

# 超声监测联合被动抬腿试验评估容量反应性

孙昀 鹿中华 余维丽 李惠 郑瑶 贾雪丽 张新书 胡蕾

**【摘要】目的** 探讨床旁经胸壁超声 (TTE) 监测被动抬腿试验 (PLR) 前后主动脉流速-时间积分变异率 ( $\Delta$ VTI) 和每搏量变异率 ( $\Delta$ SV) 预测患者容量反应性的价值。**方法** 前瞻性选取 2014 年 10 月至 2015 年 10 月安徽医科大学附属第二医院收治的患者 42 例, 监测患者的心率 (HR)、平均动脉压 (MAP)、中心静脉压 (CVP), VTI 和 SV 等血流动力学指标。行 PLR 后再次监测上述各指标。行 PICCO 监测 SVI, 然后行容量负荷试验, 以容量负荷试验后 SVI 增加  $\geq 15\%$  将全组病例分为容量反应 (+) 组和容量反应 (-) 组, 统计分析 TTE 监测 PLR 前后  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 预测容量反应性的价值。**结果** 42 例患者容量反应 (+) 22 例, 容量反应 (-) 组 20 例。两组患者基本临床资料比较差异无统计学意义。容量反应 (+) 组患者 HR、CVP 在 PLR 前后差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), MAP、VTI 和 SV 在 PLR 后有显著升高 ( $P < 0.05$ ); 容量反应 (-) 组患者 MAP、SV 在 PLR 前后差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 而 HR、CVP 和 VTI 在 PLR 后有显著升高 ( $P < 0.05$ ); 容量反应 (+) 组患者 PLR 前后  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 值明显高于容量反应 (-) 组 ( $P < 0.05$ ); 以 PICCO 监测容量负荷试验后 SVI 上升  $\geq 15\%$  为标准, 行 PLR 前后  $\Delta$ VTI 预测容量反应性的 ROC 曲线下面积为 0.750 (95% CI: 0.593 ~ 0.907,  $P < 0.01$ ), 以  $\Delta$ VTI 15.6% 为阈值, 其灵敏度为 63.6%, 特异度为 95.0%;  $\Delta$ SV 预测容量反应性的 ROC 曲线下面积为 0.844 (95% CI: 0.716 ~ 0.972,  $P < 0.01$ ), 以  $\Delta$ SV 10.5% 为阈值, 其灵敏度为 81.8%, 特异度为 85.0%。**结论** TTE 监测 PLR 前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ SV 可用于预测自主呼吸状态下危重患者的容量反应性。

**【关键词】** 经胸壁超声心动图; 容量反应性; 被动抬腿试验

**The ultrasonic monitoring coupled with passive leg raising test for evaluation of fluid responsiveness in critical patients** Sun Yun, Lu Zhonghua, Yu Weili, Li Hui, Zheng Yao, Jia Xueli, Zhang Xinshu, Hu Lei

Intensive Care Unit, Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China (Sun Y, Lu ZH, Yu WL, Li H, Zheng Y, Jia XL), Ultrasonic Diagnosis Department (Zhang XH, Hu L), Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230601, China

Corresponding author: Zhang Xinshu, Email: zhangxsh@mail.HF.AN.cn

**【Abstract】Objective** To explore the value of predicting fluid responsiveness using velocity time index variation ( $\Delta$ VTI) and stroke volume variation ( $\Delta$ SV) before and after passive leg raising (PLR) monitored by bedside temporary test equipment (TTE). **Methods** A cohort of 42 patients supported with mechanical ventilation in our hospital admitted from October 2014 to October 2015 were prospectively selected. The hemodynamic variables including heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), central venous pressure (CVP), VTI, SV and other parameters were monitored before and after after undergoing PLR. Fluid resuscitation volume expansion test was carried out after stroke volume index (SVI) monitored by pulse indicator continuous cardiac output monitoring (PICCO). Patients were divided into fluid responsiveness positive group and fluid responsiveness negative group according to presence or absence of

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.11.015

基金项目: 安徽医科大学校临床科学研究项目 (2015xkj117)

作者单位: 230601 合肥, 安徽医科大学第二附属医院重症医学科 (孙昀、鹿中华、余维丽、李惠、郑瑶、贾雪丽), 超声诊断科 (张新书、胡蕾)

通信作者: 张新书, Email: zhangxsh@mail.HF.AN.cn

SVI  $\geq 15\%$  after fluid resuscitation volume expansion. **Results** Of 42 patients, 22 belonged to fluid responsiveness positive group, 20 got into fluid responsiveness negative group. There were no significant differences in basic clinical data between two groups. Before and after PLR, there were no distinct changes in HR and CVP ( $P > 0.05$ ), while MAP, VTI and SV increased significantly ( $P < 0.05$ ) after PLR in fluid responsiveness positive group. Contrarily, there were no noticeable changes in MAP and SV after PLR ( $P > 0.05$ ), but HR, CVP and VTI increased significantly ( $P < 0.05$ ) in fluid responsiveness negative group. The degrees of  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ SV in fluid responsiveness positive group were much higher than those in fluid responsiveness negative group ( $P < 0.05$ ). According to SVI  $\geq 15\%$  monitored by PICCO after fluid resuscitation volume expansion test as a standard, the area under the ROC (AUC) of  $\Delta$ VTI between pre-PLR and post-PLR was 0.75 (95% CI: 0.593 - 0.907,  $P < 0.01$ ), the sensitivity and specificity were 63.6% and 95% respectively using  $\Delta$ VTI 15.6% as threshold value. The AUC of  $\Delta$ SV was 0.844 (95% CI: 0.716 - 0.972,  $P < 0.01$ ), the sensitivity and specificity were 81.8% and 85.0% respectively using  $\Delta$ SV 10.5% as threshold value. **Conclusion**  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ SV monitored by TTE before and after PLR could be employed for predicting fluid responsiveness of critical patients under the status of spontaneous respiration. Their value for prediction of critical patients could be further improved by combined employment of these two indexes of variation.

**【Key words】** Transthoracic echocardiography; Fluid responsiveness; Passive leg raising

传统容量评估指标不能精确地指导危重患者液体治疗, 而补液实验对于存在补液空间患者而言效果明显, 但却有可能加重本不具有容量反应性的患者的心脏负荷。此外临床中如果仅依赖尿量、心率及血压等传统指标评判补液实验的效果, 对伴有心、肾等多脏器功能不全的患者而言缺乏准确性, 其结果甚至会给临床治疗以误导。每搏变异度 (stroke volume variation, SVV) 等动态指标评估容量反应性具有较高的灵敏度和特异度, 但无论是通过 PICCO 还是超声测量, 都需要机械通气完全控制通气状态下进行。被动抬腿试验 (passive leg rising, PLR) 可用于存在自主呼吸状态的患者, 本研究拟将超声监测相关指标与 PLR 相结合, 寻找临床可行的针对存在自主呼吸的患者的无创监测指标, 以指导危重患者的液体治疗。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

1.1.1 研究对象 选取 2014 年 10 月至 2015 年 10 月入住安徽医科大学第二附属医院重症医学科治疗患者 42 例。其中重症感染 31 例, 严重多发伤 8 例, 重症急性胰腺炎 3 例; 男性 22 例, 女性 20 例; 年龄 19 ~ 66 岁, ( $44.71 \pm 10.54$ ) 岁。

1.1.2 入选标准 (1) 患者未使用或已撤离血管活性药物; (2) 无营养不良; (3) 无骨盆及双下肢骨折、下肢静脉血栓等。

1.1.3 排除标准 (1) 存在补液试验禁忌证 (合并急性冠状动脉综合征、急性左心衰等); (2)

先心病; (3) 年龄  $< 18$  岁; (4) 妊娠; (5) 存在腹腔高压, 经导尿管测膀胱压  $> 12$  mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa); (6) 接受主动脉内球囊反搏治疗 (IABP) 的患者; (7) 存在活动性出血, 需限制性补液者; (8) 中心静脉置管禁忌者; (9) 患者或家属拒绝参与或中途退出者。

本研究符合医学伦理学标准, 并经过医院伦理委员会批准, 所有治疗及检查均获得患者和 (或) 家属的知情同意。

### 1.2 研究方法

1.2.1 常规生命体征监测及 CVP 测量 所有入选患者入 ICU 后常规经右颈内静脉或右锁骨下静脉穿刺置入一次性使用中心静脉导管 (7 Fr, 乐普医疗器械股份有限公司, 北京), 并经床旁胸片证实导管尖端位于上腔静脉入右心房开口处。股动脉置管 (PICCO 导管包, 型号 PV2014L16N; 压力监测套装, PV8115, 德国) 拟行 PICCO 监测。Intellivue MP60 监测仪 (Phillips 公司, 荷兰) 常规监测患者心率 (heart rate, HR)、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)、ECG 和 SpO<sub>2</sub>。

1.2.2 超声检查及被动抬腿试验方法 首先抬高患者床头至 45°, 取半卧位, 应用 M-Turbo 型床旁便携式超声仪 (SonoSite 公司, 美国) 1 ~ 5 MHz 宽频相控阵探头测量以下参数: ① SV; ③ 主动脉流速-时间积分 (VTI)。具体方法<sup>[1]</sup>: TTE 胸骨旁左室长轴测量主动脉瓣环直径 (AoD), 通过公式  $Aa (cm^2) = (\pi \times AoD^2) / 4$  得出主动脉瓣环面积。心尖五腔心切面测量得出主动脉瓣流速时间积

分 (VTIAo)。应用公式  $SV (mL) = VTIAo \times Aa$  计算得出 SV;  $CO (mL/min) = SV \times \text{心率} (HR)$ 。然后床头放至水平位,抬高患者双下肢至 45°,维持 3 min;再次超声测量 SV 和 VTI 后将患者恢复平卧位<sup>[2]</sup>。SV 和 VTI 在 PLR 前后均测量三次,分别取平均值。计算以下结果:① ( $\Delta SV$ ) =  $(SV_{PLR后} - SV_{PLR前}) / SV_{PLR前} \times 100 (\%)$ ;② ( $\Delta VTI$ ) =  $(VTI_{PLR后} - VTI_{PLR前}) / VTI_{PLR前} \times 100 (\%)$ 。超声检查由一名有经验的超声诊断科医生和一名经培训的重症医学科医生分别完成。

1.2.3 PICCO 监测方法及指标 待患者恢复平卧位后至少 10 min,洗脱 PLR 效应,监测 HR 和 MAP 等指标稳定后,应用容量监测仪附件连接股动脉及右颈内静脉或锁骨下中心静脉置管,并与 Intellivue MP60 监测仪连接行 PICCO 监测。具体方法:4 s 内快速经颈内或右锁骨下中心静脉置管注入 20 mL 4 °C 冰盐水后测量,重复三次,间隔小于 10 min,取其平均值,获取 SVI。

1.2.4 补液试验阳性标准 PICCO 测量 SVI 后,20 min 内静脉快速输入生理盐水 500 mL,再次 PICCO 测量 SVI 并计算  $(\Delta SVI) = (SVI_{PICCO后} - SVI_{PICCO前}) / SVI_{PICCO前} \times 100 (\%)$ ,以  $\Delta SVI \geq 15\%$  判定患者容量反应性 (+), $< 15\%$  为容量反应性 (-)<sup>[3]</sup>。如补液试验中患者出现容量超负荷临床表现(明显气急加重、肺部湿啰音增多或心电图示心肌缺血加重等),立即终止补液试验。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计软件包,计量数据以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示,两样本均数比较采用成组 *t* 检验;FLR 和补液前后的比较采用自身配对 *t* 检验;受试者工作特征曲线 (ROC) 分析 TTE 联合 PLR 测量  $\Delta SV$ 、 $\Delta VTI$  等预测患者 500 mL 生理盐水容量负荷实验后 SVI 上升  $> 15\%$  的灵敏度和特异度,以曲线下面积 (AUC) 和 95% CI 表示;以 *P*

$< 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本情况

43 例次容量负荷试验中出现 1 例容量超负荷表现者,予以终止负荷试验。最终容量负荷试验 (+) 22 例,负荷试验 (-) 20 例。两组病例年龄、性别、体质量指数 (BMI)、APACHE II 评分及改良 Mashall 评分、有创机械通气比例及腹内压等各指标比较均差异无统计学意义,见表 1。

表 1 容量反应 (+) 和 (-) 组患者一般临床资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of basic data between fluid responsiveness positive group and negative group ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	容量反应 (+) (n=22)	容量反应 (-) (n=20)	$\chi^2$ 或 <i>t</i> 值	<i>P</i> 值
男性 (例)	11	11	0.105	0.7464
女性 (例)	11	9		
年龄 (岁)	43.41 ± 10.37	46.15 ± 10.80	0.839	0.407
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.00 ± 1.83	21.44 ± 1.43	1.097	0.279
APACHE II 评分	14.68 ± 4.12	14.45 ± 3.54	0.193	0.848
改良 Mashall 评分	3.73 ± 1.55	3.70 ± 1.34	0.067	0.947
有创机械通气 (例)	4	2	0.099	0.753
未使用有创机械通气 (例)	18	18		
腹腔内压 (mmHg)	10.09 ± 1.80	10.30 ± 1.38	0.421	0.676

2.2 容量反应 (+) 组和 (-) 组在 PLR 前后 HR、MAP、CVP 及 TTE 测量 VTI、SV 值比较

容量反应 (+) 组行 PLR 后 MAP 较前有明显升高 ( $P < 0.05$ ),TTE 测量 VTI 及 SV 值也较前有明显升高 ( $P < 0.05$ );容量反应 (-) 组行 PLR 后 HR、CVP 及 TTE 测量 VTI 均较前有明显升高 ( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 容量反应 (+) 和 (-) 组在 PLR 前后基本血流动力学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Comparison of haemodynamic variables between pre-PLR and post-PLR in fluid responsiveness positive group and negative group ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	容量反应 (+) 组 (n=22)		<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	容量反应 (-) 组 (n=20)		<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
	基线值	PLR 后			基线值	PLR 后		
HR (次/min)	77.00 ± 6.31	76.00 ± 3.88	0.633	0.530	73.05 ± 3.83	75.60 ± 3.87	2.095	0.043
MAP (mmHg)	72.23 ± 3.92	76.36 ± 2.94	3.953	0.001	78.05 ± 4.83	78.75 ± 4.31	0.484	0.631
CVP (mmHg)	9.45 ± 2.04	10.50 ± 2.41	1.560	0.126	11.85 ± 1.90	13.50 ± 1.88	2.760	0.009
VTI (cm)	16.85 ± 2.52	20.33 ± 3.10	4.086	0.001	18.28 ± 2.07	20.55 ± 2.22	3.345	0.002
SV (mL)	31.18 ± 6.53	36.14 ± 7.56	2.329	0.0258	37.50 ± 5.37	40.45 ± 5.88	1.657	0.106

## 2.3 ROC 曲线分析 TTE 测量 PLR 前后 $\Delta$ VTI 和 $\Delta$ SV 预测液体反应性的阈值及其灵敏度和特异度

以 20 min 内静脉快速输入生理盐水 500 mL 的方法行容量负荷试验, PICCO 测量容量负荷试验后 SVI 上升  $\geq 15\%$  为标准的结果显示, 容量反应 (+) 组和 (-) 组 SVI 均较前有明显升高, 而容量反应 (+) 组的 MAP 升高明显, (-) 组 HR 较容量负荷试验前明显升高 (表 3)。容量反应 (+) 组  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 与容量反应 (-) 组比较差

表 3 容量反应 (+) 组和 (-) 组在容量负荷试验前后各指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Comparison of hemodynamic variables between pre-volume load and post-volume load in fluid responsiveness positive group and negative group ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	容量反应 (+) 组 (n=22)		t 值	P 值	容量反应 (-) 组 (n=20)		t 值	P 值
	基线值	补液后			基线值	补液后		
HR (次/min)	77.05 $\pm$ 5.95	76.59 $\pm$ 4.18	0.297	0.768	72.50 $\pm$ 2.82	74.95 $\pm$ 2.63	2.841	0.007
MAP (mmHg)	72.09 $\pm$ 4.22	76.82 $\pm$ 3.14	4.22	0.0001	80.25 $\pm$ 4.69	81.45 $\pm$ 4.31	0.843	0.405
SVI PICCO [mL/(min·m <sup>2</sup> )]	27.77 $\pm$ 4.67	33.55 $\pm$ 5.08	3.93	0.001	37.35 $\pm$ 4.27	41.10 $\pm$ 4.96	2.562	0.015

表 4 容量反应 (+) 组和 (-) 组在 PLR 前后 TTE 测量指标变异度比较

Table 4 Comparison of TTE indicators between pre-PLR and post-PLR in fluid responsiveness positive group and negative group

指标	容量反应 (+) 组 (n=22)	容量反应 (-) 组 (n=20)	t 值	P 值
$\Delta$ VTI (%)	20.66 $\pm$ 2.51	12.51 $\pm$ 1.75	12.088	<0.01
$\Delta$ SV (%)	15.88 $\pm$ 2.11	7.79 $\pm$ 2.25	12.025	<0.01

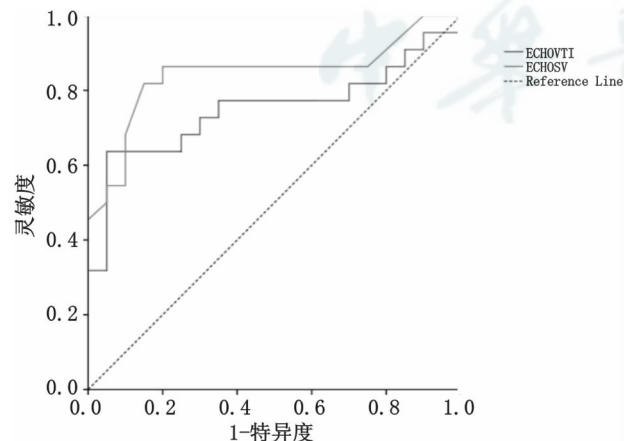


图 1 ROC 曲线分析 TTE 测量 PLR 前后  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 预测液体反应性

Fig 1 Prediction of fluid responsiveness by ROC curve of  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ SV measured by TTE

异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ) (表 4)。 $\Delta$ VTI 预测液体反应性的 ROC 曲线下面积为 0.750 (95% CI: 0.593 ~ 0.907,  $P < 0.01$ ), 以 PLR 前后  $\Delta$ VTI = 15.6% 为阈值预测液体反应性的灵敏度为 63.6%, 特异度为 95.0%;  $\Delta$ SV 预测液体反应性的 ROC 曲线下面积为 0.844 (95% CI: 0.716 ~ 0.972,  $P < 0.01$ ), 以 PLR 前后  $\Delta$ SV = 10.5% 为阈值预测液体反应性的灵敏度为 81.8%, 特异度为 85.0% (图 1)。

## 3 讨论

传统容量负荷实验多是在 10 ~ 15 min 内快速输入 300 ~ 500 mL 晶体液或胶体, 然后通过各种有创或无创的监测手段观察患者 SV、CO 等指标的变化, 当达到一定的临界值时即判定研究对象存在容量反应, 也即容量负荷试验 (+), 反之为 (-)<sup>[2,4]</sup>。近年也有学者应用 100 mL 胶体快速静脉输注, 即所谓的微量扩容 (mini-fluid challenge) 后, 以 TTE 监测 VTI 增长 10% 为确定容量反应性的标准, 也显示了良好的容量预测灵敏度和特异度<sup>[5]</sup>。尽管这些方法具有较高的灵敏度和特异度, 但也存在的一定的弊端, 例如可能会对一些心功能不全尤其又不具有容量反应性的患者造成容量过负荷, 从而加重患者的心肺功能不全。因此, 为了避免这种弊端, 有学者试图采用更小容量的液体快速静脉注射 (50 mL, 10 s 内输注), 来判断患者的容量反应性。尽管也取得了一定的阳性结果<sup>[6]</sup>, 但小容量的液体输注必然会使判断容量反应性的 CO、CI 等指标临界值偏小, 这就需要研究者有非常熟练的超声技术以减少操作及主观判断带来的误差。

近年来, 一种新的容量负荷实验方法逐渐应用于临床, 即被动抬腿实验 (PLR)。就正常营养状态的成年人而言, 双下肢抬高 45° 可以促使 300 mL

左右的血容量回到心脏,并持续数分钟<sup>[7]</sup>。如果患者心室的 Frank-Starling 心功能曲线处于上升支,那么这种前负荷的增加可与 SV 建立起一种直接的联系,也即导致 SV 的明显增加<sup>[8]</sup>;如果任一心室曲线处于平坦支,前负荷增加不会导致 SV 明显增加,即容量无反应性。2002 年, Boulain 等<sup>[9]</sup>首次开展 PLR 预测容量反应性的研究,发现 PLR 期间的 SV 和脉压较基线(PLR 前)增加,并且 PLR 诱导的 SV 及脉压变化与随后 300 mL 林格液快速静点后诱导的 SV 及脉压变化密切相关。Monnet 等<sup>[10]</sup>的研究显示,当 PLR 诱导的主动脉血流增加 10% 时,它能预测容量扩张试验(500 mL 生理盐水, 10 min)增加主动脉血流大于 15% (灵敏度 97%, 特异度 94%)。对于自主呼吸的患者,当 PLR 诱导的 SV 增加 >12.5% 时,它能预测容量扩张试验增加 SV 大于 15% (灵敏度 77%, 特异度 100%)。

PLR 下观察的各种心功能指标均可理解为是动态指标,通过诱导前负荷增加,观察 SV 等的变化来判断容量反应性。因为 PLR 后当放平患者的双下肢并抬高头端后即可使其增加的前负荷迅速降至原来的水平,因此 PLR 又被称为内源性的补液实验(endogenous fluid challenge)<sup>[11-12]</sup>。对容量超负荷患者而言,不会像传统补液实验一样,因增加心脏前负荷而给患者带来持久的损害,尤其适用于肾功能单独或同时存在损害的患者。此外,PLR 的另一个优点是即使在心律失常和自主呼吸状态下也体现良好的价值<sup>[10,13-15]</sup>。

已有的研究表明,PLR 可以与多种容量评估手段联合应用,监测多个指标来预测容量反应性。例如周平等<sup>[16]</sup>报道 PLR 可以联合脉搏灌注指数变异(pleth variability index, PVI)预测容量反应性(ROC 曲线下面积为 0.796,以 PVI  $\geq$  13.5% 评估容量反应性的灵敏度为 76.5%, 特异度 66.7%);王伟等<sup>[17]</sup>报道 PLR 联合 Vigileo 指导对患者进行目标导向性液体复苏治疗等。还有更多的学者通过 PICCO 监测 PLR 后相关血流动力学指标的变化来判断容量反应性<sup>[18-20]</sup>。Monnet 等<sup>[21]</sup>研究认为 PLR 诱导的 EtCO<sub>2</sub> 增加  $\geq$  5% 可以预测补液实验诱导的 CI  $\geq$  15%, 灵敏度 71%, 特异度 100%。Dres 等<sup>[19]</sup>应用 PLR 联合 PICCO 监测评估机械通气的危重患者撤机拔管失败的风险,认为如果自主通气实验(spontaneous breathing trial, SBT)前 PLR 不能

使 CI 增加超过 10% 以上,那么预测与心功能损害相关的 SBT 再次失败的灵敏度达 97%, 特异度达 81%。

上述研究中借助 PICCO 或 Viglio 等工具观察 PLR 后 CO 或 SV 的变化来获取容量负荷反应的信息,虽然获得了良好的效果,但这些手段毕竟是有创的监测,程序相对复杂,且增加患者的治疗费用。有学者利用无创心排量监测(NICOM)联合 PLR 预测容量反应性取得了较满意的结果,有学者认为 PLR 后 NICOM 监测 SV 较基线值上升  $\geq$  10% 可预测容量反应性<sup>[22]</sup>;但也有学者<sup>[23]</sup>的研究却得出相反的结论,认为利用 NICOM 监测 CI 在 PLR 前后变化不能预测容量反应性。因此本研究选取 TTE 下的动态变量作为评估 PLR 后容量反应性的评估指标。

既往关于 PLR 实施有多种方法,近来已趋于一致认为床头抬高 45° 作为基线状态,然后放平床头并抬高双下肢可以获得更大容量负荷效果,因为这样不仅可以促使双下肢血液回流,同时还可使心脏平面以下的一部分躯干血液回流<sup>[24]</sup>。本研究即遵循这一 PLR 方式,应用 TTE 监测 PLR 前后 SV 和 VTI 等指标的变化,并以 PICCO 监测经典容量负荷实验后 SVI 上升是否  $\geq$  15% 作为评判容量反应性的“金标准”,从而验证 TTE 联合 PLR 这一操作程序判断存在自主呼吸患者容量反应性的应用价值。

本研究结果提示标准的 PLR 试验可以使容量反应(+)组患者的 VTI、SV 和 MAP 较之前明显升高( $P < 0.05$ ) (表 2),这也充分体现了 PLR 作为容量负荷实验的价值。也曾有学者怀疑 PLR 除增加前负荷外,还可能兴奋压力感受器或诱导心肺反射,进而激活交感神经而使心率加快、CO 升高;而不是或不仅是使 SV 增加而导致 CO 升高。但本组资料显示 PLR 前后心率无明显变化,故认为 PLR 导致的前负荷增加仍是血流动力学变化的主要因素。

在容量反应(-)组,PLR 并未使 MAP 增高,而 CVP 和 HR 则较前有明显增高,按照传统补液实验的结果判断标准也预示着该组容量负荷的空间有限(表 2)。随之进行的传统容量负荷试验也显示了类似的结果,即容量负荷试验(+)组补液后 MAP 较前明显升高,容量负荷试验(-)组 HR 较前明显升高(表 3)。PLR 和容量负荷试验

在 (+) 和 (-) 组的这种相似结果也间接验证了 PLR 用于替代容量负荷试验的可行性。

本研究通过 PLR 后测量全组患者 VTI 和 SV 的变异度即  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 发现, 容量反应 (+) 组上述 2 个指标均较 (-) 差异有统计学意义 (表 4)。以 PICCO 测量容量负荷试验后 SVI 上升  $\geq 15\%$  为标准, 以 PLR 前后  $\Delta$ VTI = 15.6% 为阈值预测液体反应性的灵敏度为 63.6%, 特异度为 95.0% (图 1)。Brun 等<sup>[25]</sup>针对先兆子痫患者的研究发现行 PLR 期间,  $\Delta$ VTI  $> 12\%$  预测患者容量反应性的灵敏度和特异度分别是 75% 和 100%, 与本研究结果相近。本研究提示以 PLR 前后  $\Delta$ SV = 10.5% 为阈值预测液体反应性的 ROC 曲线下面积为 0.844, 灵敏度为 81.8%, 特异度为 85.0%, 也显示了较好的容量反应性预测价值 (图 1)。Guinot 等<sup>[1]</sup>针对 VV-ECMO 患者应用 PLR 进行的容量反应性评估研究也证实以 PLR 后  $\Delta$ SV  $> 10\%$  预测容量反应性的灵敏度为 62%, 特异度为 92%。Lamia 等<sup>[26]</sup>针对自主呼吸患者的研究认为当 PLR 诱导的 SV 增加  $> 12.5\%$  时, 它能预测容量扩张试验增加 SV 大于 15% (灵敏度为 77%, 特异度为 100%)。均与本研究结果相近。国内吴青峰等<sup>[27]</sup>的研究与本研究的方法最接近, 作者比较了 TTE 和 PICCO 监测的 PLR 前后  $\Delta$ SV 差值预测容量反应性 ROC 曲线下面积分别为 0.867 (SV-Doppler) 和 0.883 (SV-PICCO)。但该研究的缺陷是没有以快速容量负荷试验后 CO 或 SV 等上升阈值为“金标准”作为参照进行研究, 这会给研究结果的客观性带来一定的影响。综合本研究中 PLR 后  $\Delta$ VTI = 15.6% 和  $\Delta$ SV = 10.5% 为阈值预测液体反应性的灵敏度和特异度结果判断, 应用 PLR 进行容量负荷实验, 以  $\Delta$ VTI 和  $\Delta$ SV 作为观察指标, 可以很好地判断容量反应性。

但应用 PLR 时也并非所有指标均可作为判断容量反应性的观察指标, 如 Cavallaro 等<sup>[28]</sup>的荟萃分析发现, PLR 诱导的脉压变化预测容量反应性的灵敏度、特异度远低于 CO/CI、SV 或主动脉血流速度等参数的预测价值。这可能与脉压间接反映 SV 的能力受动脉顺应性和测压部位的影响有关。这有待今后进一步开展前瞻、随机、对照试验, 选取更多参数来明确 PLR 指导补液的价值。

尽管 TTE 不能提供床边连续监测, 事实上大多临床问题涉及到液体管理时都无需连续监测。

不过需注意的是, PLR 诱导的血流动力学效应发生迅速但短暂。下肢抬高后, 由于机体的代偿机制, 会对血容量分布再调节, 加之毛细血管渗漏影响, PLR 的容量负荷效应难以持久, 宜立即监测血流动力学变化, 否则 PLR 预测的敏感性下降。此外, 这一方法也存在一些其他缺陷, 如一方面有时可能不能充分增加心脏前负荷<sup>[29]</sup>, 另一方面又有可能导致已经存在心肌损害的且不具容量反应性的患者心功能损害加重。此外腹腔高压会对 PLR 的预测价值有强烈干扰<sup>[12]</sup>; 还可能会增高颅内压, 加重患者误吸等并发症的风险等。还有一些特殊情况, 例如自主呼吸的患者因疼痛、谵妄不配合检查, 胸腹部损伤, 肥胖和肋骨过于隆突等使 TTE 声窗难以获得等。此时也需合理选择检查方法和参数。这些都需要今后在临床中实施这一方案时加以关注。

### 参考文献

- [1] Guinot PG, Zogheib E, Detave M, et al. Passive leg raising can predict fluid responsiveness in patients placed on venovenous extracorporeal membrane oxygenation [J]. Crit Care, 2011, 15 (5): R16. DOI: 10.1186/cc10451.
- [2] Monnet X, Rienzo M, Osman D, et al. Esophageal doppler monitoring predicts fluid responsiveness in critically ill ventilated patients [J]. Intensive Care Med, 2005, 31 (9): 1195-1201. DOI: 10.1007/s00134-005-2731-0.
- [3] Broch O, Renner J, Gruenewald M, et al. Variation of left ventricular outflow tract velocity and global end-diastolic volume index reliably predict fluid responsiveness in cardiac surgery patients [J]. J Crit Care, 2012, 27 (3): 325. e7-13. DOI: 10.1016/j.jcrc.2011.07.073.
- [4] 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.
- [5] Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, et al. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness; the mini-fluid challenge study [J]. Anesthesiology, 2011, 115 (3): 541-547. DOI: 10.1097/ALN.0b013e318229a500.
- [6] Wu Y, Zhou S, Zhou Z, et al. A 10-second fluid challenge guided by transthoracic echocardiography can predict fluid responsiveness [J]. Crit Care, 2014, 18 (3): R108. DOI: 10.1186/cc13891.
- [7] Lafanechère A, Pène F, Goulenok C, et al. Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients [J]. Crit Care, 2006, 10 (5): R132. DOI: 10.1186/cc5044.
- [8] Levitov A, Marik PE. Echocardiographic assessment of preload responsiveness in critically ill patients [J]. Cardiol Res Pract,

- 2012, 2012; 819696. DOI: 10.1155/2012/819696.
- [9] Boulain T, Achard JM, Teboul JL, et al. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients [J]. *Chest*, 2002, 121 (4): 1245-1252. DOI: 10.1378/chest.121.4.1245.
- [10] Monnet X, Rienzo M, Osman D, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill [J]. *Crit Care Med*, 2006, 34 (5): 1402-1407. DOI: 10.1097/01.CCM.0000215453.11735.06.
- [11] Cavallaro F, Sandroni C, Antonelli M. Functional hemodynamic monitoring and dynamic indices of fluid responsiveness [J]. *Minerva Anestesiologica*, 2008, 74 (4): 123-135.
- [12] Durairaj L, Schmidt GA. Fluid therapy in resuscitated sepsis: less is more [J]. *Chest*, 2008, 133 (1): 252-263. DOI: 10.1378/chest.07-1496.
- [13] Maizel J, Airapetian N, Lorne E, et al. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising [J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33 (7): 1133-1138. DOI: 10.1007/s00134-007-0642-y.
- [14] Teboul JL, Monnet M. Prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneous breathing activity [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2008, 14 (3): 334-339. DOI: 10.1097/MCC.0b013e3282fd6e1e.
- [15] Cherpanath TG, Aarts LP, Groeneveld JA, et al. Defining fluid responsiveness: a guide to patient-tailored volume titration [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2014, 28 (3): 745-754. DOI: 10.1053/j.jvca.2013.12.025.
- [16] 周平, 常莉, 王建, 等. 被动抬腿试验联合脉搏灌注指数变异预测容量反应性的研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2014, 23 (12): 1371-1375. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2014.12.016.
- [17] 王伟, 林锦乐, 张文武, 等. 被动抬腿试验联合 Vigileo 指导休克患者液体复苏与管理的临床研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2014, 23 (6): 678-683. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2014.06.018.
- [18] Geerts B, de Wilde R, Aarts L, et al. Pulse contour analysis to assess hemodynamic response to passive leg raising [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2011, 25 (1): 48-52. DOI: 10.1053/j.jvca.2010.09.013.
- [19] Dres M, Teboul JL, Anguel N, et al. Passive leg raising performed before a spontaneous breathing trial predicts weaning-induced cardiac dysfunction [J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41 (3): 487-494. DOI: 10.1007/s00134-015-3653-0.
- [20] Xu Q, Yan J, Cai G, et al. Effect of two volume responsiveness evaluation methods on fluid resuscitation and prognosis in septic shock patients [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2014, 127 (3): 483-487. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0366-6999.20131830.
- [21] 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.
- [22] Kupersztych-Hagege E, Teboul JL, Artigas A, et al. Bioreactance is not reliable for estimating cardiac output and the effects of passive leg raising in critically ill patients [J]. *Br J Anaesth*, 2013, 111 (6): 961-966. DOI: 10.1093/bja/aet282.
- [23] Julien J, Jean-Louis T, Christian R, et al. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: importance of the postural change [J]. *Intensive Care Med*, 2009, 35 (1): 85-90. DOI: 10.1007/s00134-008-1293-3.
- [24] Duus N, Shogilev DJ, Skibsted S, et al. The reliability and validity of passive leg raise and fluid bolus to assess fluid responsiveness in spontaneously breathing emergency department patients [J]. *J Crit Care*, 2015, 30 (1): 217. e1-5. DOI: 10.1016/j.jccr.2014.07.031.
- [25] Brun C, Zieleskiewicz L, Textoris J, et al. Prediction of fluid responsiveness in severe preeclamptic patients with oliguria [J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39 (4): 593-600. DOI: 10.1007/s00134-012-2770-2.
- [26] Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, et al. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity [J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33 (7): 1125-1132. DOI: 10.1007/s00134-007-0646-7.
- [27] 吴青峰, 王福建, 蔚红, 等. 多普勒心脏超声监测感染性休克患者的被动抬腿试验的容量反应性 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2014, 24 (2): 208-210. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.02.023.
- [28] 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.
- [29] Lakhil K, Ehrmann S, Runge I, et al. Central venous pressure measurements improve the accuracy of leg raising-induced change in pulse pressure to predict fluid responsiveness [J]. *Intensive Care Med*, 2010, 36 (6): 940-948. DOI: 10.1007/s00134-010-1755-2.

(收稿日期: 2017-03-17)

(本文编辑: 郑辛甜)