无创评估容量反应性的临床应用进展

沈雨希 徐磊

【摘要】 容量评估与干预是围术期患者安全管理的一项重要因素,可以影响患者最终转归。无创评估容量反应性具有简便、快速、创伤小、患者更易配合等特点,是进行个体化液体治疗的基础,近些年临床应用广泛。本文从基于心肺交互作用的评估指标、基于容量负荷的评估方法两方面对常用的无创评估容量反应性的方法进行阐述,为临床应用提供参考。

【关键词】 容量反应性;无创;心肺交互作用;目标导向容量管理

Progress in clinical application of noninvasive methods for assessing fluid responsiveness SHEN

Yuxi, XU Lei. Department of Anesthesiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China

Corresponding author: XU Lei, Email: xuleimd@sina.com

【Abstract】 Volume assessment and intervention is an important factor in perioperative patient safety management, which affects the final outcome of patients. Non-invasive assessment of fluid responsiveness is simple, rapid, non-invasive, and easy for patients to cooperate, which is the basis of individualized fluid therapy. It has been widely used in clinical practice in recent years, but different monitoring indicators and methods both have strengths and weaknesses. In this paper, non-invasive assessment of fluid responsiveness will be described from the evaluation indexes based on cardiopulmonary interaction and the evaluation methods based on capacity load, which provides a reference for clinical application.

【Key words】 Fluid responsiveness; Non-invasive; Cardiopulmonary interaction; Goal-directed fluid therapy

对于有效循环血容量减少,尤其在休克、急性呼吸窘迫综合征的患者中,积极的液体复苏是首要措施,虽然低血容量会降低组织灌注从而产生不良预后,但过度补液也会导致充血性心力衰竭、肺水肿甚至多器官功能衰竭等并发症^[1]。因此,为临床上个体化制定容量治疗方案,需要评估患者容量反应性。

容量反应性的评估基于 Frank-Starling 定律,增加心脏前负荷,若心输出量明显增加,则容量反应性阳性;若心输出量增加较少,此时进行扩容疗效欠佳^[2]。肺动脉漂浮导管、脉搏指示连续心输出量(pulse indicator continuous cardiac output, PiCCO)因其可以获得精准的测量结果广泛用于评估容量反应性,但这些监测方法均为有创操作,并发症多。随着舒适化医疗、加速康复外科理念的提出,床旁超声及无创心排量监测等无创评估方法在临床

上得到运用。本文将对无创评估容量反应性的方法进行阐述,为临床提供参考。

基于心肺交互作用指标的无创监测

呼吸周期对心肺交互作用的影响较为复杂,处于镇静状态行机械通气的患者,吸气时胸腔内压升高,回流至右心的血流减少,右心前负荷降低,跨肺压升高,右心室射血阻力增加,前后负荷变化使右心输出量降低,且在吸气末最低。右心输出量的减少,经心肺传输后,左心室充盈量下降,左心室输出量降低,在呼气末最低^[3]。自主呼吸的患者吸气时胸内压降低,对心输出量的影响与机械通气时相反。因此,基于心肺交互理论,若左心室每搏输出量随呼吸运动变化幅度较大,提示增加有效循环血量可以提高每搏输出量,心率相对不变的情况下心输出量增加,此时对患者进行补液治疗效果较好。在测量来源于心肺交互作用的指标时,要注意机械通气参数(V_T 、PEEP 等)、开胸、肺功能、心律失常、心脏瓣膜疾病、腹腔压力等影响因素的干扰。

每搏量变异度和脉压变异度 每搏量变异度

DOI:10.12089/jca.2022.12.016

作者单位:210006 南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)麻醉科

通信作者:徐磊,Email: xuleimd@sina.com

(stroke volume variation, SVV) 和脉压变异度 (pulse pressure variation, PPV) 表示在 1 个呼吸周期内每搏量和脉压的变异,若变异度越大,提示患者存在容量反应性的可能越大。在行机械通气且 V_T 8~10 ml/kg、无心律失常的患者中,SVV 和 PPV 评估容量反应性较为可靠。有创操作获得的 SVV 和 PPV 结果较为精确,但价格昂贵、操作繁琐、并发症多,并不适用于所有患者。目前临床应用无创测量 SVV 和 PPV 的监测技术包括无创心排量监测 (non-invasive cardiac output monitoring, NICOM) 和连续无创动脉血压监测 (continuous non-invasive arterial pressure, CNAP)。NICOM 使用生物电阻抗技术,通过放置于体表的电极片将交流电流应用于胸腔,胸腔大动脉中的血流会导致测量的胸腔电压和应用的交流电之间产生相位移或时间延迟,连续测量这些相位移,可以获得 SVV 等参数。生物电阻抗技术不容易受到胸壁运动、肺水肿和胸腔积液的干扰,但测量结果会受到手术操作、电极片位置、其他设备信号干扰等影响。NICOM 常结合被动腿抬高试验评估容量反应性。Zhu 等^[4] 研究表明,在重症患者的血流动力学监测中,NICOM 与 PiCCO、经胸超声有良好的一致性,并采用 ROC 曲线分析 NICOM 结合被动腿抬高试验预测容量反应性的价值,其曲线下面积为 0.754,敏感性为 88.37%,特异性为 52.94%。因其测量方法简便,可重复性高,近些年提出 NICOM 在急诊抢救科室有良好应用前景,但其预测容量反应性的准确性,能否改善急诊患者预后仍需深入探索^[5]。CNAP 是一种基于血管卸载原理的血压连续记录新方法和装置,将红外传感器指套置于患者食指与中指,以上臂肱动脉袖带血压进行定标,将指套检测到的血容量脉动信号转换成连续的脉搏压力波形与即时的无创动脉血压^[6]。Flick 等^[7] 研究纳入 44 例行神经外科手术的患者,比较通过 CNAP 和有创动脉导管获得的 PPV,结果表明两者预测液体反应能力的一致性为 82%,在使用相同动脉血压波形分析 PPV 时,CNAP 算法比手动离线计算更可靠。患者术后应用 CNAP 连续监测更容易检测到低血压的发生,且低血压发生时往往不存在低血容量,有助于避免过度的液体治疗,改善预后^[8]。CNAP 监测虽然拥有无创、简便等优点,但其对血流动力学参数的测量仍不够全面,且测量的准确性会受到手指末梢灌注情况、测量部位运动等因素的影响。

脉搏灌注指数变异 脉搏灌注指数变异(perfu-

sion index variation, PVI) 通过光电容积脉搏波 (photoplethysmography, PPG) 处理获得,其监测原理是脉搏氧探头会接收到随心脏搏动,被检部位血容量改变而引起的光电信号强度的改变,将其放大呈现为电压信号。灌注指数 (perfusion index, PI) 是被检部位对红外光波动性吸收和持续性吸收的比值^[9]。PVI 是 PI 在一个呼吸周期内的变异度, $PVI = (PI_{max} - PI_{min}) / PI_{max} \times 100\%$, PVI 与 SVV、PPV 有良好的相关性,在不同容量状态下均可以用来评估容量反应性^[10]。PVI 的准确性和稳定性受到心肺交互作用与脉搏波信号相关因素影响。脉搏波信号主要受到血管收缩程度、测量部位灌注情况影响,如环境温度、外周血管病、使用血管活性药物等。Liu 等^[11] Meta 分析表明,当 PVI 应用于心脏术后、重症等非手术状态行机械通气的患者,其预测容量反应性的价值更可靠,曲线下面积为 0.86,敏感性为 85%,特异性为 80%。PVI 虽然可以瞬时、连续进行监测,但影响因素较多,且在不同条件下评估容量反应性的阈值存在差异,目前临床应用有限,因其测量所需设备方便易获得,可在有限的设备条件下为临床医师提供参考。

下腔静脉呼吸变异度 近年来,床旁超声由于其无创、便携、可重复测量、可获得实时数据等优点成为常用的诊断手段。超声测量下腔静脉呼吸变异度 (inferior vena cava respiratory variation, IVCV) 应用较广泛。多采用剑突下纵切面,患者取卧位,探头放置于剑突下,标记点指向头侧,标准图像应显示肝静脉入下腔静脉,下腔静脉汇入右心房,于距右心房入口 2~3 cm 处测量下腔静脉直径。在 1 个呼吸周期内测量其最大直径 (IVC_{max})、最小直径 (IVC_{min}), $IVCV = (IVC_{max} - IVC_{min}) / IVC_{max} \times 100\%$ 。当无法采用剑突下切面时,也可使用右侧腹腋中线横切面代替^[12]。下腔静脉呼吸变异度测量受到很多因素影响,如心功能、腹内高压、患者呼吸状态及呼吸机参数设置等,但可以应用于心律失常的患者。IVCV 主要反映右心的容量反应性,当患者左右心功能不匹配,如孤立性左心室收缩功能障碍时,仅使用 IVCV 评估容量反应性可能会导致不恰当的液体治疗,造成肺水肿等不良预后^[13]。Si 等^[14] Meta 分析表明,机械正压通气 $V_T \geq 8$ ml/kg、 $PEEP \leq 5$ cmH₂O, 时 IVCV 可以较准确地评估容量反应性,最佳阈值为 14%~18%,敏感性为 80%,特异性为 94%。在用于评估自主呼吸患者时,不同人群获得的结果存在较大差异性。Caplan 等^[15] 研究

表明,在下腔静脉与右心房连接处 4 cm 处测量,患者进行一个标准化短时间 (<5 s) 深吸气动作可以提高 IVCV 评估自主呼吸患者容量反应的准确性。对行小潮气量通气 ($V_T < 8$ ml/kg) 和自主呼吸的患者中使用 IVCV 评估容量反应性的准确性有待确定。

颈内静脉呼吸变异度 因颈内静脉与腔静脉相比更表浅,超声下更容易获得,因此颈内静脉呼吸变异度可能是替代腔静脉变异度的较好指标。测量时探头放置于环状软骨水平在吸气末测量颈内静脉前后径的最大值,在呼气末测量颈内静脉前后径的最小值,计算得颈内静脉的呼吸变异指数 (internal jugular vein variation respiration, IJVV) = (颈内静脉前后径的最大值 - 颈内静脉前后径的最小值) / 颈内静脉前后径的最小值 $\times 100\%$ 。应海峰等^[16]研究表明, IJVV 可以评估椎管内麻醉后容量的变化,为椎管内麻醉后液体管理,稳定患者血流动力学提供参考。Iizuka 等^[17]研究表明,在行压力支持通气时,测量右侧颈内静脉的呼吸变异度比测量下腔静脉、左侧颈内静脉更可靠,三者的曲线下面积分别为 0.88、0.57 和 0.57。IJVV 超声操作方法简单,但颈内静脉容易受压变形,不同体位及左右颈内静脉测量结果也存在差异,缺少明确的测量标准。

颈动脉峰流速变异度和颈动脉校正血流时间 颈动脉为主动脉的二级分支,且位置表浅,超声图像显示清晰。常采用甲状软骨下缘颈动脉长轴切面,在距颈动脉窦 1~2 cm 处使用脉冲多普勒测量。

颈动脉峰流速变异度 (respirophasic variation in carotid artery blood flow peak velocity, $\Delta V_{\text{peak-CA}}$) 是基于心肺相互作用指标,机械通气时每搏输出量会随呼吸周期发生变化,从而对颈动脉血流的峰值流速产生相应影响。记录 1 个呼吸周期内颈动脉峰值流速的最大值 ($V_{\text{peak-CA}_{\text{max}}}$) 和最小值 ($V_{\text{peak-CA}_{\text{min}}}$), $\Delta V_{\text{peak-CA}} = (V_{\text{peak-CA}_{\text{max}}} - V_{\text{peak-CA}_{\text{min}}}) / [(V_{\text{peak-CA}_{\text{max}}} + V_{\text{peak-CA}_{\text{min}}}) / 2] \times 100\%$ 。Yao 等^[18]对 9 项研究共 402 例患者的 Meta 分析表明, $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 评估容量反应性的曲线下面积为 0.93,敏感性为 85%,特异性为 86%,而外周动脉组的曲线下面积为 0.86,敏感性为 72%,特异性为 85%,两者均具有诊断价值,但颈动脉的预测价值更高。超声测量 $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 可替代主动脉峰流速变异用于预测患儿的容量反应性,为无创、快速评估患儿的液体反应性提供可靠方法。Kim 等^[19]纳入 30 例进

行心脏手术的婴儿,于补液试验前后测量主动脉峰流速变异度、 $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 、PPV、CVP,研究发现通过比较 ROC 曲线, $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 和主动脉峰流速变异对液体反应性的预测能力差异无统计学意义。基于心肺交互作用的监测指标易受到腹内压的影响,随着微创手术的广泛开展,术中气腹的建立常常会干扰临床医师对患者液体反应性的判断, $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 可以有效评估腹腔镜手术患者的容量反应性,敏感性 81.3%,特异性 91.3%,诊断阈值 17.85%^[20]。

临床多采用经食管超声监测降主动血流时间以反应心输出量,但经食管超声为有创操作,且不适用所有患者,因此 Blehar 等^[21]提出使用颈动脉血流时间替代。在不同心率条件下比较颈动脉血流时间,则需将心率校正为 60 次/分,即心动周期为 1s,从而获得颈动脉校正血流时间 (corrected flow time of carotid artery, FTc-CA), $\text{FTc-CA} = \text{ST} \sqrt{\text{CT}}$ (ST,心动周期中收缩期射血时间;CT,心动周期)。Barjaktarevic 等^[22]研究表明,在早期休克患者中被动腿抬高试验引起的 FTc-CA 变化可替代经 NICOM 测得的 SVV,且 FTc-CA 测量的有效性不受机械通气、呼吸频率、高呼气末正压影响。FTc-CA 测量受性别影响,男性高于女性,但不受呼吸周期影响, Kim 等^[23]研究表明,对于自主呼吸患者, FTc-CA 评估液体反应性的能力优于 $\Delta V_{\text{peak-CA}}$ 。FTc-CA 不同于其他基于心肺交互作用的指标,可用于评估术前、未行机械通气的重症患者的容量反应性。

基于容量负荷的评估方法

容量负荷试验 容量负荷试验是一种评估容量反应性的方法,当患者出现血压降低、心率加快、尿量减少、乳酸浓度升高等器官循环灌注不足的表现时,提示可以启动容量负荷试验。一般在有限时间内输入定量的晶体液或胶体液,测量心输出量相关性指标来判断患者的容量反应性。因液体的输注是不可逆的,为了避免重复进行该试验导致液体负荷过重,理想的容量负荷试验是输注尽可能少的液体,来判断患者是否存在容量反应性。目前能引起明显血流动力学变化的最小液体量为 4 ml/kg^[24]。目前临床多进行小剂量容量负荷试验,即在 1~2 min 内输注液体 50~100 ml 来观察患者的容量反应性。由于小剂量容量负荷试验引起心输出量的变化幅度较小,不适合使用超声心动图测量,临床上多采用 PiCCO、NICOM 或 Flow-Trac 实时连续监测心输出量的变化。容量负荷试验中不仅

需要考虑液体容量,输注液体时间及种类也值得深入研究。Joosten 等^[25]研究将 160 例行开腹手术患者随机分组,分别给予胶体液和晶体液,结果表明使用胶体液的患者术后并发症较少,但胶体液会增加急性肾损伤与凝血功能障碍的发生率,因此该结果并不适用于所有患者。目前容量负荷试验的操作缺乏统一标准,临床医师对其认识及应用水平仍需提高。

内源性容量负荷试验 进行容量负荷试验时,液体的输注是不可逆的,对于一些可能存在液体过负荷的患者,不能多次进行容量负荷试验。内源性容量负荷试验通过增加静脉回流,改变心脏前负荷的分布,同样可以达到快速补液的效果。与容量负荷试验比较,内源性容量负荷试验具有可逆、可重复、无需额外输注液体的优点,安全性较高,包括被动腿抬高试验和呼气阻断试验。

(1)被动腿抬高试验。被动腿抬高试验是改变患者体位,将下肢抬高 45°,增加回心血量 200~300 ml 来评估容量反应性的方法。被动腿抬高试验可逆、可重复、且不受自主呼吸和心律失常等因素影响,在临床中应用广泛,较为可靠。目前多采用被动腿抬高试验联合其他动态监测指标预测容量反应性。进行该试验时有几点需要注意^[26]:患者需从半卧位开始而非平卧位;试验过程中需实时监测心输出量的改变,部分患者心输出量最大变异产生于几秒之内,并在 1 min 之后迅速下降;在试验后也应进行相关指标监测,确保其恢复至基线状态;试验前可进行适度镇静,避免试验时患者紧张、不适造成的影响。被动腿抬高试验不能用于腹内高压、下肢静脉血栓、脑外伤及近期行腹部或骨盆手术的患者。被动腿抬高试验常用于评估休克危重症患者的液体反应性,但该试验的安全性及可行性没有得到充分的证实,Toppen 等^[27]对 79 例早期休克患者行被动腿抬高试验时,29%的患者在试验时感到不适,2 例患者因出现快速性心房颤动和体位性低氧血症而终止试验。虽没有进一步造成不良影响,但这也提醒临床医师在进行该试验时要严格把握其适应证与禁忌证,警惕不良事件的发生,做好应对准备。

(2)呼气阻断试验。呼气阻断试验通过在呼气相中断机械通气 15~30 s,观察心输出量的改变,如果心输出量增加大于 5%,则提示容量反应性较好。行机械正压通气的患者,每次正压通气都会升高胸内压力、减少回心血流。在呼气相中断机械通气,

可以使回血量及心脏前负荷短暂增加。Gavelli 等^[28]纳入 13 项研究共 530 例患者的 Meta 分析表明,呼气阻断试验预测容量反应性的曲线下面积为 0.91,敏感性为 85%,特异性为 88%,该试验引起心输出量增加的最佳阈值为 4.9%~5.3%。由于该试验阈值较小,在监测时也需采用实时、准确的手段,该试验的准确性会受到机械通气时设置的 V_T 及 PEEP 大小的影响^[28],目前呼气阻断试验在该方面的研究结果有待进一步研究。

小 结

目标导向容量管理是加速康复外科的重要组成部分,而评估容量反应性是目标导向容量管理的基础。随着医学的不断发展,评估容量反应性的方法更趋向无创、简便,临床应用更加广泛。目前研究多着重于重症、休克及术中患者容量反应性的无创评估,而术前禁饮禁食及术后出血等原因造成的潜在容量缺失也值得临床医师关注。容量反应性评估不仅基于 Frank-Starling 理论,还需结合生理指标、24 h 出入量以及肺超声等容量过负荷相关指标,这需要临床医师进行多个指标、多种方法的综合评估,从而个体化制定液体治疗方案。

参 考 文 献

- [1] Malbrain M, Van Regenmortel N, Saugel B, et al. Principles of fluid management and stewardship in septic shock: it is time to consider the four D's and the four phases of fluid therapy. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 66.
- [2] 何怀武, 隆云. 容量状态与容量反应性. *中国医刊*, 2016, 51(7): 13-16.
- [3] Michard F, Teboul JL. Using heart-lung interactions to assess fluid responsiveness during mechanical ventilation. *Crit Care*, 2000, 4(5): 282-289.
- [4] Zhu G, Zhang K, Fu Y, et al. Accuracy assessment of noninvasive cardiac output monitoring in the hemodynamic monitoring in critically ill patients. *Ann Palliat Med*, 2020, 9(5): 3506-3512.
- [5] McGregor D, Sharma S, Gupta S, et al. Emergency department non-invasive cardiac output study (EDNICO): a feasibility and repeatability study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2019, 27(1): 30.
- [6] Fortin J, Marte W, Grullenberger R, et al. Continuous non-invasive blood pressure monitoring using concentrically interlocking control loops. *Comput Biol Med*, 2006, 36(9): 941-957.
- [7] Flick M, Hoppe P, Matin Mehr J, et al. Non-invasive measurement of pulse pressure variation using a finger-cuff method (CNAP system): a validation study in patients having neurosurgery. *J Clin Monit Comput*, 2021, 25: 1-8.
- [8] King CE, Kermode A, Saxena G, et al. Postoperative continuous

- non-invasive cardiac output monitoring on the ward: a feasibility study. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(6): 1349-1356.
- [9] Kamal AA, Harness JB, Irving G, et al. Skin photoplethysmography—a review. *Comput Methods Programs Biomed*, 1989, 28(4): 257-269.
- [10] 朱建华, 嵇富海, 彭科, 等. 脉搏灌注变异指数在不同容量状态下预测容量反应的效果. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(1): 26-29.
- [11] Liu T, Xu C, Wang M, et al. Reliability of pleth variability index in predicting preload responsiveness of mechanically ventilated patients under various conditions: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 67.
- [12] 中国重症超声研究组(CCUSG), 张青, 刘大为, 等. 超声观测不同部位下腔静脉内径形变指数的研究初探. *中华内科杂志*, 2015, 54(6): 491-495.
- [13] Zhang H, Zhang Q, Chen X, et al. Respiratory variations of inferior vena cava fail to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients with isolated left ventricular dysfunction. *Ann Intensive Care*, 2019, 9(1): 113.
- [14] Si X, Xu H, Liu Z, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg*, 2018, 127(5): 1157-1164.
- [15] Caplan M, Durand A, Bortolotti P, et al. Measurement site of inferior vena cava diameter affects the accuracy with which fluid responsiveness can be predicted in spontaneously breathing patients: a post hoc analysis of two prospective cohorts. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 168.
- [16] 应海峰, 王明仓, 曹东航, 等. 颈内静脉内径呼吸变异度和血流速度在椎管内麻醉后容量预测中的价值. *临床麻醉学杂志*, 2020, 36(5): 445-448.
- [17] Iizuka Y, Nomura T, Sanui M, et al. Collapsibility of the right internal jugular vein predicts responsiveness to fluid administration in patients receiving pressure support ventilation: a prospective cohort study. *J Clin Med Res*, 2020, 12(3): 150-156.
- [18] Yao B, Liu JY, Sun YB. Respiratory variation in peripheral arterial blood flow peak velocity to predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiol*, 2018, 18(1): 168.
- [19] Kim EH, Lee JH, Song IK, et al. Respiratory variation of internal carotid artery blood flow peak velocity measured by transfontanelle ultrasound to predict fluid responsiveness in infants: a prospective observational study. *Anesthesiology*, 2019, 130(5): 719-727.
- [20] 王晓颖, 张扬, 高巨, 等. 颈动脉峰值流速变异率评估腹腔镜手术患者容量反应性的价值. *临床麻醉学杂志*, 2018, 34(2): 109-113.
- [21] 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.
- [22] Barjaktarevic I, Toppen WE, Hu S, et al. Ultrasound assessment of the change in carotid corrected flow time in fluid responsiveness in undifferentiated shock. *Crit Care Med*, 2018, 46(11): e1040-e1046.
- [23] Kim DH, Shin S, Kim N, et al. Carotid ultrasound measurements for assessing fluid responsiveness in spontaneously breathing patients: corrected flow time and respirophasic variation in blood flow peak velocity. *Br J Anaesth*, 2018, 121(3): 541-549.
- [24] Aya HD, Rhodes A, Chis Ster I, et al. Hemodynamic effect of different doses of fluids for a fluid challenge: a quasi-randomized controlled study. *Crit Care Med*, 2017, 45(2): e161-e168.
- [25] Joosten A, Delaporte A, Ickx B, et al. Crystalloid versus colloid for intraoperative goal-directed fluid therapy using a closed-loop system: a randomized, double-blinded, controlled trial in major abdominal surgery. *Anesthesiology*, 2018, 128(1): 55-66.
- [26] Monnet X, Teboul JL. Passive leg raising: five rules, not a drop of fluid! *Crit Care*, 2015, 19(1): 18.
- [27] Toppen W, Aquije Montoya E, Ong S, et al. Passive leg raise: feasibility and safety of the maneuver in patients with undifferentiated shock. *J Intensive Care Med*, 2020, 35(10): 1123-1128.
- [28] Gavelli F, Shi R, Teboul JL, et al. The end-expiratory occlusion test for detecting preload responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 65.

(收稿日期:2021-10-28)