

- disease[J]. *Radiology*, 1984, 152(1): 9-17. DOI:10.1148/radiology.152.1.6729142.
- [14] Haponik EF, Adelman M, Munster AM, et al. Increased vascular pedicle width preceding burn-related pulmonary edema[J]. *Chest*, 1986, 90(5):649-655. DOI:10.1378/chest.90.5.649.
- [15] Martin GS, Ely EW, Carroll FE, et al. Findings on the portable chest radiograph correlate with fluid balance in critically ill patients[J]. *Chest*, 2002, 122(6): 2087-2095. DOI:10.1378/chest.122.6.2087.
- [16] Salahuddin N, Chishti I, Siddiqui S. Determination of intravascular volume status in critically ill patients using portable chest X-rays: measurement of the vascular pedicle width[J]. *Crit Care*, 2007, 11(Suppl 2): P282. DOI:10.1186/cc5442.
- [17] Wichansawakul S, Vilaichone W, Tongyoo S, et al. Evaluation of correlation between vascular pedicle width and intravascular volume status in Thai critically ill patients[J]. *J Med Assoc Thai*, 2011, 94 Suppl 1(94 Suppl 1):S181.
- [18] Farshidpanah S, Klein W, Matus M, et al. Validation of the vascular pedicle width as a diagnostic aid in critically ill patients with pulmonary oedema by novice non-radiology physicians-in-training[J]. *Anaesth Intensive Care*, 2014, 42(3):321-329. DOI:10.1177/0310057x1404200308.
- [19] Ely W, Johnson M, Chiles C, et al. Chest X-ray changes in air space disease are associated with parameters of mechanical ventilation in ICU patients[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996, 154(5): 1543-1550. DOI:10.1164/ajrccm.154.5.8912778.
- [20] Wang H, Shi RH, Mahler S, et al. Vascular pedicle width on chest radiograph as a measure of volume overload: meta analysis[J]. *West J Emerg Med*, 2011, 12(4):426-432. DOI:10.5811/westjem.2011.3.2023.
- [21] Chiou AC, Abularrage CJ, Olson PN, et al. "Incisura" of the ascending aorta and vascular pedicle width in the cardiac transplant patient[J]. *Ann Thorac Surgery*, 1988, 62(4):1141-1145. DOI:10.1016/0003-4975(96)00491-2.
- [22] 杨常运, 范力军, 张旭志, 等. 房室间隔缺损患者胸片血管蒂宽度的临床意义 [J]. *空军医高专学报*, 1994, 16(1): 34-35.
- [23] Miniati M, Pistolesi M, Paoletti P, et al. Objective radiographic criteria to differentiate cardiac, renal, and injury lung edema[J]. *Invest Radiol*, 1988, 23(6): 433-440. DOI:10.1097/00004424-198806000-00005.
- [24] Aloizos S, Liapis G, Maragiannis D, et al. Comparison of vascular pedicle width and PiCCO-derived haemodynamic measurements inpatients in a general intensive care unit[J]. *Crit Care*, 2007, 11(suppl2):P291. DOI:10.1186/cc5451.
- [25] Salahuddin N, Hussain I, Alsaïdi H, et al. Measurement of the vascular pedicle width predicts fluid repletion: a cross-sectional comparison with inferior vena cava ultrasound and lung comets[J]. *J Intensive Care*, 2015, 3:55. DOI:10.1186/s40560-015-0121-4.
- [26] Don C, Burns KD, Levine DZ. Body fluid status in hemodialysis patients: the value of the chest radiograph[J]. *Can Assoc Radiol J*, 1990, 41(3):123-126.
- [27] 冯冰, 张志良, 庄凌云, 等. 长期血透合并心衰患者血管蒂宽度变化的临床研究 [J]. *医师进修杂志*, 2005(S1): 131-132.
- [28] Gao N, Kwan BCH, Chow KM, et al. Longitudinal changes of cardiothoracic ratio and vascular pedicle width as predictors of volume status during one year in Chinese peritoneal dialysis patients[J]. *Kidney Blood Press Res*, 2009, 32(1): 45-50. DOI:10.1159/000203349.

(收稿日期: 2018-10-26)

(本文编辑: 郑辛甜)

超声测量下腔静脉的研究进展

刘莹 康健 李筠璐 任延波

大连医科大学附属第一医院急诊 ICU 116011

通信作者: 任延波, Email:r1994j@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.07.025

快速评估患者容量状态对于指导临床治疗非常重要, 准确判断机体的容量状态、容量反应性以及评估液体复苏后机体的反应贯穿于 MODS 患者液体管理的始终。床旁心脏超声可通过静态指标(心脏内径大小和流速快慢)和动态指标(下腔静脉变异度、经胸的左室流出道及主动脉流速)在液体复苏前评估机体的容量状态和容量反应性, 从而指导休克患者的液体复苏^[1-10]。目前我国急诊床旁超声已逐渐开展, 研究显示超声探测下腔静脉(inferior vena cava, IVC)直径对快速评估患者血容量状态及液体反应性有一定价值^[11-15]。

IVC 是人体最大的静脉^[16], 是由左右髂总静脉在腰 4~5

椎体的前方汇合而成, 沿脊柱右前方、腹主动脉右侧上升, 经肝腔静脉窝, 穿膈腔静脉孔进入胸腔到达右心房^[17], 借各属支收集下肢、盆腔、腹部的血液^[18]。下腔静脉血管壁薄、顺应性好, 为容量血管, IVC 直径并不受血容量骤减所带来的机体代偿性血管收缩的影响。在吸气时由于胸廓内压的下降, 导致下腔静脉回流至右心的血液增加, 下腔静脉管径随之减小; 而在呼气时由于胸廓的内压升高导致回流至右心的血量减少, 从而导致下腔静脉管径扩张。当患者有效循环血容量减少时, 下腔静脉管径会随之塌陷, 同时管径随呼吸运动的变化幅度会增加^[19-20]。因此下腔静脉内

径及其随呼吸运动的变异率可提供患者容量状态的信息,用于评估液体容量反应性^[21]。美国胸科医师协会/法国国家危重症医学会(ACCP/SRLF)定义了低血容量状态下快速评估心脏解剖和功能的五个标准视窗:胸骨旁长轴,胸骨旁短轴,心尖四腔,胸骨下及下腔静脉^[22]。Sefidbakht 等^[23]通过临床实例证明,利用床旁超声连续监测下腔静脉直径的变化是监测休克患者进行性失血和指导液体疗法的可靠指标。但目前下腔静脉变异度尚无金标准,所以不同的研究结果不同^[24-26],且在一些特殊状态下,通过下腔静脉超声判断容量状态的准确性受到影响^[11,24],主要因素有:测量技术及部位、心功能状态、胸腹腔内压增高等因素的影响。

1 超声纵切 IVC 测量方法

1.1 剑下测量法

下腔静脉内径常用的检查、测量部位是剑突下纵切面,心脏超声探头置于剑突下,将探头从上腹部位置移到剑下标准四腔心切面,首先看到的是右心室。探头向下并朝向脊柱旋转,方向标记指向患者头部,显示下腔静脉进入右心房,同时显示肝静脉汇入下腔静脉,选取距右心房入口 2 cm 处测量下腔静脉管径,于呼气末和吸气末冻结超声图像测量下腔静脉最大径(inferior vena cava, IVC_{max})、下腔静脉最小径(IVC_{min}),分别测量 3 次,取其平均数作为最后测量值^[27]。

Kircher 等^[28]认为,下腔静脉呼吸变异指数(shape change index, SCI)是反映右心房压力的敏感指标。在自主呼吸或机械通气过程中随着胸腔内压力的变化,IVC 回心阻力随之变化;当循环容量不足时,IVC 回心血流受到胸腔内压力变化影响越大,其呼吸变异度越明显。使用床旁超声探查 IVC_{max}、IVC_{min},并计算 SCI [SCI=(IVC_{max} - IVC_{min})/IVC_{max}]用来快速判断血容量^[12-13]。ASE(美国心超协会)的指南建议是用力吸气时,IVC 直径 ≤ 2.1 cm 并伴随呼吸变异率 >50%,对应于中心静脉压(CVP)值为 3 mmHg (0~5 mmHg) (1 mmHg=0.133 kPa); IVC 直径 >2.1 cm 伴随呼吸变异率 <50%,对应的 CVP 值为 15 mmHg (10~20 mmHg);如 IVC 直径 ≤ 2.1 cm 伴随呼吸变异率 <50%或 IVC 直径 >2.1 cm 伴随呼吸变异率 >50%,提示对应的 CVP 值可能为 8 mmHg (5~10 mmHg),此时应考虑采用其他指标来估测 CVP^[25]。另有研究建议平静呼吸时,IVC 直径 ≤ 2 cm 伴随呼吸变异率 >50%,对应于 CVP 值 ≤ 10 mmHg,可见于低血容量和分布性休克患者; IVC 直径 >2 cm 伴随呼吸变异率 <50%,对应的 CVP 值 >10 mmHg,可见于心源性和梗阻性休克患者^[2,19]。

1.2 右侧腋中线测量法

有些患者由于客观原因(如胸腹部切口、敷料、腹胀、引流、妊娠、患者不适等)无法进行剑下切面观测下腔静

脉,可于右侧腋中线经肝脏的冠状位切面测量。将探头置于腋中线,方向标志指向患者头部,倾斜探头,获得下腔静脉通过肝脏和膈肌的长轴切面,该切面适用于剑突下切面不能看见下腔静脉时^[29]。经肝纵切面观察下腔静脉,在肝静脉入下腔静脉开口处远端 0.5~1 cm 或下腔静脉入右心房开口处远端 2~3 cm 为观测点。于呼气末和吸气末冻结超声图像测量 IVC_{max}、IVC_{min},分别测量 3 次,取其平均数作为最后测量值。

既往的研究显示,剑突下和右侧腹腋中线的下腔静脉纵切面内径值并不能相互替代,只有当剑突下纵切面呼气末下腔静脉内径值 ≥ 2 cm 时两个部位的测量有相关性^[14],而下腔静脉横切面可能是比较理想的测量切面^[30]。

2 超声 IVC 横切面测量方法

患者平卧位,于剑突下纵切面观察下腔静脉,在下腔静脉入右心房开口处远端 2~3 cm 为观测点,或于右侧腋中线经肝纵切面找到下腔静脉,肝静脉入下腔静脉开口处远端 0.5~1 cm 观测下腔静脉内径,然后自上述部位旋转 90°保持与腹壁垂直,观察到腹主动脉横切面呈圆形时,测量横切面呼气末、吸气末下腔静脉长径及与之垂直的短径,通过下腔静脉长径与短径的比值,计算下腔静脉内径 SCI。

因为下腔静脉是容量性血管,静脉的形状与血管内的容量相关,当静脉容量充足时下腔静脉横切面形状是圆形或接近圆形,当低血容量状态时静脉横切面显示成椭圆形;如果容量极度缺乏,静脉壁相互贴成“等号状”。研究表明,超声显示下腔静脉在横切面不是圆形时,在剑突下及右腋中线纵切面测量存在显著差异,如果剑突下呼气末下腔静脉内径 ≥ 2 cm(下腔静脉横切面近似圆形)时,在剑突下及右腋中线纵切面测量的结果具有一致性;但在横切面,不论下腔静脉的形状是圆形或椭圆形,在横切面不同部位测量是一致的^[2]。北京协和医院刘大为教授研究组发现^[14,30],剑突下和右侧腹腋中线下腔静脉横切面,下腔静脉长径、短径及其 SCI 比较,差异无统计学意义,两个部位的横切面测量可以相互替代,研究结果显示,下腔静脉横切面的测量可能是比较理想的测量切面。

3 超声测量下腔静脉影响因素

由于下腔静脉超声图像易获得,测量重复性好,使得这项技术被临床广泛应用于对患者的容量评估,但患者及操作者的多种因素限制了 IVC 参数测量的准确性。

3.1 操作者因素影响

超声操作者的手法、经验对测量结果会有影响,如下腔静脉横切面如不垂直测量将产生误差。由于腹主动脉与下腔静脉的相对平行关系,故切面中腹主动脉呈圆形也基本判断切面与下腔静脉垂直;如果腹主动脉呈椭圆,则需调整角度

至腹主动脉呈圆形时观测 IVC。通过肝静脉及右心房开口以确保在同一位置测量下腔静脉,在纵切面找到测量位置然后旋转 90° 即可以保证与横切面的测量位置相同。

3.2 患者因素的影响

根据 Kathuria 等^[31]对正常血容量儿童 IVC 直径超声测量的研究,结果显示年龄和 IVC 直径之间显著正相关,但关于成人年龄因素对 IVC 的影响作用,有研究显示 IVC_{max} 与年龄呈负相关,与身高、体表面积呈正相关^[32];根据 Meltzer 等^[33]对美国州级深静脉滤器(inferior vena cava filter, IVCF)使用的地理差异、并评估其与临床因素、患者人口统计学和法医学环境的关联的研究显示,患者性别、种族、保险类型、医院规模或教学状况没有差异。

如果患者躁动、不能配合、不能保持标准体位或用力呼吸等因素都可影响测量结果,进而影响对病情的评估。当患者用力吸气时,膈肌下降,使胸腔内压降低,右心室扩张,回心血量增加导致了 IVC 的“塌陷”。从健康志愿者身上获得测量结果表明,呼吸越深,横膈运动幅度越大,下腔静脉塌陷率越明显,却与容量状态无关^[30,34]。提示表浅的呼吸可以降低 IVC 预测液体反应性的敏感度,而用力呼吸扩大 IVC 塌陷,这样降低了 IVC 预测液体反应性的特异度。

哮喘或 COPD 患者用力呼气时腹内压增高,使 IVC 变大,相反导致 IVC 呼气塌陷,同样干扰了 IVC 预测液体反应性的特异度^[34-35]。

3.3 呼吸机辅助通气的影响

ARDS 患者需要呼吸机吸气末正压(PEEP)辅助通气,使萎陷的小气道、肺泡扩张,提高肺顺应性,改善通气血流比例失调。但 PEEP 同时也增大气道内压,使胸内压、跨肺压增高,尤其是 PEEP 较高的时候,患者吸气是被动进气,胸腔压力升高致使右房压力增高,上腔静脉回心血量相对减少,下腔静脉压力升高,使得静脉内径变大,静脉回流量减少,这会导致评估下腔静脉与液体反应性之间关系的偏差。PEEP 越大,这种偏差越大^[36]。

3.4 心功能的影响

心力衰竭患者水钠潴留,血容量增多,使心脏前负荷显著增高,心脏静脉回流障碍、右房压升高、顺应性差、出现循环淤血和周围水肿,IVC 增宽、吸气塌陷减少,这种情况下 IVC 扩大与容量状态无关。

心脏压塞引起体循环淤血,由此致下腔静脉宽大、固定,但这并不等于没有液体反应性,不能反映容量状态^[34-35,37]。

3.5 其他因素的影响

腹腔间隔室综合征时腹腔压力增高向胸腔传递,膈肌抬高,呼吸道和肺血管阻力增加,下腔静脉受压导致回心

血流减少,此外,腹内压可压迫下腔静脉使之变形,影响 IVC 的液体反应性。下腔静脉血栓形成、静脉滤器植入、ECMO 通道建立等机械因素可能影响下腔静脉大小及其变异率,使应用下腔静脉评估液体反应性失效^[34]。而关于人种、右心负荷对下腔静脉的影响需进一步研究探讨。

总之超声测量下腔静脉直径及其变异度作为一种评估及监测危重患者血流动力学状态的手段非常简便^[38],但其测量是在患者的病理生理状态下进行(包括是否呼吸机辅助通气、机械通气模式、参数等),必须与其他的检查结果相结合,需要开展更多研究来探讨上述临床情况下评估液体反应性的准确性。

参 考 文 献

- [1] Clevert DA, Weckbach S, Kopp R, et al. Imaging of aortic lesions with color coded duplex sonography and contrast-enhanced ultrasound versus multislice computed tomography (MS-CT) angiography[J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2008, 40(4): 267-279. DOI:10.1007/978-3-540-39425-9_37.
- [2] Perera P, Mailhot T, Riley D, et al. The RUSH exam: rapid ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill[J]. Emerg Med Clin North Am, 2010, 28(1): 29-56. DOI:10.1016/j.emc.2009.09.010.
- [3] Breikreutz R, Price S, Steiger HV, et al. Focused echocardiographic evaluation in life support and peri-resuscitation of emergency patients: A prospective trial[J]. Resuscitation, 2010, 81(11): 1527-1533. DOI:10.1016/j.resuscitation.2010.07.013.
- [4] Kirkpatrick AW, Sirois M, Laupland KB, et al. Hand-held thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces: the Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma (EFAST)[J]. J Trauma, 2004, 57(2):288-295. DOI:10.1097/01.TA.0000133565.88871.E4.
- [5] Romero-Bermejo FJ, Ruiz-Bailen M, Guerrero-De-Mier M, et al. Echocardiographic hemodynamic monitoring in the critically ill patient[J]. Curr Cardiol Rev, 2011, 7(3):146-156. DOI:10.2174/157340311798220485.
- [6] Chew MS. Haemodynamic monitoring using echocardiography in the critically ill: a review[J]. Cardiol Res Pract, 2012, 2012:139537. DOI:10.1155/2012/139537.
- [7] McLean AS. Echocardiography in shock management[J]. Crit Care, 2016, 20: 275. DOI:10.1186/s13054-016-1401-7.
- [8] 林珮仪, 朱永城. 重视床旁超声在多器官功能衰竭中的应用[J]. 中华急诊医学杂志, 2015, 24(8):816-818. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.08.002.
- [9] 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, 2015, 24(2):208-210. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.02.023.
- [10] Wallace DJ, Allison M, Stone MB. Inferior vena cava percentage collapse during respiration is affected by the sampling location: an

- ultrasound study in healthy volunteers[J]. *Acad Emerg Med*, 2009, 17(1):96-99. DOI:10.1111/j.1553-2712.2009.00627.x.
- [11] 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]. *Ultras Med Bio*, 2014, 40(5):845-853. DOI:10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010.
- [12] Monnet X, Teboul JL. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances[J]. *Crit Care*, 2013, 17(2):1-7. DOI:10.1186/cc12526.
- [13] Ferrada P, Anand RJ, Whelan J, et al. Qualitative assessment of the inferior vena cava: useful tool for the evaluation of fluid status in critically ill patients[J]. *Am Surg*, 2012, 78(4):468-470.
- [14] 张青, 刘大为, 王小亭, 等. 超声观测不同部位下腔静脉内径及其变异度的研究 [J]. *中华内科杂志*, 2014, 53(11):880-883. DOI:10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2014.11.009.
- [15] Laher AE, Watermeyer MJ, Buchanan SK, et al. A review of hemodynamic monitoring techniques, methods and devices for the emergency physician[J]. *Am J Emerg Med*, 2017, 35(9):1335-1347. DOI:10.1016/j.ajem.2017.03.036.
- [16] 时利民. 经皮穿刺直接性门腔分流术的应用解剖及临床应用 [D]. 上海: 第二军医大学, 2007.
- [17] 王凤雄, 黄海辉. 国人下腔静脉的应用解剖学研究进展 [J]. *医学综述*, 2009, 15(3):407-409. DOI:10.3969/j.issn.1006-2084.2009.03.028.
- [18] 龚斌, 费军, 石尧, 等. 下腔静脉的应用解剖观察 [J]. *解剖学杂志*, 1990, 13(1):47-50.
- [19] 床旁超声在急危重症临床应用专家共识组. 床旁超声在急危重症临床应用的专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25(1):10-21. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.01.005.
- [20] Dipti A, Soucy Z, Surana A, et al. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis[J]. *Am J Emerg Med*, 2012, 30(8):1414-1419.e1. DOI:10.1016/j.ajem.2011.10.017.
- [21] 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 [J]. *临床急诊杂志*, 2016, 17(6): 466-469,473. DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2016.06.015.
- [22] Whitson MR, Mayo PH. Ultrasonography in the emergency department[J]. *Crit Care*, 2016, 20(1):227. DOI:10.1186/s13054-016-1399-x.
- [23] Sefidbakht S, Assadsangabi R, Abbasi HR, et al. Sonographic measurement of the inferior vena cava as a predictor of shock in trauma patients[J]. *Emerg Radiol*, 2007, 14(3):181-185. DOI:10.1007/s10140-007-0602-4.
- [24] Juhl-Olsen P, Vistisen ST, Christiansen LK, et al. Ultrasound of the inferior vena cava does not predict hemodynamic response to early hemorrhage[J]. *J Emerg Med*, 2013, 45(4):592-597. DOI:10.1016/j.jemermed.2013.03.044.
- [25] Muller L, Bobbia X, Toumi M, et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use[J]. *Crit Care*, 2012, 16(5):R188. DOI:10.1186/cc11672.
- [26] Sobczyk D, Nycz K, Andruszkiewicz P. Bedside ultrasonographic measurement of the inferior vena cava fails to predict fluid responsiveness in the first 6 hours after cardiac surgery: a prospective case series observational study[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesthesia*, 2015, 29(3):663-669. DOI:10.1053/j.jvca.2014.08.015.
- [27] 彭绵, 方伟强, 蔡举瑜, 等. 机械通气脓毒症休克患者下腔静脉管径 / 呼吸变异指数与中心静脉压的关系 [J]. *内科急危重症杂志*, 2015, 21(5):333-335. DOI:10.11768/nkjwzzzz20150505.
- [28] Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava[J]. *Am J Cardiol*, 1990, 66(4):493-496. DOI:10.1016/0002-9149(90)90711-9.
- [29] Berthold B. 超声实践: 腹部超声检查进阶指南 [M]// 陈文卫, 陈孝义, 译. 北京: 中国医药科技出版社, 2008.
- [30] 张青, 刘大为, 王小亭, 等. 超声观测不同部位下腔静脉内径形变指数的研究初探 [J]. *中华内科杂志*, 2015, 54(6):491-495. DOI:10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2015.06.004.
- [31] Kathuria N, Ng L, Saul T, et al. The baseline diameter of the inferior vena cava measured by sonography increases with age in normovolemic children[J]. *J Ultrasound Med*, 2015, 34(6):1091-1096. DOI:10.7863/ultra.34.6.1091.
- [32] 杨帆, 刘庆春, 陈巧珠. 超声测量健康人群下腔静脉内径与个体因素的相关性分析 [J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2016, 14(4):420-422. DOI:10.3969/j.issn.1672-0512.2016.04.016.
- [33] Meltzer AJ, Graham A, Kim JH, et al. Clinical, demographic, and medicolegal factors associated with geographic variation in inferior vena cava filter utilization: an interstate analysis[J]. *Surgery*, 2013, 153(5):683-688. DOI:10.1016/j.surg.2012.11.005.
- [34] Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(7):1164-1167. DOI:10.1007/s00134-016-4357-9.
- [35] Barbier C, Loubières Y, Schmit C, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9):1740-1746. DOI:10.1007/s00134-004-2259-8.
- [36] 孙响, 郑瑶, 余维丽, 等. 呼气末正压对超声测量下腔静脉直径及变异度的影响 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2015, 24(8): 872-877. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.08.014.
- [37] 房俊娜, 孙运波. 容量管理监测指标的研究进展 [J]. *中国危重病急救医学*, 2009, 21(10): 634-637. DOI:10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.10.026.
- [38] 王会娟, 贾彤, 李树铁, 等. 超声测量下腔静脉呼吸变异指数评估机械通气脓毒症休克患者容量反应性 [J]. *山西医科大学学报*, 2016, 47(6):551-555. DOI:10.13753/j.issn.1007-6611.2016.06.015.

(收稿日期: 2018-12-04)

(本文编辑: 郑辛甜)