

• 论著 •

呼气末二氧化碳分压联合被动抬腿试验对心脏术后休克患者容量反应性评估的价值

姚滔 吴伟芳 郑霞 方强

310003 浙江杭州,浙江大学医学院附属第一医院重症医学科(姚滔、吴伟芳、郑霞、方强);

315040 浙江宁波,宁波市鄞州人民医院重症医学科(姚滔)

通讯作者:方强, Email: fangqicu@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.05.003

【摘要】 目的 探讨呼气末二氧化碳分压($P_{ET}CO_2$)联合被动抬腿试验(PLR)对心脏术后休克患者容量反应性的评估价值。**方法** 采用前瞻性观察性自身前后配对研究设计方法,选择2014年6月至2015年10月浙江大学医学院附属第一医院重症医学科收治的完全机械控制通气的心脏术后休克患者。分别在PLR及容量负荷试验(VE)前后监测 $P_{ET}CO_2$,用脉搏指示连续心排量(PiCCO)监测技术监测每搏量变异度(SVV)、心排血指数(CI)、平均动脉压(MAP)等血流动力学指标。根据扩容后CI增加值(ΔCI)分为有反应组($\Delta CI \geq 15\%$)和无反应组($\Delta CI < 15\%$)。以受试者工作特征曲线(ROC)分析PLR后 $P_{ET}CO_2$ 增加幅度($\Delta P_{ET}CO_{2\ PLR}$)对容量反应性的评估价值。**结果** 41例患者中有容量反应性21例(有反应组),无容量反应性20例(无反应组)。有反应组患者PLR后CI和 $P_{ET}CO_2$ 增加值均明显高于无反应组[$\Delta CI: (13.5 \pm 4.6)\%$ 比 $(3.6 \pm 3.5)\%$, $\Delta P_{ET}CO_2: (7.4 \pm 3.4)\%$ 比 $(2.8 \pm 2.5)\%$,均 $P < 0.05$]。 $\Delta P_{ET}CO_{2\ PLR}$ 和SVV_{基线}与 ΔCI_{PLR} 均呈正相关($r_1=0.50$ 、 $r_2=0.38$,均 $P < 0.05$); $\Delta P_{ET}CO_{2\ VE}$ 、SVV_{基线}、 ΔCI_{PLR} 与 ΔCI_{VE} 也均呈正相关($r_1=0.58$ 、 $r_2=0.56$ 、 $r_3=0.84$,均 $P < 0.01$)。 $\Delta P_{ET}CO_{2\ PLR}$ 评估容量反应性的ROC曲线下面积(AUC)为 0.875 ± 0.054 [95%可信区间(95%CI)=0.769~0.981, $P < 0.05$],以5.8%为临界值时敏感度为76.2%、特异度为90.0%; ΔCI_{PLR} 评估容量反应性的AUC为 0.933 ± 0.036 (95%CI=0.862~1.000, $P < 0.05$),以10.4%为临界值时敏感度为81.0%、特异度为90.0%;SVV_{基线}评估容量反应性的AUC为 0.831 ± 0.066 (95%CI=0.702~0.960, $P < 0.05$),以12.5%为临界值时敏感度为85.7%、特异度为75.0%。**结论** PLR后 $P_{ET}CO_2$ 的变化值可以作为预测心脏术后机械通气休克患者容量反应性简便、可靠的无创性指标。

【关键词】 呼气末二氧化碳分压; 脉搏指示连续心排量; 休克; 心脏术后; 容量反应性; 被动抬腿试验

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金(81101445)

The value of end-tidal carbon dioxide partial pressure combined passive leg raising test on volume responsiveness assessment in shocked patients post cardiac operation Yao Tao, Wu Weifang, Zheng Xia, Fang Qiang

Department of Critical Care Medicine, First Affiliated Hospital of College of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310003, Zhejiang, China (Yao T, Wu WF, Zheng X, Fang Q); Department of Critical Care Medicine, Ningbo Yinzhou People's Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China (Yao T)

Corresponding author: Fang Qiang, Email: fangqicu@163.com

【Abstract】 Objective To assess the value of end-tidal carbon dioxide partial pressure ($P_{ET}CO_2$) combined passive leg raising (PLR) test on volume responsiveness assessment in shocked patients post cardiac operation. **Methods** A prospective, self-controlled, and observational study was conducted. The shocked patients post cardiac operation undergoing complete mechanical ventilation admitted to Department of Critical Care Medicine of First Affiliated Hospital of College of Medicine, Zhejiang University from June 2014 to October 2015 were enrolled. $P_{ET}CO_2$ and hemodynamic parameters including stroke volume variation (SVV), cardiac index (CI), mean arterial pressure (MAP) monitored by a pulse indicator continuous cardiac output (PiCCO) were determined before and after PLR and volume expansion (VE). Volume responsiveness was defined as an increase in CI (ΔCI) of 15% or greater after VE, namely response group ($\Delta CI \geq 15\%$) and non-response group ($\Delta CI < 15\%$). The value of PLR-induced $P_{ET}CO_2$ change ($\Delta P_{ET}CO_{2\ PLR}$) to predict volume responsiveness was evaluated by receiver operating characteristic curves (ROC). **Results** Among the 41 patients enrolled, 21 had volume responsiveness (response group), and 20 had no

responsiveness (non-response group). After PLR, the changes in CI and $P_{ET}CO_2$ were both significantly increased in the response group compared with non-response group [ΔCI : $(13.5 \pm 4.6)\%$ vs. $(3.6 \pm 3.5)\%$, $\Delta P_{ET}CO_2$: $(7.4 \pm 3.4)\%$ vs. $(2.8 \pm 2.5)\%$, both $P < 0.05$]. $\Delta P_{ET}CO_2$ and baseline SVV were positively correlated with PLR-induced CI change (ΔCI_{PLR}) ($r_1 = 0.50$, $r_2 = 0.38$, both $P < 0.05$). VE-induced $P_{ET}CO_2$ change ($\Delta P_{ET}CO_{2VE}$), baseline SVV and ΔCI_{PLR} were positively correlated with VE-induced CI (ΔCI_{VE}) ($r_1 = 0.58$, $r_2 = 0.56$ and $r_3 = 0.84$, all $P < 0.01$). The area under ROC curve (AUC) of $\Delta P_{ET}CO_{2PLR}$ was 0.875 ± 0.054 [95% confidence interval (95%CI) = 0.769–0.981, $P < 0.05$]. $\Delta P_{ET}CO_{2PLR} \geq 5.8\%$ predicted volume responsiveness with sensitivity of 76.2% and specificity of 90.0%. AUC of ΔCI_{PLR} was 0.933 ± 0.036 (95%CI = 0.862–1.000, $P < 0.05$). $\Delta CI_{PLR} \geq 10.4\%$ predicted volume responsiveness with sensitivity of 81.0% and specificity of 90.0%. AUC of baseline SVV was 0.831 ± 0.066 (95%CI = 0.702–0.960, $P < 0.05$). Baseline SVV $\geq 12.5\%$ predicted volume responsiveness with sensitivity of 85.7% and specificity of 75.0%. **Conclusion** The change in $P_{ET}CO_2$ induced by PLR is a convenient, reliable and non-invasive indicator to predict volume responsiveness in shocked patients post cardiac operation with mechanical ventilation.

【Key words】 End-tidal carbon dioxide partial pressure; Pulse indicator continuous cardiac output; Shock; Post cardiac operation; Volume responsiveness; Passive leg raising

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81101445)

以增加心排血量(CO)和组织灌注为目标的液体复苏在休克的治疗中占重要地位。而液体过负荷也可能导致心力衰竭、肺水肿,增加死亡风险^[1-2]。良好的容量反应性是液体复苏的前提,但在重症加强治疗病房(ICU)中仅一半的危重病患者有容量反应性^[3],而心脏术后患者由于血流动力学不稳定、心血管功能多变及其“容量窗”狭窄,更要求及时、准确地评价容量反应性^[4]。被动抬腿试验(PLR)可动态改变心脏前负荷,预测容量反应性^[4-5],但因效应短暂^[6],需联合能够迅速测定心排血量(CI)的方法。目前临床直接监测CI的方法有限,需寻找更加便捷、可靠的容量反应性评估指标。新近国内外研究提示,对于分钟通气量稳定且短时间(几分钟)内全身代谢相对稳定的机械通气患者,呼气末二氧化碳分压增加值($\Delta P_{ET}CO_2$)与CI增加值(ΔCI)有很好的相关性,可以作为简单、无创监测血流动力学的指标^[7-9]。但该指标用于心脏术后休克患者的相关研究目前鲜见报道,故本研究通过观察心脏术后休克患者PLR前后 $\Delta P_{ET}CO_2$ 的变化特征及与 ΔCI 的相关性,评价其对容量反应的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用前瞻性观察性自身前后配对研究设计方法,选择2014年6月至2015年10月浙江大学医学院附属第一医院重症医学科收治的无自主呼吸、完全机械控制通气的 cardiac 术后休克患者。

1.1.1 纳入标准:年龄 >18 岁;行气管插管机械通气治疗;符合休克组织低灌注表现。

1.1.2 排除标准:孕妇;术后存在心内分流;有脉搏指示连续心排血量(PiCCO)监测和PLR禁忌证;应用主动脉内球囊反搏、体外膜肺氧合(ECMO)治

疗者;拒绝参加本研究。试验过程中出现液体过负荷临床表现(如无创氧饱和度降低,出现新的湿啰音、原有湿啰音增加或者出现哮鸣音,心电图示心肌缺血加重)者被剔除。

1.1.3 伦理学:本研究方案经医院伦理委员会批准,所有治疗和监测的实施均得到患者家属知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 热稀释法操作步骤:自颈内静脉导管主腔快速(3~5 s)推注温度 $<8^\circ C$ 的生理盐水10~15 mL,至少3次,取3次变异量 $<10\%$ 的数值,计算均值。

1.2.2 PLR及检测指标:①步骤1:受试者保持 45° 半卧位至少2 min,用热稀释法测定并记录各项血流动力学参数[心率(HR)、平均动脉压(MAP)、每搏量变异度(SVV)、CI等]及 $P_{ET}CO_2$ 作为基线值;②步骤2:受试者平卧位,双腿抬高 45° 保持2 min,记录血流动力学参数;③步骤3:恢复步骤1体位,并保持5 min以洗脱PLR效应后记录血流动力学指标;④步骤4:保持步骤1体位,在30 min内滴注复方氯化钠注射液500 mL,再次记录血流动力学指标。

1.2.3 机械通气方法:采用容量控制通气模式,潮气量(VT)8~10 mL/kg,呼气末正压(PEEP)5 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa),吸入氧浓度(FiO₂)为0.30~0.50,呼吸频率(RR)为12~15次/min。给予充分镇痛(吗啡针)、镇静(咪唑安定针或丙泊酚针)暂时抑制受试者的自主呼吸。试验期间呼吸机参数、血管活性药物及镇静剂用量保持不变。

1.2.4 分组方法:以容量负荷试验(VE)前后的 ΔCI 值为依据将患者分为有反应组($\Delta CI \geq 15\%$)和无反应组($\Delta CI < 15\%$)。

1.3 统计学方法: 使用 SPSS 20.0 软件进行数据分析; 正态分布计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 用独立样本 t 检验和配对样本 t 检验; 非正态分布计量资料以中位数 (四分位数) [$M(Q_L, Q_U)$] 表示, 用 Mann-Whitney 非参数检验; 计数资料用 χ^2 检验; 两变量间相关性用 Pearson 相关分析; 用受试者工作特征曲线 (ROC) 分析各指标预测容量反应的准确性, 以 ROC 曲线下面积 (AUC) 和 95% 可信区间 (95%CI) 表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料 (表 1): 41 例患者纳入, 男性 27 例, 女性 14 例; 年龄 37~73 岁, 平均 (56.9 ± 9.6) 岁。有反应组 21 例, 无反应组 20 例, 两组一般临床资料比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 均衡可比。

2.2 PLR 对血流动力学和 $P_{ET}CO_2$ 的影响 (表 2):

有反应组 PLR 后, CI 增加了 (13.5 ± 4.6)%, $P_{ET}CO_2$ 增加了 (7.4 ± 3.4)%, 均明显高于无反应组增加值 [分别为 (3.6 ± 3.5)%、(2.8 ± 2.5)%, 均 $P < 0.05$]。

2.3 VE 对血流动力学和 $P_{ET}CO_2$ 的影响 (表 2): 有反应组 VE 后, CI 增加了 (17.8 ± 2.7)%, $P_{ET}CO_2$ 增加了 (6.5 ± 2.8)%, 均明显高于无反应组的增加值 [分别为 (3.7 ± 3.6)%、(2.8 ± 2.3)%, 均 $P < 0.05$]。

2.4 相关性分析: $\Delta P_{ET}CO_{2\text{PLR}}$ 、SVV_{基线} 与 ΔCI_{PLR} 呈正相关 ($r_1 = 0.50$ 、 $r_2 = 0.38$, 均 $P < 0.05$); $\Delta P_{ET}CO_{2\text{VE}}$ 、SVV_{基线}、 ΔCI_{PLR} 与 ΔCI_{VE} 也均呈正相关 ($r_1 = 0.58$ 、 $r_2 = 0.56$ 、 $r_3 = 0.84$, 均 $P < 0.01$)。

2.5 各指标对容量反应性的预测价值 (图 1; 表 3): ΔCI_{PLR} 、 $\Delta P_{ET}CO_{2\text{PLR}}$ 、 $\Delta P_{ET}CO_{2\text{VE}}$ 和 SVV_{基线} 预测容量反应性的 AUC 相当, $\Delta P_{ET}CO_{2\text{PLR}}$ 临界值为 5.8% 时敏感度为 76.2%, 特异度为 90.0%。

表 1 不同容量反应性两组心脏术后休克患者一般临床资料比较

组别	例数 (例)	性别 (例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	身高 (cm, $\bar{x} \pm s$)	体质量 (kg, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II (分, $\bar{x} \pm s$)	手术类型 (例)		
		男性	女性					瓣膜置换术	CABG	房缺修补术
有反应组	21	13	8	55.4 ± 9.9	167 ± 7	65.1 ± 7.8	11.6 ± 3.1	16	3	2
无反应组	20	14	6	58.5 ± 9.3	166 ± 8	64.2 ± 10.0	11.9 ± 4.0	15	2	3

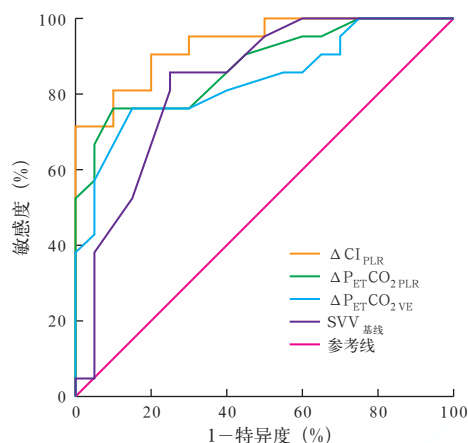
组别	例数 (例)	VT (mL, $\bar{x} \pm s$)	PEEP (cmH ₂ O, $\bar{x} \pm s$)	FiO ₂ ($\bar{x} \pm s$)	RR (次/min, $\bar{x} \pm s$)	血乳酸 (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	血管活性药物 (例)	
							肾上腺素	去甲肾上腺素
有反应组	21	537 ± 133	5 ± 0	0.40 ± 0.03	13 ± 1	4.7 ± 2.0	15	6
无反应组	20	562 ± 76	5 ± 0	0.40 ± 0.04	14 ± 1	4.6 ± 1.5	14	6

注: APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分系统 II, CABG 为冠状动脉旁路移植术, VT 为潮气量, PEEP 为呼气末正压, FiO₂ 为吸入氧浓度, RR 为呼吸频率; 1 cmH₂O=0.098 kPa

表 2 PLR 和 VE 试验对不同容量反应性两组心脏术后休克患者血流动力学及 $P_{ET}CO_2$ 的影响 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数 (例)	PLR 试验			VE 试验		
			试验前	试验后	前后变化	试验前	试验后	前后变化
HR (次/min)	有反应组	21	106.5 ± 4.9	102.2 ± 3.5	-4.3 ± 3.8	106.5 ± 5.0	99.6 ± 3.4^a	-6.9 ± 3.2^a
	无反应组	20	105.4 ± 5.0	103.9 ± 6.0	-1.5 ± 3.6	105.3 ± 4.8	103.7 ± 5.3	-1.6 ± 2.8
MAP (mmHg)	有反应组	21	79.8 ± 11.8	82.9 ± 10.6	3.0 ± 3.4^a	80.0 ± 10.9	83.7 ± 11.0	3.7 ± 2.8^a
	无反应组	20	82.2 ± 12.9	82.6 ± 12.4	0.4 ± 2.1	82.6 ± 11.9	82.9 ± 11.3	0.3 ± 3.7
CVP (mmHg)	有反应组	21	8.1 ± 2.9	9.3 ± 2.7^a	1.2 ± 0.6^a	7.8 ± 2.5^a	9.7 ± 2.9^a	1.9 ± 1.0^a
	无反应组	20	9.3 ± 2.9	11.6 ± 3.1	2.3 ± 1.1	9.8 ± 2.2	13.1 ± 3.0	3.3 ± 1.3
SVV (%)	有反应组	21	15.9 ± 4.5^a	11.2 ± 2.5^a	-4.6 ± 2.5^a	15.9 ± 3.6^a	9.7 ± 1.3^a	-6.2 ± 3.3^a
	无反应组	20	10.5 ± 4.3	8.3 ± 2.6	-2.2 ± 2.3	10.6 ± 3.7	7.3 ± 2.2	-3.3 ± 2.4
CI (mL · s ⁻¹ · m ⁻²)	有反应组	21	2.85 ± 0.49	3.23 ± 0.56	0.38 ± 0.15^a	2.85 ± 0.46	3.35 ± 0.53	0.50 ± 0.10^a
	无反应组	20	2.98 ± 0.81	3.09 ± 0.86	0.10 ± 0.15	3.00 ± 0.80	3.11 ± 0.86	0.12 ± 0.11
$P_{ET}CO_2$ (mmHg)	有反应组	21	36.3 ± 2.7	39.1 ± 3.5	2.7 ± 1.3^a	36.7 ± 2.6	39.0 ± 2.9	2.4 ± 1.1^a
	无反应组	20	37.3 ± 3.3	38.3 ± 3.3	1.0 ± 1.0	37.4 ± 3.0	38.5 ± 3.0	1.1 ± 0.9

注: PLR 为被动抬腿试验, VE 为容量负荷试验, $P_{ET}CO_2$ 为呼气末二氧化碳分压, HR 为心率, MAP 为平均动脉压, CVP 为中心静脉压, SVV 为每搏量变异度, CI 为心排血指数; 1 mmHg=0.133 kPa; 与无反应组比较, ^a $P < 0.05$



注: ROC 曲线为受试者工作特征曲线, ΔCI_{PLR} 和 $\Delta P_{ET}CO_{2 PLR}$ 为被动抬腿试验 (PLR) 前后心排血量指数 (CI) 和呼气末二氧化碳分压 ($P_{ET}CO_2$) 变化值, $\Delta P_{ET}CO_{2 VE}$ 为容量负荷试验 (VE) 前后 $P_{ET}CO_2$ 变化值, $SVV_{基线}$ 为 PLR 前每搏量变异度 (SVV) 基线值

图 1 各指标评估心脏术后休克患者容量反应性的 ROC 曲线

表 3 各指标对心脏术后休克患者容量反应性的预测价值

指标	AUC ($\bar{x} \pm s$)	95%CI	临界值	敏感度 (%)	特异度 (%)
ΔCI_{PLR}	0.933 ± 0.036	0.862 ~ 1.000	10.4	81.0	90.0
$\Delta P_{ET}CO_{2 PLR}$	0.875 ± 0.054	0.769 ~ 0.981	5.8	76.2	90.0
$\Delta P_{ET}CO_{2 VE}$	0.836 ± 0.064	0.711 ~ 0.960	5.3	76.2	85.0
$SVV_{基线}$	0.831 ± 0.066	0.702 ~ 0.960	12.5	85.7	75.0

注: ΔCI_{PLR} 和 $\Delta P_{ET}CO_{2 PLR}$ 为被动抬腿试验 (PLR) 前后心排血量指数 (CI) 和呼气末二氧化碳分压 ($P_{ET}CO_2$) 变化值, $\Delta P_{ET}CO_{2 VE}$ 为容量负荷试验 (VE) 前后 $P_{ET}CO_2$ 变化值, $SVV_{基线}$ 为 PLR 前每搏量变异度 (SVV) 基线值, AUC 为受试者工作特征曲线下面积, 95%CI 为 95% 可信区间

3 讨论

心脏术后患者发生休克的机制复杂, 心源性、低血容量性、分布性、甚至梗阻性因素均可存在, 但有别于其他病因引起的休克, 其心功能可在术后较短时间内 (24 h 内^[10]), 随低温、麻醉药物、体外循环及手术刺激等对心肌的可逆性抑制作用逐步消失^[11], 以及心肌灌注的改善、顿抑心肌的功能恢复而获得改善。相对于术后逐步恢复的心功能而言, 心脏术后患者有效血容量可能相对不足, 所以仍需通过适当扩容以充分发挥心脏的前负荷代偿而增加 CO, 从而减少血管活性药物的用量, 使患者获益。

常见评估容量反应性的静态压力指标如中心静脉压 (CVP)、肺动脉楔压等, 因受到心室顺应性、瓣膜功能、胸腔压力等因素影响, 无法准确预测容量反应性^[12-13]。PLR 是一种可逆的自体容量负荷试验, 能简便、快速、安全、可靠地测定容量反应性, 近

年已普遍用于临床研究和实践中, 通过观察 PLR 期间 CI、每搏量 (SV)、收缩压、脉压等的动态变化来评估休克患者是否可从液体复苏中获益, 本研究也为 PLR 预测容量反应性的可靠性提供了依据。

测定 CI 和 SV 需要如肺动脉漂浮导管、PiCCO 以及经食道或经胸心脏超声^[14]等监测 CO 的技术和设备, 但因有创、费用高以及对操作者的技能水平和经验要求高等因素, 限制了其广泛应用^[15-16]。 $P_{ET}CO_2$ 监测操作方便、价格低廉, 同时无创, 故有较强的临床实用性, 尤其适用于镇静程度较深、VT 稳定的早期全麻术后气管插管患者的容量反应性评估。Monnet 等^[8]研究提示, $\Delta P_{ET}CO_2$ 预测容量反应性优于脉压变化 (ΔPP)。本研究结果也提示, PLR 后 $\Delta P_{ET}CO_2$ 预测容量反应性的能力不弱于利用心肺交互作用评价容量反应性的指标 SVV ^[17]。应用部分 CO_2 重呼吸技术的 NICO 法^[18]与热稀释法测定的 CI 也具有很好的相关性, 但需配置专用设备, 价格较高, 目前国内 ICU 普及率低。

呼气排出 CO_2 的量 (体现在 $P_{ET}CO_2$) 由组织代谢 CO_2 的产生量 (体现全身代谢状况)、有效肺泡通气量、肺血流量 (体现 CO) 3 个因素决定。分钟通气量稳定的机械通气患者, 在 PLR 前后数分钟内组织代谢相对不变的情况下, $P_{ET}CO_2$ 主要取决于 CO。有关心肺复苏 (CPR) 后的研究提示, $P_{ET}CO_2$ 与 CO 相关^[19-20]。2010 年美国心脏协会 (AHA) CPR 指南建议, $P_{ET}CO_2$ 可作为判断 CPR 质量及自主循环恢复的指标之一^[21]。同时临床研究还将 $P_{ET}CO_2$ 用于 ECMO 撤离的评估^[22-23]。本研究提示, 有反应组患者 PLR 后 $P_{ET}CO_2$ 的变化可反映 CO 的变化。

本研究的不足: ① 相对于同类研究^[7-9], 本研究纳入心脏术后休克患者中有容量反应性者的比例相对较少, 预测容量反应性的 AUC 也偏低, 且因需进行经典补液试验, 故增加了容量过负荷的风险。② 需严格控制 VT, 如存在自主呼吸等导致通气量不稳定等因素, 可能影响预测的准确性, 故在实际应用中可能受限。③ 患者如存在导致严重通气/血流比值失调的病变时, $\Delta P_{ET}CO_2$ 对容量反应性的评估会出现偏移, 本研究未对此进行深入分析。④ 每家医院对心脏手术的血管活性药物剂量和液体管理方式不同, 导致术后液体需求量和液体反应性有差异, 故本研究得出的结论是否适用于其他医院心脏术后患者容量评估需进一步探讨。⑤ 本研究纳入病例较少, 未采用盲法, 故结论的可靠性还需加以验证。

所述, PLR 后 $P_{ET}CO_2$ 的变化可反映心脏术后休克患者 CI 的变化, 并能有效预测容量反应性, 若无其他可以测定 CI 的设备时, PLR 后 $\Delta P_{ET}CO_2$ 可作为心脏术后患者血流动力学监测的无创性替代指标。

参考文献

- [1] Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, et al. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality [J]. Crit Care Med, 2011, 39 (2): 259–265. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181feeb15.
- [2] Gan TJ, Soppitt A, Maroof M, et al. Goal-directed intraoperative fluid administration reduces length of hospital stay after major surgery [J]. Anesthesiology, 2002, 97 (4): 820–826. DOI: 10.1097/0000542-200210000-00012.
- [3] Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence [J]. Chest, 2002, 121 (6): 2000–2008. DOI: 10.1378/chest.121.6.2000.
- [4] Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies [J]. Intensive Care Med, 2010, 36 (9): 1475–1483. DOI: 10.1007/s00134-010-1929-y.
- [5] 司向, 黄牧云, 陈娟, 等. 被动抬腿试验对脓毒症合并心功能不全患者液体反应性的预测价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (9): 729–734. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.09.006.
- [6] Si X, Huang MY, Chen J, et al. The value of passive leg raising test in predicting fluid responsiveness in patients with sepsis-induced cardiac dysfunction [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (9): 729–734. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.09.006.
- [7] Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising [J]. Intensive Care Med, 2008, 34 (4): 659–663. DOI: 10.1007/s00134-008-0994-y.
- [8] 臧芝栋, 严洁, 许红阳, 等. 呼气末二氧化碳分压的变化对感染性休克机械通气患者容量反应性的预测价值 [J]. 中华内科杂志, 2013, 52 (8): 646–650. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2013.08.010.
- [9] Zang ZD, Yan J, Xu HY, et al. The value of changes in end-tidal carbon dioxide pressure induced by passive leg raising test in predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated patients with septic shock [J]. Chin J Intern Med, 2013, 52 (8): 646–650. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2013.08.010.
- [10] Monnet X, Bataille A, Magalhaes E, et al. End-tidal carbon dioxide is better than arterial pressure for predicting volume responsiveness by the passive leg raising test [J]. Intensive Care Med, 2013, 39 (1): 93–100. DOI: 10.1007/s00134-012-2693-y.
- [11] Monge GMI, Gil CA, Gracia RM, et al. Non-invasive assessment of fluid responsiveness by changes in partial end-tidal CO_2 pressure during a passive leg-raising maneuver [J]. Ann Intensive Care, 2012, 2: 9. DOI: 10.1186/2110-5820-2-9.
- [12] 周韶霞, 邱海波, 杨毅, 等. 体外循环心脏术后患者血流动力学和氧动力学变化及临床对策 [J]. 铁道医学, 2000, 28 (1): 9–11. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7562.2000.01.004.
- [13] Zhou SX, Qiu HB, Yang Y, et al. Changes of hemodynamics and oxygen metabolism in post cardiectomy patients following cardiopulmonary bypass and clinical strategies [J]. Railw Med J, 2000, 28 (1): 9–11. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7562.2000.01.004.
- [14] 黄志勇, 姚滨, 蒋红英, 等. 体外与非体外循环冠状动脉旁路移植术围术期炎症细胞因子与肌钙蛋白的变化及意义 [J]. 中华危重病急救医学, 2005, 17 (3): 168–170. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2005.03.012.
- [15] Huang ZY, Yao B, Jiang HY, et al. Changes in content of inflammatory cytokines and troponin I in peri-operative periods of coronary artery bypass grafting with or without cardiopulmonary bypass [J]. Chin Crit Care Med, 2005, 17 (3): 168–170. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2005.03.012.
- [16] Osman D, Ridel C, Ray P, et al. Cardiac filling pressures are not appropriate to predict hemodynamic response to volume challenge [J]. Crit Care Med, 2007, 35 (1): 64–68. DOI: 10.1097/01.CCM.0000249851.94101.4F.
- [17] 王助衡, 张静, 李玉伟, 等. 严重脓毒症液体复苏中全心舒张期末容积指数与中心静脉压的相关性研究 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2013, 20 (4): 248–249. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2013.04.022.
- [18] Wang ZH, Zhang J, Li YW, et al. A study on correlation between global end-diastolic volume index and central venous pressure in fluid resuscitation in patients with severe sepsis [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2013, 20 (4): 248–249. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2013.04.022.
- [19] 吴敬医, 张霞, 王箴, 等. 超声心动图评价感染性休克患者液体反应性的临床研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (1): 36–40. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.01.008.
- [20] Wu JY, Zhang X, Wang Z, et al. Clinical evaluation of transthoracic echocardiography predicting fluid responsiveness in septic shock [J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26 (1): 36–40. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.01.008.
- [21] 童洪杰, 胡才宝, 郝雪景, 等. 无创心排量监测应用于重症患者液体反应性评估的研究进展 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (1): 76–78. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.018.
- [22] Tong HJ, Hu CB, Hao XJ, et al. Advance in application of bioreactance in the evaluation of fluid responsiveness in critically ill patients [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (1): 76–78. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.018.
- [23] Giraud R, Siegenthaler N, Bendjelid K. Transpulmonary thermodilution assessments: precise measurements require a precise procedure [J]. Crit Care, 2011, 15 (5): 195. DOI: 10.1186/cc10459.
- [24] Guinot PG, de Broca B, Abou AO, et al. Ability of stroke volume variation measured by oesophageal Doppler monitoring to predict fluid responsiveness during surgery [J]. Br J Anaesth, 2013, 110 (1): 28–33. DOI: 10.1093/bja/aes301.
- [25] Young BP, Low LL. Noninvasive monitoring cardiac output using partial CO_2 rebreathing [J]. Crit Care Clin, 2010, 26 (2): 383–392. DOI: 10.1016/j.ccc.2009.12.002.
- [26] Weil MH. Partial pressure of end-tidal carbon dioxide predicts successful cardiopulmonary resuscitation in the field [J]. Crit Care, 2008, 12 (6): 90. DOI: 10.1186/cc7090.
- [27] 喻文, 罗红敏. 呼气末二氧化碳分压在室纤颤与室息性心搏骤停心肺复苏中的变化 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (10): 713.
- [28] Yu W, Luo HM. Changes of end-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation from ventricular fibrillation versus asphyxial cardiac arrest [J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26 (10): 713.
- [29] Lah K, Krizmaric, Grmec S. The dynamic pattern of end-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation: difference between asphyxial cardiac arrest and ventricular fibrillation/pulseless ventricular tachycardia cardiac arrest [J]. Crit Care, 2011, 15 (1): R13. DOI: 10.1186/cc9417.
- [30] Naruke T, Inomata T, Imai H, et al. End-tidal carbon dioxide concentration can estimate the appropriate timing for weaning off from extracorporeal membrane oxygenation for refractory circulatory failure [J]. Int Heart J, 2010, 51 (2): 116–120. DOI: 10.1186/cc9417.
- [31] 谢文林, 朱良梅, 陈岚, 等. 急诊科实施体外膜肺氧合救治心搏骤停患者的经验浅析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2015, 22 (4): 430–431. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.04.028.
- [32] Xie WL, Zhu LM, Chen L, et al. Empirical analysis of cardiac arrest patients treated with extracorporeal membrane oxygenation in emergency department [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2015, 22 (4): 430–431. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.04.028.

(收稿日期: 2016-01-04)

(本文编辑: 保健媛, 李银平)