |
| < 20                | 2        | 2     | 1    | 0                    | 1     | 4    | 0                        | 0     | 5    | 0        | 1     | 4    |
| kappa 值             | 0.255 ** |       |      | 0.204 **             |       |      | 0.195 **                 |       |      | 0.065    |       |      |
| r 值                 | 0.333 ** |       |      | 0.454 **             |       |      | 0.452 **                 |       |      | 0.292 ** |       |      |

\*\* 差异有极显著性

表 6 静态肺功能指标与 VE/VCO<sub>2</sub>AT判定损伤的一致性和相关性

| VE/VCO <sub>2</sub> AT | FVC%    |      | FEV <sub>1.0</sub> % |      | FEV <sub>1.0</sub> /FVC% |      | RV/TLC%  |      |
|------------------------|---------|------|----------------------|------|--------------------------|------|----------|------|
|                        | ≥80     | < 80 | ≥80                  | < 80 | ≥75                      | < 75 | ≤35      | > 35 |
| ≤34                    | 135     | 16   | 119                  | 32   | 103                      | 48   | 90       | 61   |
| > 34                   | 53      | 15   | 43                   | 25   | 32                       | 36   | 17       | 51   |
| kappa 值                | 0.158 * |      | 0.164 *              |      | 0.204 **                 |      | 0.329 ** |      |
| r 值                    | 0.148 * |      | 0.163 *              |      | 0.201 **                 |      | 0.301 ** |      |

\* 差异有显著性, \*\* 差异有极显著性

表 7 AdVE/VCO<sub>2</sub> max与静态肺功能指标判定损伤的一致性和相关性比较

| AdVE/VCO <sub>2</sub> max | FVC%    |      | FEV <sub>1.0</sub> % |      | FEV <sub>1.0</sub> /FVC% |      | RV/TLC% |      |
|---------------------------|---------|------|----------------------|------|--------------------------|------|---------|------|
|                           | ≥80     | < 80 | ≥80                  | < 80 | ≥75                      | < 75 | ≤35     | > 35 |
| ≤21                       | 151     | 10   | 134                  | 27   | 118                      | 43   | 95      | 66   |
| > 21                      | 37      | 21   | 28                   | 30   | 17                       | 41   | 12      | 46   |
| kappa 值                   | 0.36 ** |      | 0.35 **              |      | 0.39 **                  |      | 0.30 ** |      |
| r 值                       | 0.39 ** |      | 0.35 **              |      | 0.40 **                  |      | 0.34 ** |      |

\*\* 差异有极显著性

3 讨论

在我国, 对于肺功能损伤程度的确定是以静态肺功能测定和血气分析来进行判定和分级的。轻度和中度损伤则依据 6 个静态肺功能指标, 即 FVC%、

致性分析

2.3.1 最大摄氧量与静态肺功能判定损伤的一致性和相关性 VO<sub>2</sub> max与静态肺功能指标判定的损伤程度之间相关关系和一致性分析见表 5。除 RV/TLC% 没有一致性外, 其他静态肺功能各指标与 VO<sub>2</sub> max 间均有相关性和一致性, 但相关程度和一致程度不高。

2.3.2 二氧化碳通气当量与静态肺功能指标判定损伤的相关性和一致性 VE/VCO<sub>2</sub> AT和 AdVE/VCO<sub>2</sub> max与静态肺功能各指标判定损伤均有相关性和一致性, AdVE/VCO<sub>2</sub> max与静态肺功能指标的相关程度和一致程度高于 VE/VCO<sub>2</sub> AT, 但相关程度和一致程度都不高。见表 6、7。

FEV<sub>1.0</sub>%、FEV<sub>1.0</sub>/FVC%、RV/TLC%、MVV 和 DLCO<sub>2</sub>。在美国, FEV<sub>1.0</sub>、FVC、FEV<sub>1.0</sub>/FVC%、和 DLCO<sub>2</sub> 4 项指标被推荐为确定肺损伤的主要指标。

本研究显示, 4 个静态肺功能指标中, FVC 特异度最高, 但灵敏度最低 (28.9%), 即有 71.1% 的尘肺病人会被判定为肺功能无损伤; RV/TLC% 灵敏度最高, 但特异度最低 (61.5%), 在非病人中按 RV/TLC% 判定则有 38.5% 的人会出现阳性结果。由于指标并联不能提高特异度, 指标串联不能提高灵敏度, 显然应用任何单项静态肺功能指标或指标串联或并联判定肺功能损伤都是不合适的。本文采用混合试验, 将 FEV<sub>1.0</sub>和 FVC 并联, 然后与 FEV<sub>1.0</sub>/FVC%和 RV/TLC% 串联, 其准确率为 83.2%。王绵珍<sup>[6]</sup>对 247 例 I 期尘肺肺功能进行过测定, 认为单项指标反映肺功能损伤不全面, 而采用混合试验方法更符合我国国情。我们认为混合试验方法优于单项指标或 4 项指标串联或并联, 因而在鉴定分级中采用混合试验是合适的。

欧美多数国家把 VO<sub>2</sub> max < 25 ml/(kg·min) 作为损伤的界值, VO<sub>2</sub> max 为 20~24 ml/(kg·min) 被评为轻度损伤, 15~19 ml/(kg·min) 被评定为中度损伤,

$< 15 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{min})$  评定为重度损伤。本调查以  $\text{VO}_2 \text{ max} < 25 \text{ ml}/(\text{kg} \cdot \text{min})$  为判定损伤的界值, 尘肺组 64 人中有 22 人被判定为损伤, 判定损伤的灵敏度为 34%; 对照组 155 人中有 4 人判定为损伤, 特异度为 97.42%。运动试验指标二氧化碳通气当量, 是反映肺通气效率的指标, 在各国伤残评定中尚未被应用。本研究按多数文献报道的界值判定损伤。VE/VCO<sub>2AT</sub> 和 VE/VCO<sub>2 max</sub> 的灵敏度、特异度和准确度分别为 67.2%、83.9%、79.0% 和 65.6%、80.6%、76.2%。由于 VE/VCO<sub>2</sub> 不仅与肺的通气效率有关, 还与运动负荷量有关<sup>[7]</sup>, 因而多采用无氧阈值点或最大运动位点二氧化碳通气当量进行比较。在本研究中我们可观察到, 体质较好、运动量较大的正常人的 VE/VCO<sub>2 max</sub> 值较高的不合理情况。本文采用一种新方法, 将 VE/VCO<sub>2 max</sub> 进行调整, 调整到 VCO<sub>2 max</sub> = 1 标准状态, 以消除运动量不一致的影响。调整后的二氧化碳通气当量 (AdVE/VCO<sub>2 max</sub>) 判定损伤的灵敏度、特异度和准确度分别为 75.0%、93.5% 和 88.1%, 其灵敏度、特异度和准确度较 VE/VCO<sub>2 max</sub> 有明显提高。

对心肺功能运动试验与静态肺功能两种测定方法的指标进行比较, 运动试验指标 VO<sub>2 max</sub> 特异性、准确率和似然比显著高于静态肺功能指标, 但灵敏度较低。VE/VCO<sub>2AT</sub> 指标准确度与静态肺功能指标相差不多。AdVE/VCO<sub>2 max</sub> 不仅特异性高, 而且灵敏度也较高。用于评定损伤尚需进一步研究。

关于静态肺功能与运动试验指标判定损伤的一致性, 许多研究对此进行过探讨。Oren A<sup>[1]</sup> 对 78 名接尘工人的研究表明, 按美国 ATS 标准, 有 1/3 静态肺功能正常的人运动试验却发现 VO<sub>2 max</sub> 降低; 而 1/3 静态肺功能异常的人其 VO<sub>2 max</sub> 是正常的。本研究显示, 反映体能的指标 VO<sub>2 max</sub> 与 FVC%、FEV<sub>1.0</sub>%、FEV<sub>1.0</sub>/FVC% 均存在相关性和一致性, 但相关程度和一致程度都不高。反映肺通气效率的指标 VE/VCO<sub>2AT</sub> 和 AdVE/VCO<sub>2 max</sub> 与静态肺功能各指标也存在相关性和一致性, 同样相关程度和一致程度都不高。近 10 多年研究表明, 运动试验与静态肺功能相关性和一致性较弱, 在相同程度肺损伤评定上有很大差异<sup>[8~12]</sup>。

静态肺功能虽是一项客观反映肺功能损伤的测定方法, 可以对肺功能的降低程度作出定量, 但不能准

确评定体力能力的大小和丢失。根据 WHO 对伤残的定义, 单纯由静态肺功能评定伤残是不全面的。另外静态肺功能的测定受多种因素影响, 特别是受试者的心态和操作者的熟练程度对结果有很大的影响。2003 年, 美国胸腔疾病协会 (ATS/ACCP)<sup>[9]</sup> 重新认识运动试验, 认为静态肺功能不能准确反映运动能力, 运动试验可以提供静态肺功能试验不能获得的信息。心肺功能运动试验, 受主观因素影响较小, 它能反映心血管、呼吸、肌肉骨骼和其他系统的综合能力, 既可以评定损伤又可评定障碍。我们认为在我国尘肺伤残评定方面也应考虑应用心肺功能运动试验。

#### 参考文献:

- [1] Oren A, Sue DY, Hansen JE, et al. The role of exercise testing impairment evaluation [J]. *America Rev Respir Dis*, 1987, 135: 230-235.
- [2] GB/T 16180-96. 职工工伤与职业病致残程度鉴定标准 [S].
- [3] Zeballos RJ. Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing [J]. *Clin Chest Medicine*, 1994, 15 (2): 193-213.
- [4] Weisman LM, Zeballos RJ. An integrated approach to the interpretation of cardiopulmonary exercise testing [J]. *Clin Chest Med*, 1994, 15 (2): 421-425.
- [5] American Thoracic Society. Evaluation of impairment/disability secondary to respiratory disease [J]. *America Rve Respir Dis*, 1986, 133: 1205-1210.
- [6] 王绵珍, 王治明, 王晓蓉, 等. 应用六项肺功能指标进行肺功能损伤分级鉴定的探讨 [J]. *职业卫生与应急救援*, 1997, 15 (1): 13-14.
- [7] Vidal MF, Baraznji K, Winga E, et al. Estimate of pulmonary diffusing capacity for oxygen during exercise in humans from routine O<sub>2</sub> (2) and CO<sub>2</sub> (2) measurements [J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2004, 24 (1): 46-57.
- [8] 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.
- [9] Fink G, Moshe S, Goshen J, et al. Functional evaluation in patients with chronic obstructive pulmonary disease; pulmonary function test versus cardiopulmonary exercise test [J]. *J Occup Environ Med*, 2002, 44 (1): 54-58.
- [10] Smith DD. Pulmonary impairment/disability evaluation: controversies and criticisms [J]. *Clin Pulm Med*, 1995, 2: 334-343.
- [11] Sue DY. Exercise testing in the evaluation of impairment and disability [J]. *Clin Chest Medicine*, 1994, 15 (2): 369-387.
- [12] Cotes JE. Rating respir disability: a report on behalf of workgroup of the European society for clinic respiratory physiology [J]. *Euro Resp J*, 1990, 3: 1074.