

• 论著 •

肱动脉峰流速变异度和下腔静脉呼吸变异度对容量反应性的评估作用

朱炜华 万林骏 万晓红 王刚 苏美仙 廖庚进 黄青青

650101 云南昆明,昆明医科大学第二附属医院重症医学科

通讯作者:黄青青,Email: hqqkm@qq.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.08.009

【摘要】目的 探讨肱动脉峰流速变异度($\Delta V_{\text{peak,brach}}$)、下腔静脉呼吸变异度(VIVC)对重症患者容量反应性判断的准确性和可行性。**方法** 采用单中心前瞻性观察性研究方法,选取2013年6月至2015年8月昆明医科大学第二附属医院重症医学科收治的有自主呼吸行机械通气严重脓毒症或脓毒性休克患者。应用床旁便携式超声仪测量肱动脉峰流速、吸气末及呼气末下腔静脉直径,计算 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC;分别于容量负荷试验(VE)前后记录患者血流动力学参数;采用脉搏指示连续心排血量监测技术(PiCCO)测量每搏量(SV),以VE试验后SV增加值(ΔSV) $\geq 15\%$ 作为有容量反应性的标准将患者分为有反应组和无反应组。根据受试者工作特征曲线(ROC)确定 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC判断容量反应性的敏感度和特异度。**结果** 共纳入58例患者,有容量反应组32例,无反应组26例。两组患者性别、年龄、急性生理学与慢性健康状况评分系统Ⅱ(APACHEⅡ)评分、血管活性药物使用剂量、呼吸机参数以及感染部位等比较差异均无统计学意义。与VE试验前比较,有反应组VE试验后心率(HR)下降(次/min:95 \pm 18比103 \pm 21)、收缩压(SBP)上升[mmHg(1 mmHg=0.133 kPa):92 \pm 8比80 \pm 7],无反应组VE试验后中心静脉压(CVP)上升(mmHg:11 \pm 4比8 \pm 3,均P<0.05)。有反应组 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ [(15.4 \pm 4.3)%比(11.2 \pm 3.5)%]和VIVC[(18.6 \pm 4.1)%比(14.3 \pm 3.6)%]均明显高于无反应组(均P<0.05)。 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 评估容量反应性的ROC曲线下面积(AUC)为0.816,以 $\geq 13.3\%$ 为临界点时敏感度为71.9%,特异度为80.8%;VIVC评估容量反应性的AUC为0.733,以 $\geq 19.25\%$ 为临界点时敏感度为53.1%,特异度为88.5%。**结论** $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC可以作为临床判断重症患者容量反应性的指标。

【关键词】 肱动脉峰流速变异度; 下腔静脉呼吸变异度; 脓毒症; 容量反应性

基金项目:云南省卫生科技内设研究机构项目(2011WS0104)

Measurement of brachial artery velocity variation and inferior vena cava variability to estimate fluid responsiveness Zhu Weihua, Wan Linjun, Wan Xiaohong, Wang Gang, Su Meixian, Liao Gengjin, Huang Qingqing

Department of Critical Care Medicine, the Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650101, Yunnan, China

Corresponding author: Huang Qingqing, Email: hqqkm@qq.com

【Abstract】Objective To investigate the accuracy and feasibility of brachial artery peak velocity variation ($\Delta V_{\text{peak,brach}}$) and inferior vena cava variability (VIVC) as indicators of fluid responsiveness in critically ill patients.

Methods A single-center prospective observation was conducted. The patients on mechanical ventilation with spontaneously breathing admitted to Department of Critical Care Medicine of the Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University from June 2013 to August 2015 were enrolled. The patients were diagnosed as severe sepsis or septic shock. The peak velocity in brachial artery and diameter of the inferior vena cava at the end of inspiration and expiration was measured by bedside portable ultrasonic machine, and then $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ and VIVC were calculated. The hemodynamic parameters were collected at baseline and after volume expansion (VE). The stroke volume (SV) was measured by pulse-indicated continuous cardiac output (PiCCO). Patients were classified as responders or non-responders according to the variation of SV (ΔSV) increased $\geq 15\%$ or not after VE. Receiver operating characteristic curve (ROC) was plotted to evaluate the sensitivity and specificity of $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ and VIVC in predicting volume responsiveness. **Results** Among 58 patients after VE, 32 patients were defined as responders and the rest 26 were defined as non-responders. There were no differences in gender, age, acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ (APACHE Ⅱ) score, dose of vasoactive agent, ventilator parameters and infection site. Compared with baseline hemodynamic parameters, heart rate (HR) was decreased (bpm: 95 \pm 18 vs. 103 \pm 21), and systolic blood pressure (SBP) was increased [mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa): 92 \pm 8 vs. 80 \pm 7] after VE in responders; central venous

pressure (CVP) was increased after VE in non-responders (mmHg: 11 ± 4 vs. 8 ± 3 , all $P < 0.05$). The $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ [($15.4 \pm 4.3\%$ vs. $(11.2 \pm 3.5)\%$) and VIVC [($18.6 \pm 4.1\%$ vs. $(14.3 \pm 3.6)\%$] in responders were significantly increased as compared with those of non-responders (both $P < 0.05$). The area under ROC curve (AUC) of $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ for predicting volume responsiveness was 0.816. When the cut-off value of $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ was $\geq 13.3\%$, the sensitivity was 71.9%, and the specificity was 80.8%. AUC of VIVC for predicting volume responsiveness was 0.733. When the cut-off value of VIVC was $\geq 19.25\%$, the sensitivity was 53.1%, and the specificity was 88.5%. **Conclusion** $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ and VIVC are reliable indicators for predicting volume responsiveness in critical patients.

【Key words】 Variation of brachial artery peak velocity; Variation of inferior vena cava; Sepsis; Fluid responsiveness

Fund program: Health Technology Internal Research Institution Program of Yunnan Province (2011WS0104)

重症加强治疗病房(ICU)患者中有1/3伴有循环功能不稳定^[1],其中严重感染或脓毒性休克是最常见的原因。据SOAPⅡ研究^[2]统计,ICU休克患者中约62%为脓毒性休克,心源性和低血容量休克分别约占17%、16%。对于严重脓毒症或脓毒性休克患者,液体治疗是早期处理的核心之一^[3-4],然而血容量不足或者过多都会加重器官功能损害,因此优化液体管理是血流动力学治疗的基石^[5-6]。为保证疗效、避免医源性损害,液体治疗之前应首先评估患者的容量反应性。目前临床预测容量反应性的指标包括中心静脉压(CVP)、肺动脉楔压(PAWP)、左室舒张期末容积(LVEDV)、全心舒张期末容积(GEDV)等静态指标,以及基于心肺交互作用的功能性血流动力学指标,如每搏量变异度(SVV)和脉搏压变异度(PPV)等。2014年欧洲危重病医学会指南^[7]推荐使用后者评估容量反应性。然而这些动态指标的获得需有创操作和特殊的监测仪器,同时也存在一定的局限性^[6]。近年来随着ICU超声设备的普及,相关研究发现超声测量肱动脉峰流速变异度($\Delta V_{\text{peak,brach}}$)及下腔静脉呼吸变异度(VIVC)可用于判断容量反应^[8-10],且操作方法易于掌握、方便、无创,便于临床推广应用。本研究通过与评估容量反应性“金标准”相比较,探讨 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC对容量反应评估的准确性、可靠性和可行性。

1 对象与方法

1.1 研究对象的选择:本研究为单中心前瞻性观察性研究,选取本院重症医学科2013年6月至2015年8月收治的患者。

1.1.1 入选标准:呼吸机辅助通气,存在自主触发;严重脓毒症或脓毒性休克,存在循环不稳定或组织灌注不足表现^[4]。

1.1.2 排除标准:年龄 <18 岁;孕妇;非脓毒症原因引起的循环功能不稳定;有输液禁忌证,如心力衰竭、肺水肿;心律失常;外周动脉疾病或狭窄;

肥胖、腹腔积气、上腹部手术术后等影响腹部超声成像,腹腔内压 ≥ 12 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);主动脉球囊反搏。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,通过本院伦理委员会审批(审批号:2012-15),受试对象或家属均知情同意。

1.2 容量负荷试验(VE)及分组:给予6%羟乙基淀粉氯化钠溶液(商品名万汶)500 mL,30 min内输注结束。VE试验前后血管活性药物剂量及呼吸机参数设置均保持不变。将VE试验后每搏量增加值(ΔSV) $\geq 15\%$ ^[11]的患者纳入有反应组,<15%的患者纳入无反应组。

1.3 监测指标:记录患者的性别、年龄、诊断、急性生理学与慢性健康状况评分系统Ⅱ(APACHEⅡ)评分、血管活性药物使用剂量和呼吸机参数。于VE前后采用床旁监护仪和脉搏指示连续心排血量监测仪(PiCCO)记录收缩压(SBP)、心率(HR)、CVP、每搏量(SV)及GEDV等相关参数值。

1.3.1 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 测定:患者取仰卧位,采用床旁便携式超声仪(M-turbo,美国Sonosite公司)及线阵超声探头(型号L38,5~10 MHz)测量,于肘窝处二维超声找到肱动脉后,采用脉冲多普勒测量血流速度,取样框倾斜角度与血管走向一致,取样位置位于动脉血管中心,取样角度 $<60^\circ$ (图1)。超声测量值取3个呼吸周期内连续3~5次测量的平均值。 $\Delta V_{\text{peak,brach}} = (\max V_{\text{peak,brach}} - \min V_{\text{peak,brach}}) / [(\max V_{\text{peak,brach}} + \min V_{\text{peak,brach}})/2] \times 100\%$ 。

1.3.2 VIVC测定:采用床旁便携式超声仪及相控阵探头(型号P21,1~5 MHz)测量。患者取平卧位,剑突下二维超声取下腔静脉纵切面,采用M型超声测量,取样位置位于下腔静脉右房开口远端2 cm处,调整探头使取样线尽量垂直于血管(图2)。分别测量吸气末下腔静脉直径(Dinsp)和呼气末下腔静脉直径(Dexp),连续测量3次取平均值。为减少

测量误差,超声测量均由同一位经过培训并能熟练掌握超声技术的重症医师完成。VIVC=(Dinsp-Dexp)/Dexp×100%。

1.4 统计学处理:应用SPSS 19.0软件进行统计分析。计量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用成组t检验;计数资料比较采用 χ^2 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。绘制受试者工作特征曲线(ROC),评价 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC对容量反应性的诊断价值,ROC曲线下面积(AUC)越大,说明其识别容量反应性的能力越强;最佳分界点为约登(Youden)指数最大值的对应值。

2 结 果

2.1 入选患者基本情况(表1):共纳入58例患者,其中男性29例,女性29例;年龄32~74岁,平均(59.3 ± 14.8)岁;有反应组和无反应组患者性别、年龄、APACHE II评分、血管活性药物使用剂量、呼吸

机参数以及感染部位等比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),说明两组基线资料均衡,具有可比性。

2.2 VE 前后血流动力学参数(表2):有反应组和无反应组患者VE前HR、SBP、CVP、SV、GEDV差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。与VE前比较,有反应组VE后HR下降,SBP上升(均 $P < 0.05$);无反应组VE后CVP上升($P < 0.05$),而HR、SBP、SV、GEDV差异无统计学意义。有反应组 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和VIVC明显高于无反应组(均 $P < 0.05$)。

2.3 ROC 曲线评估(图3): $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 评估容量反应性的AUC为0.816[95%可信区间(95%CI)=0.707~0.924, $P=0.000$],以 $\Delta V_{\text{peak,brach}} \geq 13.3\%$ 为临界点,敏感度为71.9%,特异度为80.8%。VIVC评估容量反应性的AUC为0.733(95%CI=0.605~0.861, $P=0.002$),以VIVC $\geq 19.25\%$ 为临界点,敏感度为53.1%,特异度为88.5%。

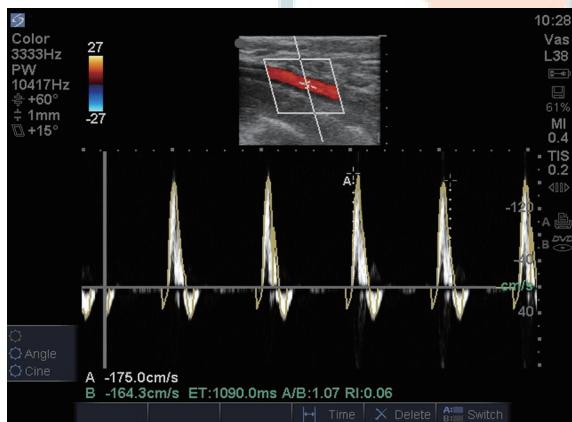


图1 床旁便携式超声仪测量肱动脉峰流速

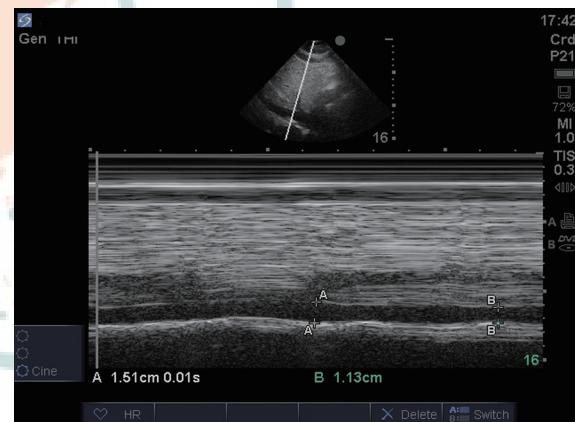


图2 床旁便携式超声仪测量下腔静脉直径

表1 有无容量反应性两组严重脓毒症或脓毒性休克机械通气患者的基本情况比较

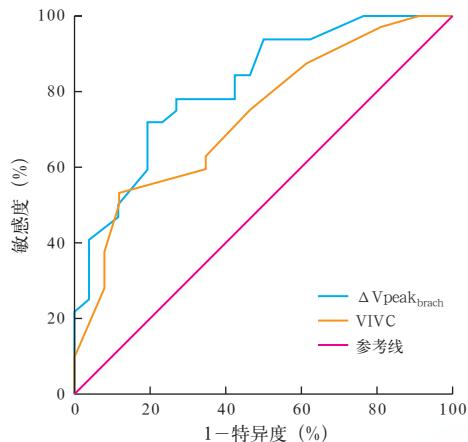
组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II (分, $\bar{x} \pm s$)	去甲肾上腺素 ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	PEEP (cmH_2O , $\bar{x} \pm s$)	PS (cmH_2O , $\bar{x} \pm s$)	感染部位(例)		
		男性	女性						泌尿系	腹腔	肺部
有反应组	32	17	15	58.5±16.3	15.4±5.8	0.39±0.15	5.8±2.1	9.5±2.6	16	14	2
无反应组	26	12	14	59.1±14.9	14.6±5.3	0.42±0.15	5.7±1.9	9.8±2.2	15	8	3

注:APACHE II为急性生理学与慢性健康状况评分系统II,PEEP为呼气末正压,PS为压力支持;1 cmH₂O=0.098 kPa

表2 有无容量反应性两组严重脓毒症或脓毒性休克机械通气患者VE前后血流动力学参数变化的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数(例)	HR(次/min)	SBP(mmHg)	CVP(mmHg)	SV(mL)	GEDV(mL)	$\Delta V_{\text{peak,brach}}(\%)$	VIVC(%)
有反应组	VE前	32	103±21	80±7	9±2	62±18	625±106	15.4±4.3 ^b
	VE后	32	95±18 ^a	92±8 ^a	10±3	74±15 ^a	687±122	
无反应组	VE前	26	105±19	78±9	8±3	58±23	678±124	11.2±3.5
	VE后	26	102±16	83±10	11±4 ^a	63±18	698±106	14.3±3.6

注:VE为容量负荷试验,HR为心率,SBP为收缩压,CVP为中心静脉压,SV为每搏量,GEDV为全心舒张期末容积, $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 为肱动脉峰流速变异度,VIVC为下腔静脉呼吸变异度;1 mmHg=0.133 kPa;空白代表无此项;与本组VE前比较,^a $P < 0.05$;与无反应组比较,^b $P < 0.05$



注： $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 为肱动脉峰流速变异度，VIVC 为下腔静脉呼吸变异度，ROC 为受试者工作特征曲线

图 3 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和 VIVC 评估严重脓毒症或脓毒性休克机械通气患者容量反应性的 ROC 曲线

3 讨论

循环功能不稳定在 ICU 患者最常见，需要临床医生及早判断和处理。根据生理学规律，只有当患者心脏处于 Starling 曲线的陡峭上升阶段时，容量复苏才能最有效地改善心排血量。而临床研究发现，仅 50% 左右的危重患者对容量复苏有反应性^[12]。为避免容量复苏带来的器官损害，故采用容量反应性优化危重患者液体管理。传统评估容量反应性的指标 CVP、PAWP 等是通过压力替代容积间接反映心脏前负荷，只能反映当时的容量负荷状态，指导液体治疗有一定的局限性。其他静态指标 LVEDV、GEDV 等作为直接容积指标，能准确反映心脏前负荷情况，但仍不能有效反映容量反应性。2014 年 ICU 循环监测指南^[7]推荐的功能性血流动力学监测指标多数来自对传统静态指标的动态监测，如 SVV、PPV、上 / 下腔静脉直径呼吸变异度、动脉峰值血流速变异度等，其预测容量反应性的基本原理是心肺交互作用^[13]。SVV $\geq 10\%$ 、PPV $\geq 13\% \sim 15\%$ 在机械通气时对容量反应性具有较高的预测价值^[6]，但仍不能用于存在自主呼吸、心律失常、腹腔高压、开胸状态、低潮气量的患者^[14]，限制了其临床应用。

随着超声设备在急诊科、ICU 的普及，其在容量反应性判断上的应用日益增多，相关研究结果证实了其有效性，成为临床一线评估方法^[15]。但影响超声检查的因素较多、需掌握一定应用技巧， $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 、VIVC 检测操作技术相对简单、快捷，容易掌握应用，受到 ICU 医师更多关注。Brennan 等^[8]发现， $\Delta V_{\text{peak,brach}} \geq 16\%$ 预测容量反应性的敏

感度为 91%，特异度为 95%。Monge 等^[9]研究证实 $\Delta V_{\text{peak,brach}} > 10\%$ 可以评估容量反应性。张宏民等^[16]结合被动抬腿试验发现， $\Delta V_{\text{peak,brach}} \geq 16\%$ 评估重症患者容量反应性的敏感度为 73%，特异度为 87%。除肱动脉外，也有对颈动脉、股动脉峰流速变异度进行研究的。下腔静脉直接与右心房相连，下腔静脉内径变异度与 CVP 相关性较好，可以有效评估休克患者的容量，成为反映容量反应性的可靠指标^[17]。有 2 项研究表明，分别以下腔静脉内径变异度 18% 及 22.5% 为截断值，能较好地预测容量反应性^[18-19]；另有研究显示，上腔静脉峰流速随呼吸变异度也可评估机械通气患者容量反应性^[20]。

本研究选择的是肱动脉和下腔静脉，结果显示，与 ΔSV 的“金标准”相比， $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 、VIVC 评估容量反应性有一定准确性，且 $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 评估的准确性略好。 $\Delta V_{\text{peak,brach}} \geq 13.3\%$ 、VIVC $\geq 19.25\%$ 作为评估容量反应性的临界点，与国内外相关研究结论存在差异，考虑其原因可能为：首先，虽然各研究选择容量反应性评估标准都是 SV 或者 SV 的替代指标，即速度时间积分 (VTI)，但由于监测技术不同，SV 测量值可能存在差异。脉搏轮廓分析技术 (Vigileo) 在某些情况下不能准确反映治疗效果^[21]；而 VTI 则与超声操作者的经验水平相关，结果可重复性也较差。本研究采用的 PiCCO 技术结合了经肺热稀释法与脉搏波形轮廓分析两项技术，测量结果更为可靠、重复性较好，对容量反应性的判定更准确，对于严重脓毒症患者推荐应用 PiCCO 监测指标指导液体复苏^[22]。其次，以往研究测量动脉峰流速的采样时间各有不同，分别有 1 个呼吸周期^[9, 23]、3 个呼吸周期^[24]或固定采样时间^[16]。采样时间过短，不能完全反映心肺交互作用，影响最终结果。本研究中超声测量值是 3 个呼吸周期内连续 3~5 次测量的平均值，尽可能保证了研究结论的准确性。另外， $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 和 VIVC 是基于心肺交互作用，各项研究对呼吸条件的限定并不一致，导致各结果间存在偏倚； $\Delta V_{\text{peak,brach}}$ 受大血管顺应性、血管病变、局部肌肉收缩的影响；而右心功能不全、瓣膜反流、腹内压及胸内压升高时，导致 VIVC 评估容量反应性的敏感度下降。值得注意的是，相关研究中 VIVC 的计算公式也截然不同。本研究考虑到相关影响因素，包括容量反应性的准确判断、测量周期、腹腔内压等，并尽可能在试验技术及研究方法中避免，其研究结果相对准确，具有临床推广应用价值。

本研究也存在一些不足之处,后续研究将扩大样本量,针对呼吸条件、右心功能及腹内压等可能影响因素,进一步调整研究方法,尽可能减少研究偏倚。同时多指标联合评估容量反应性的准确性会更高,这也是未来进一步研究的方向。

综上所述,ΔVpeak,brach 和 VIVC 可以作为临床评估容量反应性的指标,具有简单、快捷、无创、可重复性好等优势,临床医师能够较快掌握并应用,值得进一步推广应用。目前尚缺乏一致性的诊断阈值,需要进一步扩大研究。同时在具体临床应用中,应该注意各项研究方法的差异性。

参考文献

- [1] Sakr Y, Reinhart K, Vincent JL, et al. Does dopamine administration in shock influence outcome? Results of the Sepsis Occurrence in Acutely Ill Patients (SOAP) Study [J]. Crit Care Med, 2006, 34 (3): 589–597. DOI: 10.1097/01.CCM.0000201896.45809.E3.
- [2] De Backer D, Biston P, Devriendt J, et al. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock [J]. N Engl J Med, 2010, 362 (9): 779–789. DOI: 10.1056/NEJMoa0907118.
- [3] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock [J]. N Engl J Med, 2001, 345 (19): 1368–1377. DOI: 10.1056/NEJMoa010307.
- [4] Dellinger RP, Levy MM, Carlet JM, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008 [J]. Intensive Care Med, 2008, 34 (1): 17–60. DOI: 10.1007/s00134-007-0934-2.
- [5] 高敏, 王宇迪, 田李星, 等. 成人脓毒症护理的最新进展 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2015, 22 (5): 557–560. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.05.031.
- [6] Gao M, Wang YD, Tian LX, et al. Recent advances in the nursing care of adult patients with sepsis [J]. Chin J TCM WM Crit Care, 2015, 22 (5): 557–560. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.05.031.
- [7] Pinsky MR. Functional haemodynamic monitoring [J]. Curr Opin Crit Care, 2014, 20 (3): 288–293. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000090.
- [8] Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task Force of the European Society of Intensive Care Medicine [J]. Intensive Care Med, 2014, 40 (12): 1795–1815. DOI: 10.1007/s00134-014-3525-z.
- [9] Brennan JM, Blair JE, Hampole C, et al. Radial artery pulse pressure variation correlates with brachial artery peak velocity variation in ventilated subjects when measured by internal medicine residents using hand-carried ultrasound devices [J]. Chest, 2007, 131 (5): 1301–1307. DOI: 10.1378/chest.06-1768.
- [10] Monge GMI, Gil CA, Diaz MJC. Brachial artery peak velocity variation to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients [J]. Crit Care, 2009, 13 (5): R142. DOI: 10.1186/cc8027.
- [11] Feissel M, Michard F, Faller JP, et al. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy [J]. Intensive Care Med, 2004, 30 (9): 1834–1837. DOI: 10.1007/s00134-004-2233-5.
- [12] Monnet X, Teboul JL. Volume responsiveness [J]. Curr Opin Crit Care, 2007, 13 (5): 549–553. DOI: 10.1097/MCC.0b013e3282ec68b2.
- [13] Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, et al. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature [J]. Crit Care Med, 2009, 37 (9): 2642–2647. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181a590da.
- [14] 周小洋, 李莉, 严静. 功能性血流动力学监测的研究进展 [J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27 (1): 68–71. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.016.
- [15] Zhou XY, Li L, Yan J. Advances in functional hemodynamic monitoring [J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (1): 68–71. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.016.
- [16] Yang X, Du B. Does pulse pressure variation predict fluid responsiveness in critically ill patients? A systematic review and meta-analysis [J]. Crit Care, 2014, 18 (6): 650. DOI: 10.1186/s13054-014-0650-6.
- [17] Vincent JL, De Backer D. Circulatory shock [J]. N Engl J Med, 2013, 369 (18): 1726–1734. DOI: 10.1056/NEJMra1208943.
- [18] 张宏民, 刘大为, 王小亭, 等. 肱动脉峰流速结合被动抬腿试验判断容量反应性 [J]. 中华医学杂志, 2013, 93 (3): 195–199. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.03.010.
- [19] Zhang HM, Liu DW, Wang XT, et al. Prediction of volume responsiveness by brachial artery velocity change during passive leg raising [J]. Natl Med J China, 2013, 93 (3): 195–199. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2013.03.010.
- [20] Zhang Z, Xu X, Ye S, et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis [J]. Ultrasound Med Biol, 2014, 40 (5): 845–853. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010.
- [21] 张宏民, 刘大为, 王小亭, 等. 下腔静脉内径变异度判断房颤患者容量反应性的意义 [J]. 中华医学杂志, 2015, 95 (19): 1453–1456. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.19.004.
- [22] Zhang HM, Liu DW, Wang XT, et al. Does Inferior Vena Cava variability predict fluid responsiveness in critically ill patients with atrial fibrillation [J]. Natl Med J China, 2015, 95 (19): 1453–1456. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2015.19.004.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 郭皓, 何伟, 侯静, 等. 超声测量上腔静脉血流评估机械通气患者容量反应性 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (9): 624–628. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.09.004.
- [26] Guo Z, He W, Hou J, et al. The assessment of ultrasonic measurement of superior vena cava blood flow for the volume responsiveness of patients with mechanical ventilation [J]. Chin Crit Care Med, 2014, 26 (9): 624–628. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.09.004.
- [27] Monnet X, Anguel N, Naudin B, et al. Arterial pressure-based cardiac output in septic patients: different accuracy of pulse contour and uncalibrated pressure waveform devices [J]. Crit Care, 2010, 14 (3): R109. DOI: 10.1186/cc9058.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] Ibarra-Estrada MA, López-Pulgarín JA, Mijangos-Méndez JC, et al. Respiratory variation in carotid peak systolic velocity predicts volume responsiveness in mechanically ventilated patients with septic shock: a prospective cohort study [J]. Crit Ultrasound J, 2015, 7 (1): 29. DOI: 10.1186/s13089-015-0029-1.
- [31] 吴筠凡, 周树生, 刘宝, 等. 被动抬腿试验结合股动脉峰值血流速度变异率对容量负荷的判断 [J]. 中国急救医学, 2014, 34 (8): 689–694. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2014.08.006.
- [32] Wu JF, Zhou SS, Liu B, et al. Femoral artery velocity change during passive leg raising can predict fluid responsiveness [J]. Chin J Crit Care Med, 2014, 34 (8): 689–694. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2014.08.006.

(收稿日期: 2015-11-30)

(本文编辑: 保健媛, 李银平)