

◆ 综述

Progresses of ultrasonography in assessing capacity status of acute severe patients

YANG Fang, HUANG Xiaoling*

(Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

[Abstract] Circulatory instability is one of the most common acute emergency conditions, and rapid assessment of capacity status is the key to guide treatment. At present, measuring of central venous pressure (CVP) is a commonly used method, but it is an invasive operation which may bring some recent and long-term complications. Recently, as a noninvasive examination, ultrasound has been widely used in monitoring of hemodynamics, and emergency ultrasound assessment of patient's capacity status and directing fluid therapy has become popular. The application progresses of ultrasonography in assessment of capacity status in acute severe patients were reviewed in this paper.

[Key words] Ultrasonography; Hypovolemia; Shock; Hemodynamics

DOI:10.13929/j.1003-3289.201707053

超声评估急重症患者容量状态研究进展

杨 芳, 黄晓玲*

(重庆医科大学附属第一医院超声科, 重庆 400016)

[摘要] 循环不稳定是急重症患者常见急症之一, 快速评估其容量状态是指导治疗的关键。检测中心静脉压(CVP)是目前临床评估容量负荷的较常用方法, 但为有创操作, 且存在较多近远期并发症。超声作为无创检查已广泛应用于监测血流动力学, 近年来, 采用急诊超声评估患者容量状态并指导液体治疗日益普及。本文对超声评估急重症患者容量状态的应用进展进行综述。

[关键词] 超声检查; 血容量不足; 休克; 血流动力学

[中图分类号] R441.9; R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)04-0625-04

对于急重症患者, 早期诊断及治疗休克至关重要^[1-2], 而评估患者容量状态既是对机体循环容量的整体评估, 也是指导临床治疗的重要参考指标^[1]。目前, 中心静脉压(central venous pressure, CVP)是临床常用来反映容量负荷的指标之一, 但测量 CVP 可导致血肿、气胸、感染、血栓等并发症^[3]。超声检查具有无创、可床旁操作、可与临床复苏及抢救同时进行等特点, 对

危重患者更具优势^[4], 目前已广泛用于评价心脏结构及血流动力学特点, 评估急性呼吸衰竭、急性循环衰竭、心脏骤停等^[5-7]。对于循环不稳定患者, 超声不仅可快速鉴别休克病因, 还可监测治疗效果^[6]。

1 超声评估容量状态

机体有效循环血容量骤减时, 快速评估患者容量状态以指导有效治疗, 对降低患者死亡率尤为重要。近年来, 有学者^[8]应用超声评估血容量状态及容量反应, 以指导液体治疗。目前超声评估容量状态的相关参数有下腔静脉(inferior vena cava, IVC)直径及变异率、心室及心室功能、被动抬腿试验每搏量变异、主动脉根部峰值流速变异及速度时间积分变异、校正血流时间、颈静脉直径及变异率。

[第一作者] 杨芳(1991—), 女, 云南宣威人, 在读硕士。研究方向: 急诊超声。E-mail: 925151801@qq.com

[通信作者] 黄晓玲, 重庆医科大学附属第一医院超声科, 400016。

E-mail: huangxiaoling_4@163.com

[收稿日期] 2017-07-12 **[修回日期]** 2018-02-05

1.1 IVC 直径及变异率 IVC 直径随呼吸时静脉压的变化而改变^[7],其直径及变异率与 CVP 有较强相关性,且可用于预测容量状态^[5,9-10]。IVC 变异率包括 IVC 扩张指数(the distensibility index of the IVC, dIVC)和下腔静脉塌陷指数(inferior vena cava collapsibility index, IVC-CI)),其中 $dIVC = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{min} \times 100\%$; $IVC-CI = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{max} \times 100\%$ ^[9], IVC_{max} 为 IVC 最大直径、 IVC_{min} 为 IVC 最小直径。 $dIVC > 18\%$ 表示存在容量不足^[10];当 IVC 直径 < 2.1 cm、 $IVC-CI > 50\%$ 时,CVP 约 3 mmHg (0~5 mmHg);当 IVC 直径 > 2.1 cm、 $IVC-CI < 50\%$ 时,CVP 约 15 mmHg (10~20 mmHg);若 IVC 直径及 IVC-CI 均不在上述范围内,CVP 约为 8 mmHg (5~10 mmHg)^[5,11]。

超声测量 IVC 直径评估容量状态是一种简单、无创、可重复的监测手段,也是临床评估容量状态及指导液体复苏治疗的可靠方法。但是,当患者存在腹胀、肠道积气、肥胖、腹部手术及胸、腹腔压力升高时,均可影响超声测量 IVC 直径及变异率的有效性^[12]。

1.2 心室及心室功能 超声心动图检查可无创提供心脏解剖结构及机械功能的诊断信息,不仅可鉴别心源性、非心源性引起的循环不稳定,还可指导正性肌力或血管活性药物治疗^[11]。经胸超声心动图获得左心舒张末期面积对预测容量反应性有较高敏感度及特异度:低血容量状态时左心室舒张末期容量及面积减少,左心室舒张末期面积 < 10 cm² 时,考虑存在容量不足^[13]。超声心动图测量左心室舒张末容积与连续心输出量导管监测的全心舒张末容积指数呈显著相关,故左心室舒张末容积可较准确地反映心脏前负荷,进而反映机体容量状态^[14]。此外,左心室射血分数是评估左心室功能的主要参数之一,但当脓毒性休克时,射血分数评估容量状态可呈假阴性^[11]。

1.3 被动抬腿试验每搏量变异(stroke volume variation after passive leg raising, PLR-ΔSV) 被动抬腿试验是模拟内源性的“补液试验”。以 45° 半卧位或仰卧位为基线体位,被动抬高患者双下肢 45° 持续 1 min,观察试验前后心室每搏量变化,并判断容量反应^[15];以半卧位为基线体位获得的 PLR-ΔSV 变化幅度及敏感度更高^[16]。 $SV = VTI \times [\pi D^2 \div 4]$ ^[15] (D: 主动脉根部直径;VTI: 主动脉速度时间积分;SV: 每搏量);抬腿前、后分别测量 SV1、SV2, $PLR-\Delta SV = (SV2 - SV1) / SV1$,当 $PLR-\Delta SV > 12.5\%$ 考虑血容量不足^[17]。以 PLR-ΔSV 及 CVP、全心舒张末容积指数

等指标评估患者的容量反应中,PLR-ΔSV 参考价值高于其他指标^[18]。由于抬腿试验是内源性“补液试验”,体内并无实际液体负荷增加,容量增加效应可逆,故相对安全,且患者自主呼吸或心律失常对测量结果的影响较小^[19]。

1.4 主动脉根部峰值流速变异及速度时间积分变异

回心血量及心输出量随不同呼吸时相及胸腔压力的变化而变化,进而导致主动脉根部血流峰值速度及速度时间积分的变异。主动脉根部血流峰值速度变异(ΔV_{peak}) = $(V_{peak_{max}} - V_{peak_{min}}) / [(V_{peak_{max}} + V_{peak_{min}}) / 2] \times 100\%$; $\Delta V_{peak} > 12\%$ 时考虑血容量不足^[20]。主动脉根部速度时间积分变异(ΔVTI) = $(VTI_{max} - VTI_{min}) / [(VTI_{max} + VTI_{min}) / 2] \times 100\%$,当 $\Delta VTI > 17\%$ 时认为存在血容量不足($V_{peak_{max}}$ 、 $V_{peak_{min}}$ 、 VTI_{max} 、 VTI_{min} 均于同一个呼吸周期中测量)^[21]。也有学者^[22]提出 $\Delta VTI = (VTI_2 - VTI_1) / (VTI_2 + VTI_1) \times 100\%$ (VTI_1 、 VTI_2 分别为 50 ml 液体负荷试验前、后分别连续测量 ≥ 3 次,取平均值), $\Delta VTI > 9\%$ 时提示血容量不足。相较于 ΔVTI ,PLR-ΔSV 易受腹压升高的影响,且不适用于骨折及手术后患者,但 ΔVTI 因减少医疗干预而有较高准确率,更适于评估急重症患者的容量状态^[19]。

1.5 校正血流时间(corrected flow time, FTc) 超声测量 FTc 评估血管内容量状态主要包括测量降主动脉及颈动脉 FTc, $FTc = ST / \sqrt{CT}$ (ST: 收缩时间;CT: 心动周期时间)^[23]。床旁经食管超声可连续监测血流动力学变化,并避免设备相关并发症,已证实可测量降主动脉 FTc,预测容量反应^[24];但该方法需对患者充分镇静,故多用于气管插管患者,且探头进入食管属于盲目操作,成像与探头深度、旋转角度有显著相关性 & 较大的操作者依赖性^[25]。超声测量颈动脉 FTc 可避免以上不足,通过分析甲状软骨下缘水平颈动脉血流频谱获得颈动脉 FTc,且颈动脉 FTc 与容量状态有较好的相关性^[23,26-27]。Hossein-Nejad 等^[26-27]研究急、慢性血容量减少时颈动脉 FTc 改变,结果显示急性血容量减少时,FTc 变化较慢性血容量减少明显。Hossein-Nejad 等^[23]对健康人群颈动脉 FTc 正常阈值范围进行统计,认为女性颈动脉 FTc 为 $(330.18 \pm 21.61) ms^{0.5}$,男性颈动脉 FTc 为 $(319.88 \pm 21.62) ms^{0.5}$,差异有统计学意义,可能因男、女心率差异所致;而呼吸周期不同时相及左、右颈动脉 FTc 无明显差异^[28]。

1.6 颈静脉直径及变异率 颈静脉位置浅表、顺应性良好,管径及变异率与 CVP 有显著相关性,可用于预

测、评估容量状态^[29-30]。血容量减少后,颈静脉直径及变异率明显变化,其敏感度高于心率、血压变化等常用临床指标^[29]。虽然颈静脉变异率与 IVC 变异率相关性较差,但其测量用时较 IVC 变异率少,故可用于快速筛查急性充血性心力衰竭、低血容量性休克等危急重症的病因,也可用于评估腹部手术过程中患者的容量状态^[31]。测量颈静脉直径及变异率虽不受肥胖、气体等干扰,但同样受胸腔、腹腔压力因素影响^[32]。

2 超声评估容量状态的方案及流程

循环不稳的危重病因较多,按照病理生理改变可将休克分为低血容量性、心源性、分布性和梗阻性 4 类^[2]。Nilam 等^[33]分析已发表的休克快速超声评估和心脏超声快速评估等方案,提出床旁即时超声的休克评估方案。超声评估休克患者 IVC 直径、心功能见图 1、2,休克患者肺部超声征象见表 1。分布性休克中,左心室收缩功能正常或过强可出现在脓毒症早期,而收缩功能低下则可出现在脓毒症晚期。此外,除对休克类型进行评估外,还需对休克病因进行补充检查,以避免急危重症漏诊。低血容量性休克病因多为腹主动脉瘤、主动脉夹层、腹腔内出血;心源性休克病因多为慢性左心或右心衰竭引起胸腔积液;梗阻性休克病因多为下肢深静脉血栓检查(肺栓塞)、颈内静脉扩张(心包填塞);分布性休克病因可能有胸腔积液(腹膜炎)。

表 1 休克患者肺及胸腔超声征象

休克类型	肺脏	胸腔
低血容量性休克	A 线为主	无胸腔积液
心源性休克	B 线为主	可能有双侧胸腔积液
梗阻性休克	气胸;肺滑动征消失, A 线为主	少量胸腔积液、小的胸膜下实变(梗死)
分布性休克	可能有肺炎;实变征象或局限性 B 线	可能有胸腔积液(肺炎、脓胸)

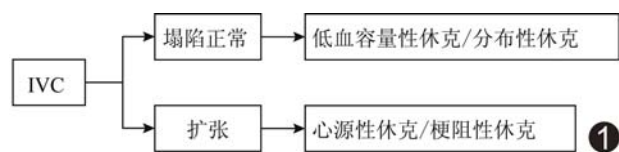


图 1 超声评估休克患者 IVC 直径

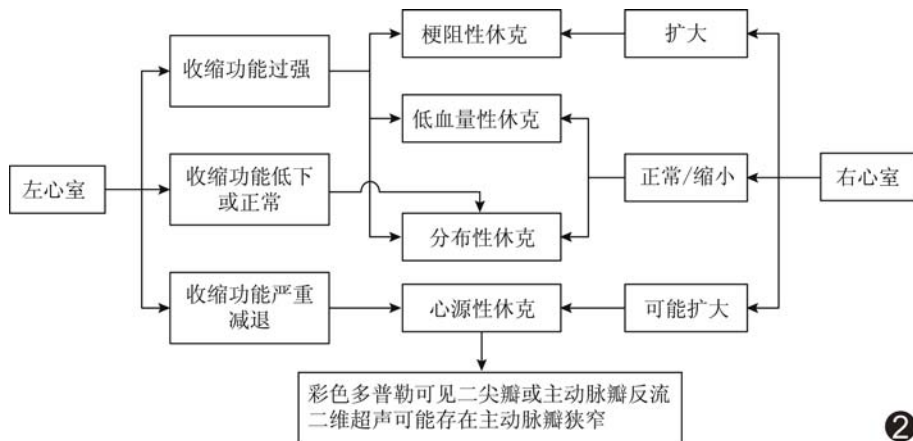


图 2 超声评估休克患者心功能

综上所述,超声是快速评估、预测急重症患者机体容量状态及容量反应的可靠方式。目前休克患者心室及心室功能、PLR- Δ SV、主动脉峰值速度变异及速度时间积分变异、IVC 直径及变化率已有相应阈值,颈动脉 FTc 已有初步阈值分析。但超声评估颈静脉血容量的研究仍存在局限性,如样本量小,未遵循随机原则,未针对不同种族、不同人群的最佳阈值、敏感度、特异度进行说明等,还有待更多设计合理的大样本随机对照试验进一步论证。

[参考文献]

- [1] 何怀武,隆云. 容量状态与容量反应性. 中国医刊, 2016, 51(7): 13-16.
- [2] 王龙廷,周荣斌. 休克的流行病学研究进展. 中国实用内科杂志, 2014, 34(2): 56-58.
- [3] 朱雷,赵志斌,冯继英,等. 超声引导测量下腔静脉直径用于快速评估术前老年患者血容量的价值. 山东大学学报(医学版), 2014, 52(10): 96-99.
- [4] 王涛宁,袁亚迎. 急危重症中床旁超声的临床价值研究. 中国医药导刊, 2017, 19(1): 37-38.
- [5] Karacabey S, Sanri E, Guneyseil O. A non-invasive method for assessment of intravascular fluid status: Inferior vena cava diameters and collapsibility index. Pak J Med Sci, 2016, 32(4): 836-840.
- [6] Gaskamp M, Blubaugh M, McCarthy LH, et al. Can bedside ultrasound inferior vena cava measurements accurately diagnose congestive heart failure in the emergency department? A Clin-IQ. J Patient Cent Res Rev, 2016, 3(4): 230-234.
- [7] Anderson KL, Jenq KY, Fields J, et al. Diagnosing heart failure among acutely dyspneic patients with cardiac, inferior vena cava, and lung ultrasonography. Am J Emerg Med, 2013, 31(8): 1208-1214.
- [8] 刘娜,李文强,高成伟. 下腔静脉直径和呼吸变异指数评估容量状

- 态的 Meta 分析. 临床急诊杂志, 2016, 17(6):466-469.
- [9] Zanolotti M, Prota A, Coppa A, et al. Can non-invasive ventilation modify central venous pressure? Comparison between invasive measurement and ultrasonographic evaluation. *Intern Emerg Med*, 2017, 12(8):1279-1285.
- [10] 孙昀, 张新书. 超声心动图评估感染性休克患者容量反应性的应用进展. 中国医学影像技术, 2014, 30(3):467-470.
- [11] Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit Care Med*, 2007, 35(5 Suppl):S235-S249.
- [12] Murthi SB, Fatima S, Menne AR, et al. Ultrasound assessment of volume responsiveness in critically ill surgical patients: Two measurements are better than one. *J Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82(3):505-511.
- [13] 庄燕, 王醒. 超声心动图在重症患者容量状态评估中的应用. 东南大学学报(医学版), 2013, 32(1):125-127.
- [14] 王守君, 王世富, 翟萍, 等. 床旁超声心动图监测重症患者血容量及心脏功能的临床研究. 临床超声医学杂志, 2016, 18(3):200-202.
- [15] 李晓勇, 刘易林, 邓芸. 被动抬腿试验联合心脏超声心动图预测感染性休克患者容量反应性的价值. 吉林医学, 2016, 37(7):1579-1582.
- [16] Jabot J, Teboul JL, Richard C, et al. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: Importance of the postural change. *Intensive Care Med*, 2009, 35(1):85-90.
- [17] Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, et al. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med*, 2007, 33(7):1125-1132.
- [18] 林冰, 蒋丽芳, 孟繁魁, 等. 每搏量变异结合被动抬腿试验在自主呼吸感染性休克患者容量反应评估中的价值研究. 实用医学杂志, 2014, 30(13):2084-2085.
- [19] Wu Y, Zhou S, Zhou Z, et al. A 10-second fluid challenge guided by transthoracic echocardiography can predict fluid responsiveness. *Crit Care*, 2014, 18(3):R108.
- [20] Feissel M, Michard F, Mangin I, et al. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. *Chest*, 2001, 119(3):867-873.
- [21] Skulec R, Cermak O, Skalicka H, et al. Variability of aortic blood flow predicts fluid responsiveness in spontaneously breathing healthy volunteers. *Kardiologia Pol*, 2009, 67(3):265-273.
- [22] 覃炳军, 曾晖, 范彦琦, 等. 小容量负荷主动脉时间速度积分变异率在严重多发伤休克患者液体复苏中的应用. 广东医学, 2017, 38(3):430-433.
- [23] Hossein-Nejad H, Banaie M, Davarani SS, et al. Assessment of corrected flow time in carotid artery via point-of-care ultrasonography: Reference values and the influential factors. *J Crit Care*, 2017, 40:46-51.
- [24] Lee JH, Kim JT, Yoon SZ, et al. Evaluation of corrected flow time in oesophageal Doppler as a predictor of fluid responsiveness. *Br J Anaesth*, 2007, 99(3):343-348.
- [25] Hossein-Nejad H, Mohammadinejad P, Zeinoddini A, et al. A new modality for the estimation of corrected flow time via electrocardiography as an alternative to Doppler ultrasonography. *Ann Noninvasive Electrophysiol*, 2018, 23(1):e12456.
- [26] Hossein-Nejad H, Mohammadinejad P, Lessan-Pezeshki M, et al. Carotid artery corrected flow time measurement via bedside ultrasonography in monitoring volume status. *J Crit Care*, 2015, 30(6):1199-1203.
- [27] Blehar DJ, Glazier S, Gaspari RJ. Correlation of corrected flow time in the carotid artery with changes in intravascular volume status. *J Crit Care*, 2014, 29(4):486-488.
- [28] Doctor M, Siadecki SD, Cooper J, et al. Reliability, laterality and the effect of respiration on the measured corrected flow time of the carotid arteries. *J Emerg Med*, 2017, 53(1):91-97.
- [29] Akilli NB, Cander B, Dundar ZD. A new parameter for the diagnosis of hemorrhagic shock: Jugular index. *J Crit Care*, 2012, 27(5):e13-e18.
- [30] Guarracino F, Ferro B, Forfori F, et al. Jugular vein distensibility predicts fluid responsiveness in septic patients. *Crit Care*, 2014, 18(6):647.
- [31] Kent A, Patil P, Davila V, et al. Sonographic evaluation of intravascular volume status: Can internal jugular or femoral vein collapsibility be used in the absence of IVC visualization? *Ann Thorac Med*, 2015, 10(1):44-49.
- [32] Bauman Z, Coba V, Gassner M, et al. Inferior vena cava collapsibility loses correlation with internal jugular vein collapsibility during increased thoracic or intra-abdominal pressure. *J Ultrasound*, 2015, 18(4):343-348.
- [33] Nilam JS, Robert A, Pierre K. 床旁即时超声//尚游, 袁世英, 主译. 北京: 人民卫生出版社, 2015:410-412.