

DOI:10.3724/SP.J.1008.2009.01393

容量负荷下经食管超声多普勒与有创性肺动脉导管测定血流动力学指标的相关性分析

贾辰飞^{1,2}, 石学银^{1*}, 董 榕², 张富军², 于布为²

1. 第二军医大学长征医院麻醉科, 上海 200003

2. 上海交通大学医学院瑞金医院麻醉科, 上海 200025

[摘要] **目的:**采用经食管超声多普勒(transesophageal echocardiography, TEE)与有创性肺动脉导管(pulmonary artery catheter, PAC)技术同步测定非体外循环冠状动脉旁路移植术(OPCAB)中容量负荷前后血流动力学相关指标的变化,分析二者的相关性,探讨 TEE 监测 OPCAB 术中容量负荷的价值。**方法:**择期行 OPCAB 术患者 20 例,采用 TEE 测量二尖瓣血流频谱(MVF),同步采用 PAC 技术测量中心静脉压(CVP)、肺动脉楔压(PCWP)、肺动脉平均压(PAP)、每搏量(SV)等指标。术中患者 10 min 内给予 5 ml/kg 羟乙基淀粉 130/0.4 氯化钠注射液(万汶)作为容量负荷,输液后测定上述指标,并与开胸前、关胸后分别测得的基础值进行比较,以 SV 升高 >10% 作为容量负荷有效的标准。分析 TEE 及 PAC 同步测量所得指标与 SV 的相关性。**结果:**20 例患者中有 14 例在第一次容量负荷时 SV 升高 >10%,而在第二次容量负荷时仅 6 例。输液有效及无效组 PCWP 均明显增加($P < 0.05$)。输液有效组 CO、CI、SV 较输液前明显增加($P < 0.05$),输液有效组 MVF 舒张早期峰值血流速度(MVe)、舒张早期峰值血流速度时间积分(VTIe)、VTIe 与舒张晚期峰值血流速度时间积分(VTIa)之和(VTIe+a)较输液前有明显增加($P < 0.05$)。而 MVF 舒张晚期峰值血流速度(MVa)、VTIa、MVe 减速时间(EDT)变化差异无统计学意义。各指标与 SV 的相关分析结果: MVe($r = 0.36, P < 0.01$)、VTIe($r = 0.63, P < 0.01$)、VTIe/VTIa($r = 0.67, P < 0.01$)、VTIe+a($r = 0.77, P < 0.01$)、PCWP($r = 0.35, P < 0.01$)。输液后混合静脉血氧饱和度(SvO₂)略有升高($P < 0.05$)。**结论:**TEE 监测各指标与 SV 相关性不等,其中血流速度时间积分(VTI)与 SV 显著正相关,能较准确反映左室前负荷,值得进一步研究以用于指导临床用药。

[关键词] 非体外循环冠状动脉旁路移植术;经食管多普勒超声;心导管;左室功能

[中图分类号] R 614 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2009)12-1393-05

Hemodynamic parameters determined by transesophageal doppler echocardiography and pulmonary artery catheter after volume administration in patients receiving off-pump coronary artery bypass surgery: a correlation analysis

JIA Chen-fei^{1,2}, SHI Xue-yin^{1*}, DONG Rong², ZHANG Fu-jun², YU Bu-wei²

1. Department of Anesthesiology, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

2. Department of Anesthesiology, Ruijin Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200025

[ABSTRACT] **Objective:** To investigate the changes of hemodynamic parameters by transesophageal doppler echocardiography (TEE) and pulmonary artery catheter (PCA) before and after volume administration in patients receiving off-pump coronary artery bypass(OPCAB) surgery, to analyze the correlation between the two methods, and to discuss the value of TEE in monitoring the preload during OPCAB. **Methods:** Twenty patients who were to receive OPCAB were enrolled in the present study. TEE was used to determine the mitral valve flow (MVF). Simultaneously, the central vein pressure (CVP), pulmonary capillary wedge pressure (PCWP), pulmonary artery pressure (PAP), mixed venous oxygen saturation (SvO₂), cardiac output (CO), cardiac index (CI), and stroke volume (SV) were examined during OPCAB by PCA. The above parameters were recorded before and immediately after volume infusion (5 ml/kg, in 10 minutes). Patients with SV increased by >10% were taken as effective responders. Pearson correlation analysis was used to examine the relationship of SV with the results of TEE and PAC. **Results:** There were 14 effective responders after the first volume load, and only 6 after the second infusion. Compared with the baseline values, PCWP of all the patients, and CO, CI and SV of the effective responders increased significantly after volume

[收稿日期] 2009-03-02 **[接受日期]** 2009-11-06

[作者简介] 贾辰飞, 硕士, 主治医师. E-mail: cfjia99@163.com

* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 021-81885821, E-mail: shixueyin1128@yahoo.com.cn

loading ($P < 0.05$); the values of MVe, MTIe, and VTIE+a also increased significantly after volume loading ($P < 0.05$); and there were no significant changes in MVa, VTIA, MVedt values after volume loading. The results of correlation analysis of SV with other parameters were: MVe ($r = 0.36, P < 0.05$), VTImve ($r = 0.63, P < 0.05$), VTIE/VTIA ($r = 0.67, P < 0.01$), VTIE+a ($r = 0.77, P < 0.01$), and PCWP ($r = 0.35, P < 0.01$). SvO₂ was increased after infusion ($P < 0.05$). **Conclusion:** The relationship of TEE parameters with SV is variable. There is a significant positive correlation between SV with VTIE and VTIE+a; and VTI can be used to evaluate the preload of left ventricular, which should be further studied to guide clinical medication.

[KEY WORDS] off-pump coronary artery bypass; transesophageal echocardiography; left ventricular function

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2009, 30(12):1393-1397]

非体外循环冠状动脉(冠脉)旁路移植术(OP-CAB)中,进行心脏探查和远端移植血管操作时常会引起血流动力学的波动^[1],不利于患者恢复。而增加心脏前负荷可以减轻心脏移位导致的血流动力学变化^[2]。中心静脉压(CVP)和肺动脉楔压(PAWP)一直被作为反映心脏前负荷的重要血流动力学指标用于指导临床用药。但由于转换器误差、心室顺应性改变等因素干扰,心脏充盈压力不能始终准确反映心室前负荷,PAWP用于反映心脏前负荷有其局限性^[3-4]。因此,寻找更有效的反映心脏前负荷的指标是目前 OPCAB 相关研究的重点。

经食管超声多普勒(transesophageal echocardiography, TEE)可以无创、准确、实时反映血流动力学变化,且不影响手术操作,不污染术野,具有广阔的应用前景^[5]。因此,本研究应用 TEE 技术监测容量负荷下患者心功能及血流动力学相关指标的变化,并与有创性肺动脉导管(pulmonary artery catheter, PAC)技术监测结果进行对照比较,探讨 TEE 监测对容量负荷下血流动力学变化的敏感度和可靠性,为其在临床上容量负荷监测中的应用奠定基础。

1 对象和方法

1.1 研究对象 随机选取 2007 年 7 月至 2008 年 3 月间上海交通大学医学院附属瑞金医院择期行 OPCAB 术的患者 20 例,男 15 例,女 5 例,年龄 62~79 岁,平均(66±7)岁。其中不稳定心绞痛 14 例,陈旧性心肌梗死 6 例;心功能 II 级 13 例, III 级 6 例, IV 级 1 例。冠脉造影显示:左主干病变 4 例,单支病变 2 例,双支病变 4 例,3 支及 3 支以上病变 10 例。有介入治疗史 4 例。术前有脑血管意外(CVA)史 2 例,颈动脉狭窄 1 例,肾功能不全 4 例,慢性阻塞性肺气肿 3 例,糖尿病 6 例,高血压病 12 例。术前常规采用经胸超声测量左室容量,主动脉根部内径(AO)为(30±8) mm,左室舒张末期内径(LVIDd)为(47±

14) mm,左室收缩末期内径(LVIDs)为(27±15) mm,左房内径(LAD)为(32±15) mm,室间隔厚度(IVS)为(7±6) mm,左室后壁厚度(LVPW)为(9±6) mm,改良 Simpson 法测量左室射血分数(LVEF)为(54.36%±7.32%)。

排除标准:(1)合并瓣膜病或伴有明显节段室壁运动异常(wall motion score index < 1.4);(2)肺动脉高压;(3)术中应用呼气末正压通气(PEEP);(4)严重心衰(EF < 35%);(5)房颤及传导阻滞;(6)安置主动脉内球囊反搏;(7)有食管病变或食管手术史;(8)各种原因致术中改行常规冠脉旁路移植(CCABG)。

1.2 术中监测 患者入手术室后常规进行心电图(ECG)、脉搏血氧饱和度(SpO₂)、无创血压(NBP)监测,麻醉诱导后留置导尿,并监测呼气末 CO₂分压(end tidal CO₂, ETCO₂)。诱导前常规给予咪达唑仑 1~2 mg 镇静后行桡动脉穿刺置管,麻醉后行右颈内静脉穿刺,放置肺动脉漂浮导管(Swan-Ganz 744HF75 或 774HF75),在 TEE 指导下调整导管位置使其位于肺动脉内和肺小动脉内,便于测量肺动脉压(PAP)和 PAWP,接 VigilanceTM(Edwards Lifesciences)连续心输出量监测仪监测心排量(CO)、每搏量(SV)、CVP、PAWP、混合静脉血氧饱和度(SvO₂)等。

TEE 取图及测量方法:多平面经食管超声探头(Vividi 便携式彩色超声多普勒显像系统,美国 GE 公司,配有彩色多平面经食管超声探头),表面涂抹耦合剂和润滑剂(或将探头置入经食管超声检查专用一次性塑料袋内),麻醉后插入食管内,由上而下常规检查心脏及大血管,评价心功能及各瓣膜活动状态。然后退回至距门齿约 33~35 cm 处,显示心间四腔心切面观和二腔心切面观,在彩色血流显像引导下,将多普勒脉冲取样容积置于二尖瓣瓣尖位置,记录二尖瓣血流频谱(MVF)。同步记录 II 导联

心电图。所有资料以 DICOM 格式刻录为 CD, 供脱机后处理。

1.3 麻醉方法 患者入室建立常规生命体征监测后, 予以吸氧(3~5 L/min)。麻醉诱导采用丙泊酚、维库溴铵 0.1 mg/kg 及芬太尼 3 μ g/kg 常规快速诱导, 给氧 2~3 min 后行喉镜明视下气管插管, 接麻醉机进行控制性正压通气, 潮气量为 10 ml/kg, 固定呼吸频率 8~10 次/min, 空氧混合流量 1~1.5 L/min, 控制 $ETCO_2$ 为 30~35 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)。麻醉维持为吸入地氟醚及静脉持续泵注丙泊酚, 间断给予芬太尼及维库溴铵维持镇痛和肌松。术中患者体温控制在 36.0°C 以上, 心率控制在 80 次/min 以下, 收缩压为 80~110 mmHg。

1.4 容量负荷 麻醉诱导期前给予乳酸钠林格液 10 ml/kg。为防止基础补液干扰容量负荷的效果, 诱导后即持续泵注硝酸甘油 0.3 μ g \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹。第一次容量负荷(开胸前, 基础值后)10 min 内给予羟乙淀粉 130/0.4 氯化钠注射液(万汶)5 ml/kg; 第二次容量负荷(关胸后)10 min 内给予万汶 5 ml/kg。以 SV 升高 >10% 为标准判断输液是否有效, 将数据分为有效组和无效组。

1.5 数据采集 选择 4 个时间点: 以麻醉诱导后, 放置漂浮导管稳定后 5 min 取基础值(T1); 第一次容量负荷后(T2); 关胸后即第二次容量负荷前(T3); 第二次负荷量后(T4), 共 4 个时点。PAWP 及 TEE 数据的采集: 采集数据时停呼吸机, 防止呼吸对 PAWP 及 TEE 数据的影响, 由双人操作, 采集 TEE 图像的同时由助手采集 PAWP 的压力值。记录连续 3 次搏动的数值, 如其中一个误差超过 15%, 应放弃该值重测一次, 同时记录平均值。所有 TEE 数据均由同一资深超声诊断医师完成采集, 以减少测量偏倚。CO 数据的采集: 每个时间点后立刻记录一个 CO 值及对应的 CI 值。记录两次容量负荷前后的 CO 值以及 SV、心指数(CI)、心率(HR)、血压(BP)、CVP、SvO₂。

1.6 统计学处理 采用 SPSS 11.5 统计软件, 计量数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 相关性分析采用 Pearson 相关分析, 并用 Excel 作图表。

2 结果

2.1 手术情况 所有患者均成功进行 OPCAB 手术, 术后恢复良好, 术后拔管时间约 4~13 h, 平均(6 \pm 2) h, ICU 滞留时间 1~5 d, 平均(2.4 \pm 0.6) d,

无严重临床事件发生。

2.2 容量负荷前后静脉血气和混合静脉血氧饱和度的变化 结果(表 1)表明: 给予容量负荷后, 静脉血气各参数(pH、PaO₂、PaCO₂、BE)均无明显变化($P > 0.05$), 而 Hb 及 Hct 均明显下降($P < 0.05$); SO₂ 及由漂浮导管得到的 SvO₂ 均略有增加[(78.2 \pm 3.5)% vs (82.1 \pm 1.2)%, (77.6 \pm 4.1)% vs (80.3 \pm 3.7)%], 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 容量负荷前后静脉血气和混合静脉血氧饱和度的变化

Tab 1 Changes of blood gas analysis and SvO₂ pre- and post-infusion

Index	(n=40, $\bar{x} \pm s$)	
	Pre-infusion	Post-infusion
pH	7.39 \pm 0.06	7.38 \pm 0.04
PvCO ₂ p/mmHg	35.6 \pm 7.3	34.8 \pm 6.5
PvO ₂ p/mmHg	44.2 \pm 3.1	42.7 \pm 2.4
BE cB/(mmol \cdot L ⁻¹)	-0.9 \pm 1.0	-1.3 \pm 1.3
Hct(%)	38.7 \pm 5.4	32.3 \pm 4.4*
Hb ρ_B /(g \cdot L ⁻¹)	122 \pm 83	107 \pm 79*
SO ₂ (%)	78.2 \pm 3.5	82.1 \pm 1.2*
SvO ₂ (%)	77.6 \pm 4.1	80.3 \pm 3.7*

PvCO₂: Mixed venous carbon dioxide tension; PvO₂: Mixed venous oxygen tension; BE: Base excess; SO₂: Sturation of oxygen; SvO₂: Mixed venous oxygen saturation. * $P < 0.05$ vs pre-infusion

2.3 血流动力学及 TEE 指标 20 例患者行 2 次容量负荷共采集 40 组数据。第一次容量负荷前, 所有患者除静脉泵推硝酸甘油外, 未用其他血管活性药物。第一次容量负荷后 14 例患者 SV 值升高 >10%, 输液有效。第二次容量负荷期间, 16 例患者使用多巴胺(3~7 μ g \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹) 泵维持, 6 例输液有效。所有患者的 PCWP 在输液后均明显升高, 其中有效组输液前的 PCWP 明显低于无效组($P < 0.01$)。有效组 MVE、VTIe/VTIa、VTIe 及 VTIe+a 明显升高($P < 0.05$), 而无效组没有此改变。与无效组相比, 有效组的基础 VTI 值偏低($P < 0.05$)。

2.4 TEE 与 PAC 各容量指标相关性分析 结果(表 2)表明: 容量负荷有效组在输液后 CO、CI、SV 明显升高($P < 0.05$), 其他血流动力学指标除 PAWP 外均无明显改变, 但 PAWP 与 SV 的相关性较差($r = 0.35, P < 0.01$)。MVF 各参数与 SV 的相关性分析结果表明: MVE($r = 0.36, P < 0.01$)、VTIe($r = 0.63, P < 0.01$)、VTIe/VTIa ($r = 0.67, P <$

0.01)。其中通过对 VTIe+a 与 SV 间的相关性分析发现,负荷前 VTIe+a 的数值越低补液后 SV 会越高($r=0.77, P<0.01$;图 1)。

表 2 有效组容量负荷前后血液动力学及 MVF 指标的变化

Tab 2 Changes of hemodynamic and MVF parameters pre- and post-infusion

Index	Post-infusion	Pre-infusion
($n=20, \bar{x} \pm s$)		
PAC index		
HR f/min^{-1}	67.35±11.73	66.69±8.64
MAP p/mmHg	82.9±11.1	83.4±11.9
PCWP p/mmHg	11.8±4.2	14.7±4.3*
CVP p/mmHg	10.6±4.0	12.7±3.7
CI ($L \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	2.04±0.36	2.58±0.34
SV V/ml	47±11	62±14
MVF index		
MVe $v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	48.70±14.67	58.94±18.60
MVa $v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	52.04±14.35	51.86±11.67
E/A	0.98±0.40	1.20±0.50
VTIe l/cm	8.41±2.19	11.34±3.52
VTIa l/cm	6.93±1.58	6.77±1.43
VTIe/a	1.20±0.54	1.72±0.76*
VTIe+a l/cm	10.16±3.32	16.54±4.33*
EDT t/s	0.26±0.05	0.25±0.04

MAP: Mean arterial pressure; PAWP: Pulmonary arterial wedge pressure; CVP: Central venous pressure; CI: Cardiac index; SV: Stroke volume; MVe: Mitral annular peak early diastolic velocity; MVa: Mitral annular peak late diastolic velocity; E/A: The ratio of maximal early to late diastolic filling velocities of mitral inflow; VTIe: Velocity-time intergral of E-wave; VTIa: velocity-time intergral of A-wave; VTIe/a: Ratio of VTIe and VTIa; VTIe+a: The sum of VITE and VTIa; EDT=Deceleration times of early diastolic filling of mitral inflow. * $P<0.05$ vs pre-infusion

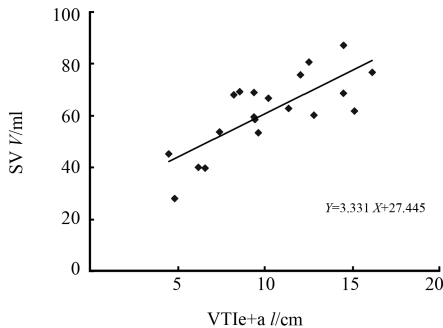


图 1 有效组容量负荷前 SV 与 VTIe+a 间相关性分析

Fig 1 Correlation analysis of pre-infusion SV and VTIe+a in effective group

VTIe+a: The sum of VTIe and VTIa; SV: Stroke volume

3 讨论

OPCAB 术中,通过间断的容量负荷(可能会防

止出现“隐蔽的”末梢灌注不足)和输液限制(避免有害的容量超负荷)来维持术中最佳 SV 值,可以明显减少围术期并发症的发生,并缩短住院天数^[6]。但这依赖于精确评估容量负荷的指标。

经胸超声心动图(TTE)、经食管超声心动图(TEE)、脉搏波形分析心排出量监测(PiCCO)及脉搏血氧饱和度波形均可用于容量负荷后的功能性血流动力学监测(FHM)。目前观点认为输注 500 ml 液体后 SV 升高>20%是容量负荷是否有效的标准,但仍存有争议^[7-9]。大量溶液输注对心功能正常的脓毒症患者和对心脏手术患者的效果具有很大差别。因此,本研究选择相对保守的 5 ml/kg 万汶作为负荷量,并以 SV 升高>10%作为判断标准。研究结果也证实,此剂量溶液对大部分实验对象是安全的,仅 1 例患者在补液后出现 SV 明显下降,给予加大剂量的硝酸甘油后得以缓解。

本研究结果发现,VTIe+a 的数值会随着补液量的增加而增大,而对应的 E/A 也增大;容量负荷前 VTIe/VTIa 数值越低,补液后 SV 的增加越明显($P<0.01$)。但 VTIe/VTIa >1.5 的患者 SV 很少出现明显增加,与 Rakowski 等^[10]研究结果一致。补液前后数据及图形改变结果表明反映左房压力的 MVa 及 VTIa 变化不大,VTI 的变化主要归功于 MVe 的变化;进一步的相关分析结果也证实 VTIe/VTIa、VTIe、VTIe+a 与 SV 变化的相关性最高。

左室舒张末面积(LV end diastolic area, LVEDA)对心脏手术中血容量的变化比较敏感,与 SV 相关性很高^[11-12]。但其对于左室功能较差及室壁运动异常或扩张型心肌病患者术中血容量变化的监测效果不很敏感^[9]。肺静脉是连接左房及肺循环的通路,左房舒张收缩功能与肺静脉血流频谱(pulmonary vein flow, PVF)密切相关,但对左室舒张功能的测定仅起到 MVF 的补充作用。当左室舒张早期功能障碍时,由于肺静脉血流处于左房的上一级,故其敏感性不如二尖瓣血流和二尖瓣环指标^[13],大大限制了其临床应用。因此, PVF 通常被用来估测 PCWP^[14]。机械正压通气中,收缩压的变化与每搏输出量相关^[15],收缩压、脉压随正压通气而变化程度可作为预测循环系统对液体治疗反应的一项有用指标^[15]。但是,也有研究^[16]发现实施心脏外科手术的患者,在体外循环建立之前其收缩压的变化与后续液体治疗反应间没有明显相关。

综上所述,本研究结果表明,在严密监测心脏功能(PAC、TEE)的情况下给予容量负荷后,SV 的增加同时对应着 SvO₂ 的增加,提示机体的氧供得到改善;TEE 监测各指标与 SV 相关性不等,其中血流速度时间积分(VTI)与 SV 显著正相关,能较准确反映左室前负荷。但是,目前仍无法确定 VTIE、VTIE+a 的阈值以指导临床扩容,后续研究将进一步连续检测容量负荷后血流动力学指标改变,进一步排除患者年龄、身高、体质量及术前心功能状态等因素对结果的干扰。

(志谢 本研究统计学处理得到复旦大学医学院中山医院施鹏老师的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢!)

[参考文献]

- [1] Mathison M, Edgerton J R, Horswell J L, Akin J J, Mack M J. Analysis of hemodynamic changes during beating heart surgical procedures[J]. *Ann Thorac Surg*, 2000, 70: 1355-1360.
- [2] Gründeman P F, Borst C, Verlaan C W, Meijburg H, Mouës C M, Jansen E W. Exposure of circumflex branches in the tilted, beating porcine heart: echocardiographic evidence of right ventricular deformation and the effect of right or left heart bypass [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 118: 316-323.
- [3] Kumar A, Anel R, Bunnell E, Habet K, Zanotti S, Marshall S, et al. Pulmonary artery occlusion pressure and central venous pressure fail to predict ventricular filling volume, cardiac performance, or the response to volume infusion in normal subjects [J]. *Crit Care Med*, 2004, 32: 691-699.
- [4] Rex S, Brose S, Metzelder S, Hüneke R, Schälte G, Autschbach R, et al. Prediction of fluid responsiveness in patients during cardiac surgery[J]. *Br J Anaesth*, 2004, 93: 782-788.
- [5] Hong S N, Perk G, Skolnick A, Kronzon I. Evaluation of a posterior mitral valve leaflet aneurysm by real time three-dimensional transesophageal echocardiography[J]. *Echocardiography*, 2009, 26: 1089-1091.
- [6] Grocott M P, Mythen M G, Gan T J. Perioperative fluid management and clinical outcomes in adults[J]. *Anesth Analg*, 2005, 100: 1093-1106.
- [7] Guimond J G, Pinsky M R, Matuschak G M. Effect of synchronous increase in intrathoracic pressure on cardiac performance during acute endotoxemia[J]. *J Appl Physiol*, 1990, 69: 1502-1508.
- [8] Reuter D A, Felbinger T W, Schmidt C, Kilger E, Goedje O, Lamm P, et al. Stroke volume variations for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery [J]. *Intensive Care Med*, 2002, 28: 392-398.
- [9] Tousignant C P, Walsh F, Mazer C D. The use of transesophageal echocardiography for preload assessment in critically ill patients[J]. *Anesth Analg*, 2000, 90: 351-355.
- [10] Rakowski H, Appleton C, Chan K L, Dumesnil J G, Honos G, Jue J, et al. Canadian consensus recommendations for the measurement and reporting of diastolic dysfunction by echocardiography: from the Investigators of Consensus on Diastolic Dysfunction by Echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1996, 9: 736-760.
- [11] Cheung A T, Savino J S, Weiss S J, Aukburg S J, Berlin J A. Echocardiographic and hemodynamic indexes of left ventricular preload in patients with normal and abnormal ventricular function[J]. *Anesthesiology*, 1994, 81: 376-387.
- [12] Greim C A, Roewer N, Apfel C, Laux G, Schulte am Esch J. Relation of echocardiographic preload indices to stroke volume in critically ill patients with normal and low cardiac index[J]. *Intensive Care Med*, 1997, 23: 411-416.
- [13] 高峻, 李治安, 王新房, 吕清, 刘俐. 多普勒组织成像探测二尖瓣环 e/a 比率评价左室舒张功能价值的探讨[J]. *中国超声医学杂志*, 2000, 16: 849-853.
- [14] Kuecherer H F, Muhiudeen I A, Kusumoto F M, Lee E, Moulinier L E, Cahalan M K, et al. Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow[J]. *Circulation*, 1990, 82: 1127-1139.
- [15] Beaussier M, Coriat P, Perel A, Lebret F, Kalfon P, Chemla D, et al. Determinants of systolic pressure variation in patients ventilated after vascular surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 1995, 9: 547-551.
- [16] Bennett-Guerrero E, Kahn R A, Moskowitz D M, Falcucci O, Bodian C A. Comparison of arterial systolic pressure variation with other clinical parameters to predict the response to fluid challenges during cardiac surgery[J]. *Mt Sinai J Med*, 2002, 69 (1-2): 96-100.

[本文编辑] 贾泽军