

## · 论著 ·

# 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标的关系研究

孙红梅, 赵莉, 李飞, 李晓莉, 高峰

**【摘要】** 目的 探讨冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标的关系。方法 选取2016年6月—2017年6月于延安大学附属医院收治的冠状动脉粥样硬化患者105例,根据冠心病发生情况分为非冠心病组40例与冠心病组65例。比较两组患者左心室射血分数(LVEF)、血脂指标、血流动力学参数、心肺运动试验指标,冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标相关性分析采用Pearson相关性分析。**结果** 冠心病组患者LVEF、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)低于非冠心病组,超敏C反应蛋白(hs-CRP)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)高于非冠心病组( $P<0.05$ );两组患者总胆固醇(TC)、三酰甘油(TG)比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。冠心病组患者每搏输出量(SV)、心输出量(CO)、心脏指数(CI)低于非冠心病组,胸腔液体量(TFC)、外周血管阻力(SVR)高于非冠心病组( $P<0.05$ );两组患者速度指数(VI)、每搏指数(SI)、加速度指数(ACI)、外周血管阻力指数(SVRI)比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。冠心病组患者峰氧耗量( $VO_2$  peak)、二氧化碳排出量( $VCO_2$ )、峰氧脉搏( $VO_2$  peak/HR)、无氧阈(AT)、潮气量(VT)低于非冠心病组,无氧阈下的氧气通气当量( $VE/VO_2$  @AT)、无氧阈下的二氧化碳通气当量( $VE/VCO_2$  @AT)高于非冠心病组( $P<0.05$ );两组患者心率(HR)、呼吸商(RQ)、潮气末二氧化碳分压( $ETCO_2$ )、潮气末氧分压( $ETO_2$ )、亚极量运动下的生理死腔样通气/潮气量[ $VD/VT$ (Est)@Peak]、休息下的生理死腔样通气/潮气量[ $VD/VT$ (Est)@REST]比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。Pearson相关性分析结果显示,冠状动脉粥样硬化并冠心病患者SV与 $VO_2$  peak/HR( $r=0.674$ )、AT( $r=0.543$ )呈正相关( $P<0.05$ );CO与 $VO_2$  peak( $r=0.638$ )、 $VCO_2$ ( $r=0.620$ )呈正相关( $P<0.05$ );CI与 $VO_2$  peak( $r=0.586$ )、 $ETCO_2$ ( $r=0.457$ )呈正相关( $P<0.05$ )。**结论** 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标可能有关。

**【关键词】** 冠心病;血流动力学;心肺运动试验

**【中图分类号】** R 541.4 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2018.02.010

孙红梅, 赵莉, 李飞, 等. 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标的关系研究[J]. 实用心脑血管病杂志, 2018, 26(2): 39-43. [www.syxnf.net]

SUN H M, ZHAO L, LI F, et al. Relationship between hemodynamic parameters and cardiopulmonary exercise testing index in coronary atherosclerosis patients complicated with coronary heart disease [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2018, 26(2): 39-43.

716000 陕西省延安市, 延安大学附属医院心血管内科

- [10] 杨毅宁, 马依彤, 刘芬, 等. 新疆汉、维吾尔、哈萨克族慢性心力衰竭流行病学调查及其患病率研究[J]. 中华心血管病杂志, 2010, 38(5): 460-464. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2010.05.019.
- [11] 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, 42(2): 98-122. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2014.02.004.
- [12] 孙丽杰, 张福春, 李丹, 等. 总胆红素水平对住院慢性心力衰竭患者远期预后影响[J]. 中华内科杂志, 2012, 51(9): 677-679. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2012.09.006.
- [13] VAN DEURSEN V M, DAMMAN K, HILLEGE H L, et al. Abnormal Liver Function in Relation to Hemodynamic Profile in

Heart Failure Patients [J]. J Card Fail, 2010, 16(1): 84-90. DOI: 10.1016/j.cardfail.2009.08.002.

- [14] HOSODA J, ISHIKAWA T, MATSUMOTO K, et al. Significance of change in serum bilirubin in predicting left ventricular reverse remodeling and outcomes in heart failure patients with cardiac resynchronization therapy [J]. J Cardiol, 2017, 70(5): 416-419. DOI: 10.1016/j.jcc.2017.04.001.

- [15] FAN H H, SHI H Y, JIN W, et al. Effects of integrated disease management program on the outcome of patients with heart failure [J]. Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi, 2010, 38(7): 592-596.

(收稿日期: 2017-12-16; 修回日期: 2018-02-15)

(本文编辑: 谢武英)

**Relationship between Hemodynamic Parameters and Cardiopulmonary Exercise Testing Index in Coronary Atherosclerosis Patients Complicated with Coronary Heart Disease** SUN Hong-mei, ZHAO Li, LI Fei, LI Xiao-li, GAO Feng

Department of Cardiovascular Medicine, the Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an 716000, China

**【 Abstract 】 Objective** To investigate the relationship between hemodynamic parameters and cardiopulmonary exercise testing index in coronary atherosclerosis patients complicated with coronary heart disease. **Methods** A total of 105 patients with coronary atherosclerosis were selected in the Affiliated Hospital of Yan'an University from June 2016 to June 2017, and they were divided into A group (did not complicate with coronary heart disease,  $n=40$ ) and B group (complicated with coronary heart disease,  $n=65$ ) according to the incidence of coronary heart disease. LVEF, blood lipids index, hemodynamic parameters and cardiopulmonary exercise testing index were compared between the two groups, and Pearson correlation analysis was used to analyze the relationship between hemodynamic parameters and cardiopulmonary exercise testing index in coronary atherosclerosis patients complicated with coronary heart disease. **Results** LVEF and HDL-C in B group were statistically significantly lower than those in A group, while hs-CRP and LDL-C in B group were statistically significantly higher than those in A group ( $P<0.05$ ); no statistically significant differences of TC or TG was found between the two groups ( $P>0.05$ ). Stroke volume (SV), cardiac output (CO) and cardiac index (CI) in B group were statistically significantly lower than those in A group, while thoracic fluid content (TFC) and systemic vascular resistance (SVR) in B group were statistically significantly higher than those in A group ( $P<0.05$ ); no statistically significant differences of velocity index (VI), stroke index (SI), acceleration index (ACI) or systemic vascular resistance index (SVRI) was found between the two groups ( $P>0.05$ ). Peak oxygen consumption ( $VO_2$  peak), carbon dioxide elimination ( $VCO_2$ ), peak oxygen pulse ( $VO_2$  peak/HR), anaerobic threshold (AT) and tidal Volume (VT) in B group were statistically significantly lower than those in A group, Oxygen ventilation equivalent at anaerobic threshold ( $VE/VO_2 @AT$ ) and carbon dioxide ventilation equivalent at anaerobic threshold ( $VE/VCO_2 @AT$ ) in B group were statistically significantly higher than those in A group ( $P<0.05$ ); no statistically significant differences of HR, respiration quotient (RQ), end tidal carbon dioxide partial pressure ( $ETCO_2$ ), end tidal oxygen partial pressure ( $ETO_2$ ), physical dead lumen/tidal volume at sub-maximum quantity exercise [  $VD/VT$  (Est) @ Peak ] or physical dead lumen/tidal volume at rest [  $VD/VT$  (Est) @REST ] was found between the two groups ( $P>0.05$ ). Pearson correlation analysis results showed that, in coronary atherosclerosis patients complicated with coronary heart disease, SV was positively correlated with  $VO_2$  peak/HR ( $r=0.674$ ) and AT ( $r=0.543$ ), respectively ( $P<0.05$ ); CO was positively correlated with  $VO_2$  peak ( $r=0.638$ ) and  $VCO_2$  ( $r=0.620$ ), respectively ( $P<0.05$ ); CI was positively correlated with  $VO_2$  peak ( $r=0.586$ ) and  $ETCO_2$  ( $r=0.457$ ), respectively ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Hemodynamic parameters may correlated with cardiopulmonary exercise testing index in coronary atherosclerosis patients complicated with coronary heart disease.

**【 Key words 】** Coronary disease; Haemodynamics; Cardiopulmonary exercise testing

冠心病是临床常见的心血管疾病，是由冠状动脉粥样硬化导致冠状动脉狭窄、闭塞或痉挛而造成心肌缺血缺氧<sup>[1]</sup>。近年来，冠心病的发病率呈逐年上升趋势，其主要受遗传和环境等因素影响<sup>[2]</sup>。冠状动脉造影是临床诊断冠心病的金标准，其能准确评估冠状动脉病变的性质和严重程度，但费用较高，且存在造影剂使用风险<sup>[3]</sup>。无创血流动力学检测是通过胸阻抗法评估冠心病患者血流动力学情况<sup>[4]</sup>，常于患者静息状态下进行<sup>[5]</sup>。心肺运动试验是评估冠心病患者心肺储备功能和运动耐力的方法。本研究旨在分析冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标的关系，现报道如下。

**1 资料与方法**

1.1 一般资料 选取 2016 年 6 月—2017 年 6 月延安大学附属医院收治的冠状动脉粥样硬化患者 105 例，均符合《冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断标准（WS 319-2010）》中的冠状动脉粥样硬化诊断标准。纳入标准：

（1）年龄≤ 70 岁；（2）病情稳定；（3）参与心脏康复试验。排除标准：（1）急性发作（如心肌梗死）或心脏手术时间 <6 个月者；（2）存在下肢动脉硬化闭塞症、感染性疾病、慢性心力衰竭及严重心律失常者；（3）不能耐受运动试验（肢体障碍）者；（4）存在尚未控制的高血压或糖尿病者。根据冠心病发生情况将所有患者分为非冠心病组 40 例与冠心病组 65 例。非冠心病组中男 21 例，女 19 例；年龄 45 ~ 68 岁，平均年龄（60.5 ± 10.4）岁；身高（163 ± 9）cm；体质指数（25.7 ± 3.2）kg/m<sup>2</sup>；吸烟史 8 例，2 型糖尿病病史 10 例，高血压病史 22 例。冠心病组中男 45 例，女 20 例；年龄 46 ~ 69 岁，平均年龄（62.4 ± 9.8）岁；身高（162 ± 8）cm；体质指数（25.2 ± 3.0）kg/m<sup>2</sup>；吸烟史 25 例，2 型糖尿病病史 28 例，高血压病史 38 例。两组患者性别（ $\chi^2=2.960$ ）、年龄（ $t=0.929$ ）、身高（ $t=0.576$ ）、体质指数（ $t=0.796$ ）、吸烟史（ $\chi^2=3.100$ ）、2 型糖尿病病史（ $\chi^2=2.760$ ）、高血压病史（ $\chi^2=0.121$ ）比较，

差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 具有可比性。本研究经延安大学附属医院医学伦理委员会审核批准, 患者及其家属均签署知情同意书。

1.2 冠心病诊断标准<sup>[6]</sup> 使用美国 GE 公司生产的 INOVA 血管造影机, 由心内科专业医师进行操作, 选择多体位投照冠状动脉主要血管 (包括左主干、前降支、回旋支、右冠状动脉或其主要分支); 以冠状动脉造影检查示血管直径狭窄  $\geq 50\%$  判定为冠心病。

1.3 观察指标 (1) 使用彩色多普勒超声心动图测量两组患者左心室射血分数 (LVEF), 若患者出现心室壁运动障碍, 则采用单平面或双平面方法测量 LVEF; 采集两组患者清晨空腹静脉血 15 ml, 使用日本东芝 TBA-40FR 全自动生化分析仪检测超敏 C 反应蛋白 (hs-CRP)、血脂指标 [包括总胆固醇 (TC)、三酰甘油 (TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)]。(2) 患者取仰卧位, 于安静状态下使用美国 CardioDynamics 国际公司生产的 BioZ.com 无创血流动力学检测仪连续测量两组患者血流动力学参数, 包括每搏输出量 (SV)、心输出量 (CO)、心脏指数 (CI)、速度指数 (VI)、每搏指数 (SI)、胸腔液体量 (TFC)、加速度指数 (ACI)、外周血管阻力 (SVR)、外周血管阻力指数 (SVRI)。(3) 使用美国森迪斯公司生产的心肺运动试验仪, 先采用标准气体进行校正, 由专业医护人员指导两组患者进行心肺运动试验 (心电图运动试验、呼吸气体测定), 参照患者年龄和最大心率设定运动量, 然后鼓励患者连续运动至疲劳状态、呼吸较为困难或腿部乏力; 测定患者峰

氧耗量 ( $VO_2$  peak)、二氧化碳排出量 ( $VCO_2$ )、心率 (HR)、峰氧脉搏 ( $VO_2$  peak/HR)、无氧阈 (AT)、潮气量 (VT)、呼吸商 (RQ)、潮气末二氧化碳分压 ( $ETCO_2$ )、潮气末氧气分压 ( $ETO_2$ )、无氧阈下的氧气通气当量 ( $VE/VO_2$  @AT)、无氧阈下的二氧化碳通气当量 ( $VE/VCO_2$  @AT)、亚极量运动下的生理死腔样通气 / 潮气量 [ $VD/VT$  (Est) @Peak]、休息下的生理死腔样通气 / 潮气量 [ $VD/VT$  (Est) @REST]<sup>[7]</sup>。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 19.0 统计软件包进行数据处理, 计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 采用两独立样本  $t$  检验, 计数资料分析采用  $\chi^2$  检验; 相关性分析采用 Pearson 相关性分析。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 LVEF、血脂指标 冠心病组患者 LVEF、HDL-C 低于非冠心病组, hs-CRP、LDL-C 高于非冠心病组, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 两组患者 TC、TG 比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ , 见表 1)。

2.2 血流动力学参数 冠心病组患者 SV、CO、CI 低于非冠心病组, TFC、SVR 高于非冠心病组, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 两组患者 VI、SI、ACI、SVRI 比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ , 见表 2)。

2.3 心肺运动试验指标 冠心病组患者  $VO_2$  peak、 $VCO_2$ 、 $VO_2$  peak/HR、AT、VT 低于非冠心病组,  $VE/VO_2$  @AT、 $VE/VCO_2$  @AT 高于非冠心病组, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ); 两组患者 HR、RQ、 $ETCO_2$ 、 $ETO_2$ 、 $VD/VT$  (Est) @Peak、 $VD/VT$  (Est) @REST 比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ , 见表 3)。

表 1 两组患者 LVEF、血脂指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of LVEF and blood lipids index between the two groups

组别	例数	LVEF (%)	hs-CRP (g/L)	TC (mmol/L)	TG (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)
非冠心病组	40	64.3 ± 10.1	2.7 ± 1.8	4.3 ± 1.0	1.8 ± 0.9	1.6 ± 0.6	2.1 ± 1.0
冠心病组	65	57.6 ± 10.4	4.2 ± 2.8	4.5 ± 1.1	1.6 ± 0.7	1.3 ± 0.4	2.8 ± 1.1
$t$ 值		3.263	3.344	0.957	1.199	2.799	3.353
$P$ 值		0.001	0.005	0.340	0.233	0.003	0.001

注: LVEF=左心室射血分数, hs-CRP=超敏 C 反应蛋白, TC=总胆固醇, TG=三酰甘油, HDL-C=高密度脂蛋白胆固醇, LDL-C=低密度脂蛋白胆固醇

表 2 两组患者血流动力学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of hemodynamic parameters between the two groups

组别	例数	SV (ml)	CO (L/min)	CI [ $L \cdot \min^{-1} \cdot (m^2)^{-1}$ ]	VI (/1 000 s)	SI (ml/m <sup>2</sup> )	TFC (/Ω)	ACI (/100 s <sup>2</sup> )	SVR (dyne·sec·cm <sup>-5</sup> )	SVRI [ $dyne \cdot sec \cdot cm^{-5} \cdot (m^2)^{-1}$ ]
非冠心病组	40	74.41 ± 20.47	5.44 ± 1.19	2.82 ± 0.42	41.54 ± 11.08	38.43 ± 7.86	31.53 ± 7.32	71.58 ± 25.49	1 258.49 ± 420.85	2 348.45 ± 950.82
冠心病组	65	61.55 ± 18.21	4.27 ± 1.01	2.30 ± 0.52	42.10 ± 12.96	40.85 ± 8.77	35.63 ± 7.06	70.20 ± 24.78	1 542.41 ± 450.89	2 680.42 ± 921.12
$t$ 值		3.257	5.174	5.619	0.235	1.472	2.825	0.269	3.266	1.659
$P$ 值		0.001	<0.001	<0.001	0.935	0.157	0.005	0.785	0.002	0.079

注: SV=每搏输出量, CO=心输出量, CI=心脏指数, VI=速度指数, SI=每搏指数, TFC=胸腔液体量, ACI=加速度指数, SVR=外周血管阻力, SVRI=外周血管阻力指数

2.4 相关性分析 Pearson 相关性分析结果显示, 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者 SV 与 VO<sub>2</sub> peak/HR、AT 呈正相关 ( $P < 0.05$ ); CO 与 VO<sub>2</sub> peak、VCO<sub>2</sub> 呈正相关 ( $P < 0.05$ ); CI 与 VO<sub>2</sub> peak、ETCO<sub>2</sub> 呈正相关 ( $P < 0.05$ , 见表 4)。

### 3 讨论

冠心病是指由脂质代谢异常引起动脉内膜脂类物质堆积而导致的冠状动脉粥样病变<sup>[8]</sup>。近年来, 随着我国人口老龄化进程加剧, 冠心病发病率逐渐升高, 严重影响人们的生活质量和生命安全。研究表明, 血流动力学监测有助于临床医生准确评估冠心病患者心功能, 以便制定有效措施<sup>[9]</sup>。无创血流动力学检测可作为检测冠心病患者血流动力学参数的重要方法<sup>[10]</sup>。心肺运动

试验的临床应用广泛, 可通过分析心率变化与摄氧量变化曲线而观察心脏氧供需情况<sup>[11]</sup>。心肺运动试验是评估冠心病患者心肺储备功能的无创性检测方法, 其是应用呼吸气体监测技术实时检测机体在不同运动负荷下的氧耗量和 VCO<sub>2</sub><sup>[12]</sup>。早期冠心病患者静息状态下心脏功能相对正常, 但剧烈运动后可出现心肌氧供需减少, 导致心肌运动功能异常<sup>[13-14]</sup>。因此, 心肺运动试验可作为冠心病的早期诊断方法。

本研究结果显示, 冠心病组患者 LVEF、HDL-C 低于非冠心病组, hs-CRP、LDL-C 高于非冠心病组, 提示冠心病患者心功能较差, 血脂较高; 冠心病组患者 SV、CO、CI 低于非冠心病组, TFC、SVR 高于非冠心病组, 提示冠心病患者冠状动脉狭窄程度较重; 冠心病组患者

表 3 两组患者心肺运动试验指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of cardiopulmonary exercise testing index between the two groups

组别	例数	VO <sub>2</sub> peak (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	VCO <sub>2</sub> (L/min)	HR (次/min)	VO <sub>2</sub> peak/HR (ml/beat)	AT (L/min)	VT (L)
非冠心病组	40	26.71 ± 7.10	1.75 ± 0.70	135.60 ± 26.22	12.65 ± 3.82	1.48 ± 0.65	1.58 ± 0.40
冠心病组	65	20.82 ± 6.21	1.36 ± 0.62	131.54 ± 25.22	10.32 ± 3.65	1.20 ± 0.54	1.32 ± 0.44
<i>t</i> 值		4.324	1.659	0.781	3.087	2.283	3.112
<i>P</i> 值		<0.001	0.004	0.432	0.002	0.019	0.003

  

组别	RQ	ETCO <sub>2</sub> (mm Hg)	ETO <sub>2</sub> (mm Hg)	VE/VO <sub>2</sub> @AT	VE/VCO <sub>2</sub> @AT	VD/VT (Est)@Peak	VD/VT (Est)@REST
非冠心病组	1.01 ± 0.13	40.2 ± 8.3	104.6 ± 11.2	28.70 ± 5.01	28.50 ± 6.10	0.18 ± 0.06	0.28 ± 0.07
冠心病组	0.97 ± 0.12	38.5 ± 5.2	105.6 ± 10.2	32.25 ± 6.25	32.64 ± 7.02	0.19 ± 0.05	0.29 ± 0.08
<i>t</i> 值	1.576	1.161	0.487	3.203	3.186	0.882	0.672
<i>P</i> 值	0.111	0.200	0.620	0.003	0.003	0.360	0.516

注: VO<sub>2</sub> peak= 峰氧耗量, VCO<sub>2</sub>= 二氧化碳排出量, HR= 心率, VO<sub>2</sub> peak/HR= 峰氧脉搏, AT= 无氧阈, VT= 潮气量, RQ= 呼吸商, ETCO<sub>2</sub>= 潮气末二氧化碳分压, ETO<sub>2</sub>= 潮气末氧分压, VE/VO<sub>2</sub>@AT= 无氧阈下的氧气通气当量, VE/VCO<sub>2</sub>@AT= 无氧阈下的二氧化碳通气当量, VD/VT (Est)@Peak= 亚极量运动下的生理死腔样通气 / 潮气量, VD/VT (Est)@REST= 休息下的生理死腔样通气 / 潮气量; 1 mm Hg=0.133 kPa

表 4 冠心病组患者血流动力学参数与心肺运动试验指标的相关性分析

Table 4 Correlation analysis between hemodynamic parameters and cardiopulmonary exercise testing index in coronary artery disease group

指标	VO <sub>2</sub> peak		VCO <sub>2</sub>		HR		VO <sub>2</sub> peak/HR		AT		VT		RQ	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
SV	0.452	0.073	0.427	0.086	0.276	0.210	0.674	<0.001	0.543	0.002	0.491	0.068	0.388	0.356
CO	0.638	<0.001	0.620	0.001	0.355	0.321	0.497	0.092	0.510	0.075	0.498	0.098	0.401	0.136
CI	0.586	0.002	0.456	0.119	0.321	0.360	0.490	0.073	0.512	0.068	0.488	0.110	0.431	0.188
VI	-0.390	0.282	-0.410	0.260	-0.404	0.265	-0.380	0.294	-0.392	0.280	-0.312	0.390	-0.324	0.387
SI	-0.324	0.439	-0.355	0.403	-0.412	0.210	-0.334	0.420	-0.340	0.415	-0.360	0.205	-0.320	0.215
TFC	-0.482	0.113	-0.453	0.128	-0.462	0.124	-0.388	0.241	-0.402	0.213	-0.455	0.126	-0.301	0.290
ACI	0.465	0.123	0.376	0.212	0.324	0.356	0.342	0.243	0.432	0.176	0.421	0.182	0.457	0.156
SVR	-0.456	0.076	-0.231	0.410	-0.478	0.067	-0.433	0.104	-0.324	0.162	-0.310	0.182	-0.285	0.290
SVRI	-0.405	0.086	-0.221	0.288	-0.436	0.075	-0.403	0.095	-0.332	0.135	-0.386	0.124	-0.302	0.250

  

指标	ETCO <sub>2</sub>		ETO <sub>2</sub>		VE/VO <sub>2</sub> @AT		VE/VCO <sub>2</sub> @AT		VD/VT (Est)@Peak		VD/VT (Est)@REST	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
SV	0.468	0.096	-0.308	0.236	-0.256	0.306	-0.445	0.101	-0.326	0.255	-0.378	0.113
CO	0.354	0.232	-0.357	0.225	-0.423	0.124	-0.446	0.102	-0.478	0.087	-0.395	0.201
CI	0.457	0.010	-0.488	0.089	-0.467	0.091	-0.306	0.224	-0.378	0.192	-0.385	0.188
VI	-0.376	0.168	0.442	0.088	0.423	0.102	0.466	0.072	0.345	0.170	0.324	0.192
SI	-0.428	0.076	0.488	0.082	0.501	0.062	0.379	0.156	0.389	0.125	0.390	0.123
TFC	-0.486	0.088	0.475	0.097	0.423	0.102	0.356	0.195	0.386	0.168	0.385	0.170
ACI	0.467	0.092	-0.478	0.087	-0.455	0.103	-0.316	0.255	-0.368	0.188	-0.355	0.201
SVR	-0.478	0.089	0.327	0.145	0.457	0.112	0.488	0.078	0.321	0.147	0.466	0.102
SVRI	-0.445	0.092	0.368	0.168	0.392	0.122	0.401	0.108	0.447	0.089	0.497	0.067

VO<sub>2</sub> peak、VCO<sub>2</sub>、VO<sub>2</sub> peak/HR、AT、VT 低于非冠心病组, VE/VO<sub>2</sub> @AT、VE/VCO<sub>2</sub> @AT 高于非冠心病组, 提示冠心病患者心肺功能较差。研究表明, 肺动脉高压和心力衰竭患者血流动力学参数与心肺运动试验指标有关<sup>[15-16]</sup>。MYERS 等<sup>[17]</sup>研究表明, 血流动力学参数和心肺运动试验指标可作为评估心力衰竭患者预后的指标。本研究 Pearson 相关性分析结果显示, 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者 SV 与 VO<sub>2</sub> peak/HR、AT 有关, CO 与 VO<sub>2</sub> peak、VCO<sub>2</sub> 有关, CI 与 VO<sub>2</sub> peak、ETCO<sub>2</sub> 有关。

综上所述, 冠状动脉粥样硬化并冠心病患者血流动力学参数与心肺运动试验指标可能有关, 有一定的临床参考价值。本研究局限性: (1) 采用 VO<sub>2</sub> peak、VO<sub>2</sub> peak/HR、AT 可较准确地评估心肌缺血程度和心功能, 但易受患者身高、体质量、体育锻炼习惯等因素影响<sup>[18]</sup>。(2) 本研究样本量较小, 样本来源相对单一, 有待扩大样本量及样本来源进一步研究证实。

作者贡献: 孙红梅进行文章的构思与设计, 结果分析与解释, 负责撰写论文, 对文章整体负责, 监督管理; 孙红梅、李飞、李晓莉、高峰进行数据收集、整理、分析; 赵莉进行研究的实施与可行性分析; 李晓莉进行论文的修订; 高峰负责文章的质量控制及审校。

本文无利益冲突。

#### 参考文献

- [1] 周指明, 孙顺昌, 陈军, 等. 深圳市宝安区早发冠心病环境危险因素分析 [J]. 实用预防医学, 2015, 22 (4): 424-427. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2015.04.011.
- [2] COOPER C, MARSHALL J. Occupational Sources of Stress: A Review of the Literature Relating to Coronary Heart Disease and Mental Ill Health [M]. Palgrave Macmillan UK, 2013: 3-23.
- [3] 孙红. 冠状动脉 CT 血管成像的临床应用现状与进展 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2016, 18 (10): 1009-1011. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2016.10.001.
- [4] 蔺伟. 无创血流动力学检测在冠心病及其合并症患者中的应用价值评析 [J]. 中国实用医药, 2016, 11 (31): 50-51. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2016.31.027.
- [5] RAMOS R P, ALENCAR M C, TREPTOW E, et al. Clinical usefulness of response profiles to rapidly incremental cardiopulmonary exercise testing [J]. Pulm Med, 2013, 2013: 359021. DOI: 10.1155/2013/359021.
- [6] 高阅春, 何继强, 姜腾勇, 等. 冠心病患者冠状动脉病变严重程度与冠心病危险因素的相关分析 [J]. 中国循环杂志, 2012, 27 (3): 178-181. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2012.03.006.
- [7] KLIGFIELD P, LAUER M S. Exercise electrocardiogram testing: beyond the ST segment [J]. Circulation, 2006, 114 (19): 2070-2082. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.561944.
- [8] ARBAB-ZADEH A, FUSTER V. The Risk Continuum of Atherosclerosis and its Implications for Defining CHD by Coronary Angiography [J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 68 (22): 2467-2478. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.08.069.
- [9] 何晓全, 刘梅林. 中国冠心病防治策略 [J]. 中国全科医学, 2015, 18 (2): 239-240. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2015.02.029.
- [10] TREISTER N, WAGNER K, JANSEN P R. Reproducibility of impedance cardiography parameters in outpatients with clinically stable coronary artery disease [J]. Am J Hypertens, 2005, 18 (2 Pt 2): 44S-50S. DOI: 10.1016/j.amjhyper.2004.11.001.
- [11] American Thoracic Society; American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 167 (2): 211-277. DOI: 10.1164/rccm.167.2.211.
- [12] NUSAIR S. Interpreting the Incremental Cardiopulmonary Exercise Test [J]. Am J Cardiol, 2017, 119 (3): 497-500. DOI: 10.1016/j.amjcard.2016.10.013.
- [13] BALADY G J, ARENA R, SIETSEMA K, et al. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association [J]. Circulation, 2010, 122 (2): 191-225. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181e52e69.
- [14] 李大严, 邢波, 俸永红, 等. 心肺运动试验后冠心病患者心率恢复与心肺功能及生活质量的关系 [J]. 中国老年学杂志, 2016, 36 (13): 3152-3154. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2016.13.025.
- [15] FERREIRA E M, OTA-ARAKAKI J S, BARBOSA P B, et al. Signal-morphology impedance cardiography during incremental cardiopulmonary exercise testing in pulmonary arterial hypertension [J]. Clin Physiol Funct Imaging, 2012, 32 (5): 343-352. DOI: 10.1111/j.1475-097X.2012.01135.x.
- [16] FUKUDA T, MATSUMOTO A, KURANO M, et al. Cardiac output response to exercise in chronic cardiac failure patients [J]. Int Heart J, 2012, 53 (5): 293-298.
- [17] MYERS J, WONG M, ADHIKARLA C, et al. Cardiopulmonary and noninvasive hemodynamic responses to exercise predict outcomes in heart failure [J]. J Card Fail, 2013, 19 (2): 101-107. DOI: 10.1016/j.cardfail.2012.11.010.
- [18] 崔文欣. 心肺运动试验在心血管疾病诊疗中的临床应用 [J]. 中国卫生标准管理, 2015, 6 (20): 80-82. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9316.2015.20.061.

(收稿日期: 2017-12-05; 修回日期: 2018-02-15)

(本文编辑: 李清晨)