

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.001799

心肺运动试验定量评估 PCI 前后心肺功能的临床研究

邓 维¹, 孙兴国², 郭志勇³, 葛万刚², 李 浩², 张 也², 董文涛³,
滕志涛³, 孙杏芸³, 于 辉⁴, 费家玥⁴, 谢友红¹

(1. 重庆医科大学附属大学城医院心血管内科, 重庆 401331; 2. 国家心血管病中心、中国医学科学院阜外医院、北京协和医学院、心血管疾病国家重点实验室、国家心血管疾病临床医学研究中心, 北京 100037;
3. 威海市立医院心肺运动实验室, 威海 264200; 4. 郑州大学第五附属医院心脏康复科, 郑州 450052)

【摘要】目的:探讨症状限制的极限心肺运动试验(cardiopulmonary exercise testing, CPET)在定量评估经皮冠状动脉腔内血管成形术(percutaneous coronary intervention, PCI)前后心肺功能中的临床应用价值。**方法:**利用 CPET 对 12 例正常人及 12 例冠脉造影术确诊冠心病拟行 PCI 的患者手术前后心肺功能分别定量评估, 利用标准化分析对 CPET 指标进行解读; 并在同期测定左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF), 比较手术前后 CPET 指标的变化及与 LVEF 的相关性。**结果:**LVEF 术前[(42.83 ± 5.92)%]与术后[(45.08 ± 4.76)%]比较, 具有统计学差异($P < 0.05$); CPET 核心指标峰值摄氧量、无氧阈值、峰值氧脉搏、摄氧效率平台、二氧化碳通气当量斜率、二氧化碳通气当量最低值、峰值负荷功率、递增功率运动时间正常对照组分别为(1.99 ± 0.19) L/min、(1.22 ± 0.19) L/min、(14.18 ± 2.59) mL/次、(47.10 ± 4.44)、(23.01 ± 2.63)、(25.06 ± 2.43)、(162 ± 17.6) W、(6.47 ± 0.80) min, 术前组上述指标分别为(1.41 ± 0.46) L/min、(0.87 ± 0.23) L/min、(11.43 ± 3.29) mL/次、(40.13 ± 5.18)、(27.85 ± 4.81)、(29.55 ± 3.90)、(112.00 ± 51.10) W、(5.28 ± 1.81) min, 术前组均低于正常对照组($P < 0.05$); 术后组各指标分别为(1.59 ± 0.33) L/min、(1.02 ± 0.20) L/min、(12.37 ± 2.72) mL/次、(39.20 ± 5.60)、(26.93 ± 2.88)、(29.30 ± 2.82)、(132.00 ± 31.70) W、(6.21 ± 1.05) min, 与术前比较, 峰值摄氧量、无氧阈值、峰值氧脉搏、峰值负荷功率、递增功率运动时间均提高, 具有统计学差异($P < 0.05$); 摄氧效率平台、二氧化碳通气当量斜率、二氧化碳通气当量最低值与术前比较无统计学差异($P > 0.05$); CPET 核心指标与 LVEF 呈高度相关(r 值绝对值为 0.579~0.908, 均 $P < 0.05$)。**结论:**CPET 的核心指标可用于无创定量监测 PCI 术前后心肺功能的变化情况, 具有良好的临床应用价值。

【关键词】心肺运动试验; 经皮冠状动脉腔内血管成形术; 左室射血分数; 定量评估

【中图分类号】R541.4

【文献标志码】A

【收稿日期】2018-03-23

Clinical value of cardiopulmonary exercise testing in quantitative evaluation of cardiopulmonary function before and after percutaneous coronary intervention

Deng Wei¹, Sun Xingguo², Guo Zhiyong³, Ge Wangang², Li Hao², Zhang Ye², Dong Wentao³, Teng Zhitao³,
Sun Xingyun³, Yu Hui⁴, Fei Jiayue⁴, Xie Youhong¹

(1. Department of Cardiology, the University-Town Hospital, Chongqing Medical University; 2. National Center for Cardiovascular Disease, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, State Key Laboratory of Cardiovascular Disease, National Center for Cardiovascular Disease Clinical Medicine Research; 3. the Laboratory of Cardiopulmonary Exercise Testing, Weihai Municipal Hospital;
4. Department of Cardiac Rehabilitation, the Fifth Affiliated Hospital, Zhengzhou University)

【Abstract】Objective: To investigate the clinical value of symptom-limited cardiopulmonary exercise testing (CPET) in the quantitative evaluation of cardiopulmonary function before and after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods:** A total of 12 healthy individuals and 12 patients who were diagnosed with coronary heart disease by coronary angiography and planned to undergo PCI were enrolled, and CPET was performed for the quantitative evaluation of cardiopulmonary function before and after PCI. The CPET parameters were interpreted by standardized analysis. Left ventricular ejection fraction (LVEF) was measured at the same time. The changes

作者介绍: 邓 维, Email: 736539976@qq.com,

研究方向: 心肺运动试验的临床应用。

通信作者: 谢友红, Email: 172763320@qq.com。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20180703.1641.002.html>
(2018-07-04)

in CPET parameters after PCI and their correlation with LVEF were analyzed. **Results:** There was a significant change in LVEF after PCI (42.83% ± 5.92% vs. 45.08% ± 4.76%, $P < 0.05$). As for the core CPET parameters, compared with the normal control group, the pre-PCI group had significantly lower peak oxygen uptake (1.41 ± 0.46 L/min

vs. 1.99 ± 0.19 L/min, $P < 0.05$), anaerobic threshold (0.87 ± 0.23 L/min vs. 1.22 ± 0.19 L/min, $P < 0.05$), peak oxygen pulse (11.43 ± 3.29 mL/time vs. 14.18 ± 2.59 mL/time, $P < 0.05$), oxygen uptake efficiency plateau (40.13 ± 5.18 vs. 47.10 ± 4.44 , $P < 0.05$), peak load power (112.00 ± 51.10 W vs. 162.00 ± 17.60 W, $P < 0.05$), and increasing power movement time (5.28 ± 1.81 min vs. 6.47 ± 0.80 min, $P < 0.05$) and significantly higher slope of ventilatory equivalent for carbon dioxide (27.85 ± 4.81 vs. 23.01 ± 2.63 , $P < 0.05$) and minimum ventilatory equivalent for carbon dioxide (29.55 ± 3.90 vs. 25.06 ± 2.43 , $P < 0.05$); in the post-PCI group, these parameters were 1.59 ± 0.33 L/min, 1.02 ± 0.20 L/min, 12.37 ± 2.72 mL/time, 39.20 ± 5.60 , 26.93 ± 2.88 , 29.30 ± 2.82 , 132.00 ± 31.70 W, and 6.21 ± 1.05 min, respectively, and compared with the pre-PCI group, the post-PCI group had significant increases in peak oxygen uptake, anaerobic threshold, peak oxygen pulse, peak load power, and increasing power movement time ($P < 0.05$), while there were no significant differences in oxygen uptake efficiency plateau, slope of ventilatory equivalent for carbon dioxide, and minimum ventilatory equivalent for carbon dioxide between the pre-PCI group and the post-PCI group ($P > 0.05$). The core CPET parameters were highly correlated with LVEF (absolute r value = $0.579-0.908$, all $P < 0.05$). **Conclusion:** The core CPET parameters can be used for noninvasive quantitative monitoring of changes in cardiopulmonary function after PCI and has a good clinical value.

【Key words】cardiopulmonary exercise testing; percutaneous coronary intervention; left ventricular ejection fraction; quantitative evaluation

经皮冠状动脉腔内血管成形术 (percutaneous coronary intervention, PCI) 通过相对简便的手段, 开通堵塞的罪犯血管, 达到心肌血运重建, 明显改善患者胸痛胸闷等临床症状, 避免或减少了开胸、全身麻醉等随之而来的并发症, 应用于临床取得的治疗效果是肯定的^[1]。而左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF) 是用来进行功能评估的常用指标^[2]。

心肺运动试验 (cardiopulmonary exercise testing, CPET) 强调心肺系统的相互作用和协调工作, 连续监测静息状态至运动状态心电图、血压变化, 同时也监测摄氧量、二氧化碳排出量等代谢指标, 是目前唯一能对心肺代谢功能客观定量一体化测定的检测技术^[3-4], 在心血管疾病的早期诊断、功能评估、疗效评价和指导个体化康复治疗等具有良好的前景^[4-5]。

对于行 PCI 的冠心病患者, 其 LVEF 与 CPET 指标间的相关性分析尚缺乏。本研究对冠心病患者在 PCI 前后的 CPET 核心指标进行比较, 探讨 CPET 客观定量评价 PCI 前后心肺功能的可行性。

1 对象与方法

1.1 对象选取

2011 至 2017 年于威海市立医院进行冠脉造影和支架植入术的 12 例冠心病患者为研究对象, 其中 9 男 3 女, 年龄 48~63 岁, 平均年龄 (56.42 ± 4.29) 岁, 介入治疗血管入路选择其中 11 例选取右桡动脉, 1 例右股动脉。12 例经冠心病介入治疗的冠心病患者一般性资料见表 1。正常对照组 12 例, 其中 9 男 3 女, 年龄 45~62 岁, 平均年龄 (56.17 ± 5.36) 岁。正常对照组入选标准: 无任何心脏、肺部疾病史, 左室射血分数正常, 肺功能正常。

表 1 12 例冠心病患者的一般性资料

| 编号 | 性别 | 年龄 (岁) | 身高 (cm) | 体质量 (kg) | 血管入路选择 | 靶血管及堵塞程度 |
|----|----|--------|---------|----------|--------|------------------|
| 1 | 男 | 57 | 171 | 79 | 右桡动脉 | LAD 80%~85% |
| 2 | 男 | 63 | 170 | 73 | 右桡动脉 | LCX 90%, RCA 90% |
| 3 | 女 | 56 | 156 | 56 | 右桡动脉 | LCX 95% |
| 4 | 男 | 50 | 176 | 82 | 右桡动脉 | 中间支 85% |
| 5 | 男 | 60 | 163 | 61 | 右股动脉 | LCX 85%, RCA 90% |
| 6 | 男 | 48 | 165 | 69 | 右桡动脉 | RCA 80% |
| 7 | 男 | 59 | 181 | 81 | 右桡动脉 | LAD 95%, LCX 90% |
| 8 | 男 | 57 | 164 | 68 | 右桡动脉 | LAD 95%, LCX 95% |
| 9 | 男 | 56 | 173 | 83 | 右桡动脉 | LAD 90% |
| 10 | 女 | 58 | 168 | 70 | 右桡动脉 | LAD 80%, RCA 85% |
| 11 | 女 | 53 | 165 | 69 | 右桡动脉 | LCX 85%, RCA 95% |
| 12 | 男 | 60 | 170 | 66 | 右桡动脉 | LAD 80%, LCX 85% |

注: LAD: 前降支; LCX: 左回旋支; RCA: 右冠状动脉

1.2 治疗方法

1.2.1 药物治疗 患者入院后根据个体情况进行控制血压、调节血脂稳定斑块、抗血小板聚集治疗等使病情稳定。

1.2.2 冠状动脉造影 PCI 待患者病情平稳后,行冠状动脉造影及支架植入术。患者取仰卧位,常规消毒、铺巾、带手套,取 1%利多卡因局部浸润麻醉,Seldinger 技术穿刺选择的血管入路部位。PCI 时给予肝素和硝酸甘油,以标准技术行多体位冠脉造影和支架植入术。入选的冠心病患者靶血管(单支或多支血管)狭窄程度均 $\geq 80\%$ 。PCI 操作成功定义为支架释放后残余狭窄 $< 20\%$,靶血管心肌梗死溶栓治疗临床试验血流 3 级。术后常规给予阿司匹林 100 mg,1 次/d;氯吡格雷 75 mg,1 次/d,至少使用 1 年;其他冠心病二级预防药物。

1.3 CPET 检查

1.3.1 仪器与运动方案 使用意大利 COSMED 公司 PFT Ergo V10.0 心肺运动测试系统,每日使用前心肺运动测试系统需进行气流容量、气体浓度等多级定标后,才可用于 CPET 检查^[6-9]。患者签署试验知情同意后完成静态肺功能检查,然后采用功率自行车完成运动试验,同时仪器系统记录 12 导联心电图、无创袖带血压、血氧饱和度、各项肺通气和气体交换等指标^[6,10];采用连续递增功率方案完成症状限制性最大极限运动^[7-8,11];先记录静息 3 min;然后,以 60 r/min 蹬车速率无负荷热身 3 min;根据患者年龄、性别和估计的功能状态预设功率自行车功率递增速率为 10~30 W/min,使患者在 6~10 min 达到症状限制性最大极限运动,获得最大运动功率,继续记录恢复期 5~10 min。

1.3.2 检查时间 术前 CPET 检查均于手术前 3~7 d 内完成,术后 CPET 检查于手术后 10~15 d 内完成。

1.3.3 CPET 各项数据标准分析 按照标准化分析原则^[11-13]对 CPET 数据进行分析判读,对核心指标(峰值摄氧量、峰值氧脉搏、摄氧效率平台、二氧化碳通气当量斜率、二氧化碳通气当量最低值、峰值负荷功率、递增功率运动时间)^[3-4,6-9]的每次呼吸数据,经每秒分切之后,再用 10 s 平均数据来制图和进行结果分析^[7-8,11-13]。将 10 s 的二氧化碳排出量与摄氧量数据作图,用 V-slope 法测得无氧阈^[14]。记录各状态时 CPET 指标,患者静息状态时的指标以 120 s 计算,热身状态和极限状态时的指标以 30 s 数据计算,无氧阈状态时的指标以无氧阈

之前(氧气)和无氧阈之后(二氧化碳) 60 s 数据计算^[15-18]。所有图形及数据处理均使用 Origin 7.0 和 Sigma Plot 8.0 专业制图软件分析和制作完成。

1.4 LVEF 的测量

使用多普勒超声诊断仪分别于 PCI 术前 3~7 d、PCI 术后 10~15 d 内完成测量。

1.5 统计分析

所有资料采用 SPSS 20.0 进行统计分析。性别统计分析采用 Fisher 确切概率法。计量资料均以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,正常对照组与术前组的比较使用独立 t 检验,治疗前后的比较采用配对 t 检验。CPET 相关指标与 LVEF 的相关性采用 Pearson 相关分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本临床资料

正常对照组与手术组年龄、体质指数(body mass index, BMI),两者不具有统计学差异(均 $P>0.05$),见表 2。

表 2 正常组与手术组临床资料比较

| 组别 | 男/女 | 年龄(岁) | BMI(kg/m ²) |
|-----------|------|------------------|-------------------------|
| 正常组(n=12) | 9/3 | 56.17 \pm 5.36 | 25.11 \pm 3.38 |
| 手术组(n=12) | 9/3 | 56.42 \pm 4.29 | 25.07 \pm 1.57 |
| t 值 | - | -0.126 | 0.045 |
| P 值 | 1.00 | 0.901 | 0.964 |

注: -, Fisher 确切概率法

2.2 左心射血分数的变化

手术组术前的 LVEF 为(42.83 \pm 5.92)%,手术组术后的 LVEF 为(45.58 \pm 4.91)%,2 组之间有统计学差异($t=-3.942$, $P=0.002$)。

2.3 正常对照组与手术组术前 CPET 核心指标比较

正常对照组各指标均优于术前组的指标,且有统计学差异($P<0.05$),见表 3。

2.4 冠心病患者 PCI 前后 CPET 指标比较

2.4.1 PCI 术前后一般情况变化 行 PCI 术后 12 例患者胸痛、胸闷症状消失。5 例患者手术前后体质量无变化,而 4 例患者体质量增加,3 例患者体质量降低。

表 3 正常对照组与手术组术前 CPET 核心指标比较

| 组别 | 峰值摄氧量 (L/min) | 无氧阈 (L/min) | 峰值氧脉搏 (mL/次) | 摄氧效率 平台(比值) | 二氧化碳通气当 量斜率(比值) | 二氧化碳通气当 量最低值(比值) | 峰值负荷 功率(W) | 递增功率运动 时间(min) |
|-------|------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| 正常组 | 1.99 \pm 0.19 | 1.22 \pm 0.19 | 14.18 \pm 2.59 | 47.10 \pm 4.44 | 23.01 \pm 2.63 | 25.06 \pm 2.43 | 162 \pm 17.6 | 6.47 \pm 0.80 |
| 手术组术前 | 1.41 \pm 0.46 | 0.87 \pm 0.23 | 11.43 \pm 3.29 | 40.13 \pm 5.18 | 27.85 \pm 4.81 | 29.55 \pm 3.90 | 112 \pm 51.1 | 5.28 \pm 1.81 |
| t 值 | 4.083 | 4.117 | 2.182 | 3.539 | -3.058 | -3.388 | 3.224 | 2.082 |
| P 值 | 0.000 | 0.000 | 0.033 | 0.002 | 0.006 | 0.003 | 0.004 | 0.049 |

2.4.2 CPET 指标客观反应缺血性表现 PCI 术前,5 例患者在进入无氧阈运动后,呈现心肌氧需供不平衡的表现(即>AT 时, dVO_2/dW 值小于 8);PCI 术后,仅 2 例患者呈现心肌氧需供不平衡表现(即>AT 时, dVO_2/dW 值小于 8)。PCI 术前,无氧阈状态至峰值状态,9 例患者 V5 导联 ST 段压低程度大于等于 1 mm,提示心肌缺血性改变;PCI 术后,无氧阈状态至峰值状态,2 例患者 V5 导联 ST 段压低程度提示存在缺血性改变。

2.4.3 CPET 核心指标分析 12 例患者行 PCI 术后峰值摄氧量升高 9 例,降低 3 例;无氧阈值升高 11 例,降低 1 例;峰值氧脉搏升高 10 例,降低 2 例;摄氧效率平台升高 4 例,降低 8 例;二氧化碳通气当量最低值降低 7 例,升高 5 例;二氧化碳通气当量斜率降低 8 例,升高 4 例;峰值负荷功率升高 9 例,不变 1 例,降低 2 例;递增功率运动时间升高 8 例,不

变 1 例,降低 3 例(图 1)。

12 例患者 PCI 术后,2 例患者 8 项 CPET 检查核心指标均改善,3 例患者 7 项或 6 项 CPET 检查核心指标改善,共计 5 例患者整体功能显著改善;6 例患者 5 项或 4 项 CPET 检查核心指标改善,其整体功能有所改善;1 例患者 5 项 CPET 检查核心指标下降但其二氧化碳通气效率指标有所改善。

12 例稳定性冠心病患者 PCI 治疗后峰值摄氧量(L/min)、无氧阈值(L/min)、峰值氧脉搏(mL/次)、峰值负荷功率(W)、递增功率运动时间(min)较术前升高,有统计学差异($P<0.05$);PCI 治疗后摄氧效率平台(比值)、二氧化碳通气当量最低值(比值)、二氧化碳通气当量斜率(slope)无统计学差异($P>0.05$),见表 4。

2.5 CPET 核心指标与 LVEF 的相关性

CPET 核心指标与 LVEF 呈高度相关($P<0.05$,见表 5)。

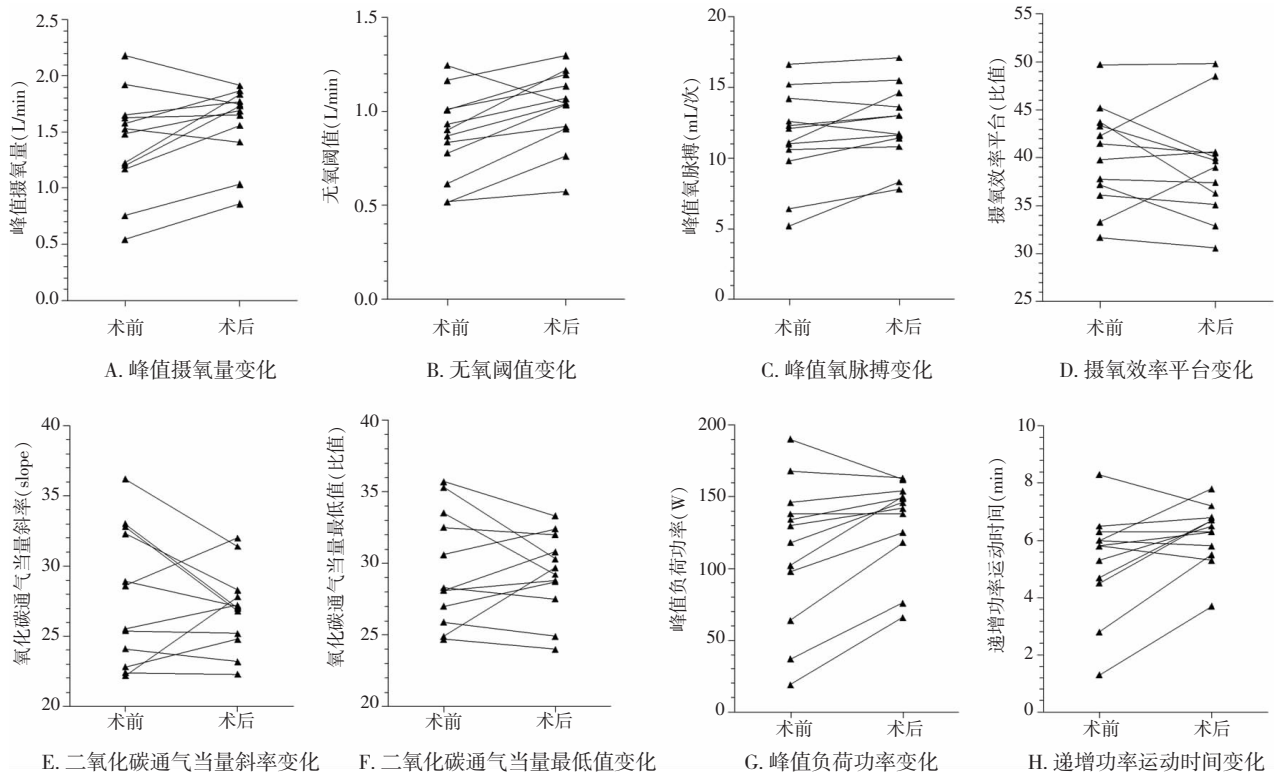


图 1 PCI 术前后 CPET 核心指标变化情况

表 4 PCI 组中术前和术后 CPET 核心指标比较

| 组别 | 峰值摄氧量 (L/min) | 无氧阈值 (L/min) | 峰值氧脉搏 (mL/次) | 摄氧效率平台(比值) | 二氧化碳通气当量斜率(比值) | 二氧化碳通气当量最低值(比值) | 峰值负荷功率(W) | 递增功率运动时间(min) |
|-----|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|------------|---------------|
| 术前 | 1.41 ± 0.46 | 0.87 ± 0.23 | 11.43 ± 3.29 | 40.13 ± 5.18 | 27.85 ± 4.81 | 29.55 ± 3.90 | 112 ± 51.1 | 5.28 ± 1.81 |
| 术后 | 1.59 ± 0.33 | 1.02 ± 0.20 | 12.37 ± 2.72 | 39.20 ± 5.60 | 26.93 ± 2.88 | 29.30 ± 2.82 | 132 ± 31.7 | 6.21 ± 1.05 |
| t 值 | -2.310 | -3.771 | -2.485 | 0.804 | 0.854 | 0.306 | -2.865 | -2.567 |
| P 值 | 0.041 | 0.003 | 0.030 | 0.438 | 0.411 | 0.765 | 0.015 | 0.026 |

表 5 LVEF 与 CPET 核心指标的相关性分析

| | | 峰值摄氧量 (L/min) | 无氧阈值 (L/min) | 峰值氧脉搏 (mL/次) | 摄氧效率 平台(比值) | 二氧化碳通气当 量斜率(比值) | 二氧化碳通气当 量最低值(比值) | 峰值负荷 功率(W) | 递增功率运 动时间(min) |
|----|-----|------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| 术前 | r 值 | 0.908 | 0.818 | 0.778 | 0.592 | -0.579 | -0.663 | 0.851 | 0.825 |
| | P 值 | 0.000 | 0.001 | 0.003 | 0.043 | 0.049 | 0.019 | 0.000 | 0.001 |
| 术后 | r 值 | 0.759 | 0.611 | 0.582 | 0.624 | -0.606 | -0.791 | 0.800 | 0.732 |
| | P 值 | 0.004 | 0.035 | 0.047 | 0.030 | 0.037 | 0.002 | 0.002 | 0.007 |

3 讨论

CPET通过测量气道内氧气和二氧化碳的交换而评估心血管系统对运动应激的反应:机体在进行体力活动时,心血管系统的工作是既供应肌肉收缩时的氧气,又在血液循环中带走组织产生的二氧化碳,CPET检测 O_2 、 CO_2 的变化获得心血管系统的功能状况。峰值摄氧量指在递增功率运动中的最大用氧能力,机体在峰值功率时肌肉的细胞氧耗,其与最大心排量相关;无氧阈值是运动时的一个氧耗值,是机体摄氧量由非氧依赖性变为氧依赖性的临界点,是心脏供氧能力的体现;峰值氧脉搏是摄氧量与心率的比值,其值依赖于心搏出量与动静脉血氧含量差;摄氧效率平台是氧耗量与分钟通气量比值的最高值附近 90 s 的平均值,反映运动中摄氧能力反应模式的好坏;二氧化碳通气当量斜率与最低值表示排出二氧化碳与所需通气量间的关系,它们受心脏疾病影响非常大,不同疾病表现出不同的变化模式;峰值负荷功率、递增功率运动时间均是运动耐力的直接体现。CPET的这些指标用于评价疾病的风险、预后具有重要的价值。在围手术期的风险评估中,无氧阈值的高低与进行大型腹部手术老年患者术后的心血管并发症发生率高低密切相关^[19]。峰值摄氧量在冠心病或心力衰竭患者的重要终点事件评估中具有独立预测作用^[20]。二氧化碳通气当量斜率对于轻、中度的心力衰竭患者是独立于峰值摄氧量的预后预测指标^[21]。而二氧化碳通气当量最低值的升高强烈提示肺动脉高压伴右向左分流的右心衰竭患者预后不良^[22]。

而LVEF对预后的影响在许多研究中都有肯定的结论。Ndrepepa等^[23]的研究中将LVEF作为冠心病患者支架术后功能评价的主要指标,同时证明了LVEF是心肌梗死患者死亡的重要预测因子。Kruk等^[24]的研究也证明LVEF是冠心病患者预后的独立

预测因子。McDonagh等^[25]的研究显示LVEF与心衰患者4年死亡率密切相关。在临床上,LVEF的测定是通过清晰显示左心室图像的切面,分别获取收缩末期和舒张末期左心室标准图像,描绘心内膜回声轨迹,测定其面积和长轴内径,计算LVEF^[26]。该方法简便、无创、易重复且报告获得迅速,但是结果准确性受图像质量、左心室几何形状及操作者技术等因素的影响明显。因此,将CPET指标与LVEF合理应用需要进一步探索。

研究发现,冠心病患者心肺功能水平明显低于正常人群水平,考虑为冠脉血管单支或多支病变导致相应区域供血、供氧减少,进而出现心肌的不同步收缩,每博输出量减少,循环血量减少,运动过程中对骨骼肌供血减少,肌肉组织摄氧减少,运动能力下降;同时循环血量的减少也使二氧化碳的清除发生障碍,影响冠心病患者二氧化碳的排出效率;结果表现为CPET指标低于正常。患者经PCI治疗后,冠脉血管再通,心脏供血、供氧能力得以提高,循环运氧能力增强,肌肉组织摄氧及氧耗增大,运动能力改善,表现为峰值摄氧量、无氧阈值、峰值氧脉搏、峰值负荷功率和递增功率运动时间较治疗前明显提高;而摄氧效率平台、二氧化碳通气当量较术前无明显差异,与本研究中个体化分析的结果:1例患者术后心肺功能明显降低,且6例功能有所改善的患者摄氧效率和二氧化碳通气当量指标表现为下降及样本量较少有关。

同时本研究发现,当射血分数较低时,CPET核心指标较低;而术后,射血分数升高时,CPET核心指标改善,随着心功能的变化,核心指标表现出相同的变化趋势。通过统计分析,CPET核心指标与射血分数呈现明显的相关关系,说明CPET指标在一定程度上可以反映LVEF,从而可以评估PCI术后患者的心肺功能状态。

患者运动过程中氧气消耗增加、二氧化碳产生增多,心血管系统通过增加心排量进而增加肌肉

血流量,既满足肌肉组织增加的氧耗,又将生成的二氧化碳带走,通过调节通气机制清除二氧化碳,CPET 连续测量气道中氧气、二氧化碳的变化,以此来了解患者的功能状态。相比于 LVEF,这一心脏形态结构测量得到的功能参数,这是体现患者功能的新指标。

本研究的局限性在于同时完成手术前后 CPET 检查的患者例数较少,仍需大样本试验进行检测。在今后的研究中有望通过推广 CPET 这项检查技术、重复测量以及结合多个指标分析,提高评估的准确性和可靠性。

综上所述,CPET 是一项无创的、能够客观定量评估 PCI 前后患者心功能状态的新技术,其较为全面的检查结果还能作为评价预后的重要指标,具有良好的应用价值。

参 考 文 献

- [1] 李田昌. 冠心病介入治疗现状[J]. 中国全科医学,2007,10(16):1317-1320.
- [2] Bristow MR,Kao DP,Breathett KK,et al. Structural and functional phenotyping of the failing heart;is the left ventricular ejection fraction obsolete?[J]. JACC Heart Fail,2017,5(11):772-781.
- [3] 孙兴国. 整体整合生理学医学新理论体系:人体功能一体化自主调控[J]. 中国循环杂志,2013,28(2):88-92.
- [4] 孙兴国. 心肺运动试验在临床心血管病学中的应用价值和前景[J]. 中华心血管病杂志,2014,42(4):347-351.
- [5] 谭晓越,孙兴国. 从心肺运动的应用价值看医学整体整合的需求[J]. 医学与哲学,2013,34(3):28-31.
- [6] Hightower CE,Riedel BJ,Feiq BW,et al. A pilot study evaluating predictors of postoperative outcomes after major abdominal surgery: physiological capacity compared with the ASA physical status classification system[J]. Br J Anaesth,2010,104(4):465-471.
- [7] Sun XG,Hansen JE,Oudiz RJ,et al. Exercise pathophysiology in patients with primary pulmonary hypertension[J]. Circulation,2001,104(4):429-435.
- [8] Sun XG,Hansen JE,Oudiz RJ,et al. Gas exchange detection of exercise-induced right-to-left shunt in patients with primary pulmonary hypertension[J]. Circulation,2002,105(1):54-60.
- [9] 孙兴国,胡大一. 心肺运动试验的实验室和设备要求及其临床实施难点的质量控制[J]. 中华心血管病杂志,2014,42(10):817-821.
- [10] Huszczuk A,Whipp BJ,Wasserman K. A respiratory gas exchange simulator for routine calibration in metabolic studies[J]. Eur Respir J,1990,3(4):465-468.
- [11] Wasserman K,Sun XG,Hansen JE. Effect of biventricular pacing on the exercise pathophysiology of heart failure[J]. Chest,2007,132(1):250-261.
- [12] 孙兴国. 更为强化心肺代谢等整体功能的心肺运动试验新 9 图图解[J]. 中国应用生理学杂志,2015,31(4):369-373.
- [13] 孙兴国. 心肺运动试验的规范化操作要求和难点——数据分析图示与判读原则[J]. 中国应用生理学杂志,2015,31(4):361-365.
- [14] 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.
- [15] Sun XG,Hansen JE,Beshai JF,et al. Oscillatory breathing and exercise gas exchange abnormalities prognosticate early mortality and morbidity in heart failure[J]. J Am Coll Cardiol,2010,55(17):1814-1823.
- [16] Sun XG,Hansen JE,Garatachea N,et al. Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects[J]. Am J Respir Crit Care Med,2002,166(11):1443-1448.
- [17] Sun XG,Hansen JE,Stringer WW. Oxygen uptake efficiency plateau: physiology and reference values[J]. Eur J Appl Physiol,2012,112(3):919-928.
- [18] Sun XG,Hansen JE,Stringer WW. Oxygen uptake efficiency plateau best predicts early death in heart failure[J]. Chest,2012,141(5):1284-1294.
- [19] Older P,Hall A,Hader R. Cardiopulmonary exercise testing as a screening test for perioperative management of major surgery in the elderly[J]. Chest,1999,116(2):355-362.
- [20] Guazzi M,Arena R,Halle M,et al. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations[J]. Circulation,2016,133(24):e694-711.
- [21] Ribeiro JP,Stein R,Chiappa GR. Beyond peak oxygen uptake: new prognostic markers from gas exchange exercise tests in chronic heart failure[J]. J Cardiopulm Rehabil,2006,26(2):63-71.
- [22] Oudiz RJ,Midde R,Hovenesyan A,et al. Usefulness of right-to-left shunting and poor exercise gas exchange for predicting prognosis in patients with pulmonary arterial hypertension[J]. Am J Cardiol,2010,105(8):1186-1191.
- [23] Ndrepepa G,Mehilli J,Martinoff S,et al. Evolution of left ventricular ejection fraction and its relationship to infarct size after acute myocardial infarction[J]. J Am Coll Cardiol,2007,50(2):149-156.
- [24] Kruk M,Buller CE,Tchenq JE,et al. Impact of left ventricular ejection fraction on clinical outcomes over five years after infarct-related coronary artery recanalization(from the Occluded Artery Trial[OAT])[J]. Am J Cardiol,2010,105(1):10-16.
- [25] McDonagh TA,Cunningham AD,Morrison CE,et al. Left ventricular dysfunction,natriuretic peptides,and mortality in an urban population[J]. Heart,2001,86(1):21-26.
- [26] Potter E,Marwick TH. Assessment of left ventricular function by echocardiography:the case for routinely adding global longitudinal strain to ejection fraction[J]. JACC Cardiovasc Imaging,2018,11(2 Pt 1):260-274.

(责任编辑:张辉洁)