

## · 专家共识 ·

## 生物电阻抗法无创血流动力学监测在急危重症应用的急诊专家共识

中华医学会急诊医学分会 北京医学教育协会急诊医学专科分会

通信作者: 赵斌, Email: zhaobin60@aliyun.com; 张国强, Email: zhangchong2003@

vip.sina.com; 谢苗荣, Email: xiemiao27@126.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.09.004

血流动力学监测是急危重症患者监护的重要手段之一, 有助于临床医生快速、准确地判断病情、调整治疗方案。肺动脉导管技术 (pulmonary artery catheter, PAC) 是血流动力学监测的金标准<sup>[1]</sup>, 但操作复杂、并发症多等特点使 PAC 无法常规应用于急诊患者。随着技术的不断发展, 越来越多的无创血流动力学监测技术开始应用于临床<sup>[1-2]</sup> (表 1), 尤其超声心输出量监测 (ultrasonic cardiac output monitor, USCOM) 已经在危重症患者中得到广泛应用, 但 USCOM 受到操作者经验、技术的影响, 难以持续监测<sup>[3]</sup>。生物电阻抗法无创血流动力学监测具有无创、简便、快速、

可持续监测的优点<sup>[4-5]</sup>, 但目前基于生物电阻抗法无创血流动力学监测在急诊患者中的应用尚无统一的标准, 特此在系统中检索国内外文献, 包括 Pubmed、Medline、Embase、Springer、Interscience Wiley 及 CNKI 数据库、万方数据库、维普数据库中自 2000 年来发表的相关文献, 列出具体问题并设计专家函询表, 邀请全国急诊领域专家, 进行两轮德尔菲专家函询和三轮专家论证会议, 对各个条目进行调整、修改和完善特此制定此专家共识, 以期能为急诊医师提供临床指导。

表 1 无创血流动力学监测技术

方法	原理	优点	缺点
USCOM	应用连续多普勒超声波技术测量主动脉或肺动脉的射血速度, 乘以其管腔截面积, 计算出 SV 等指标	快速、便捷、无创、安全; 可实时监测左心、右心功能	受到操作者经验、技术的影响, 难以持续监测 <sup>[3]</sup>
TEE	通过放置在食管内的超声探头探测降主动脉的直径、血流速度, 实时估算降主动脉内的血容量。基于血液在升主动脉及降主动脉连续分布的假说, 根据降主动脉内的血流速度估算 CO	避免肺内气体、胸壁遮挡, 信噪比提高、图像清晰, 获取更多心脏解剖学信息	受到操作者经验、技术的影响, 难以持续监测; 先天性或获得性的上消化道疾病, 如活动性上消化道出血、食管梗阻或狭窄、食管占位性病变以及食管-胃底静脉曲张、凝血障碍、纵膈放疗史、颈椎疾病与损伤等情况时应用受限
生物电阻抗法	血流量变化引起胸部阻抗, 电抗发生变化, 生物电抗法原理: 相位移; 胸阻抗法原理: 欧姆定律	快速、便捷、无创、安全, 可连续、实时监测 CO	生物电抗法: 不适用于右心系统的监测, 起搏器植入、胸部大血管解剖学异常、重度瓣膜病患者不适用 <sup>[6]</sup> ; 胸阻抗法: 容易受到外界干扰, 影响检测结果, 任何影响电极片位置的因素, 如呼吸、躯体移动、肥胖等, 都可能会影响电压/电流波幅度, 从而影响检测结果 <sup>[7]</sup>
PWA	将无创传感器置于手指上 (指套法、血管卸载技术、容量钳法) 或置于桡动脉上 (自动桡动脉压平面压力测定), 对获得的动脉压力波形特征进行分析估算出 SV、CO	快速、便捷、无创、安全, 可连续、实时监测 CO	需要最佳的动脉压波形信号, 严重外周水肿、低体温、心律失常、休克、血管严重收缩和应用大剂量血管活性药物时影响 PWA 测量
esCCO	假设脉搏波通过时间与 SV 成反比	可连续、实时监测 CO	同上
NICO	受检者重复吸入上次呼出的部分气体 (100~200 mL), 假设混合静脉血二氧化碳浓度保持不变。通过呼气末二氧化碳分压和二氧化碳解离曲线间接推算动脉血二氧化碳含量, 通过血氧饱和度、吸入氧浓度计算肺内分流, 最终计算得到 CO	连续、无创, 可监测呼吸功能参数	仅适用于机械通气患者; 不能监测心脏前负荷; 影响混合静脉血二氧化碳分压、死腔潮气量和肺内分流的情况影响测量结果; 不能用于不能耐受二氧化碳分压轻度升高的患者

注: USCOM 为连续多普勒心输出量监测, TEE 为经食道超声心动图, PWA 为脉搏波分析法, esCCO 为脉搏波传导时间, NICO 为二氧化碳重复吸入法, SV 为每搏输出量, CO 为心输出量

## 1 生物电阻抗法无创血流动力学监测的应用

生物电阻抗法无创血流动力学监测通过粘贴的 4 组电极片连接无创血流动力学监测仪, 应用对机体没有机械损害的方法获得心率、血压、心功能指标 [ 心输出量 (cardiac output, CO)、心脏指数、每搏输出量 (stroke volume, SV)、每搏指数 (stroke volume index, SVI)、心脏功率、心脏功率指数]、心脏前负荷指标 [ 胸腔液体水平 (thoracic fluid content, TFC) ]、心脏后负荷指标 [ 总外周血管阻力 (total peripheral resistance, TPR)、总外周血管阻力指数] 和心肌收缩力指标 (包括加速度指数、速度指数、收缩时间比率、射血前期、左室射血时间)。目前主要有生物电抗法和胸阻抗法两种技术 (详见附件)。

生物电阻抗法无创血流动力学监测可实时监测 CO<sup>[8-9]</sup>, 且结果具有很好的可重复性<sup>[10]</sup>, 与有创 CO 监测技术测得的 CO 有良好的相关性<sup>[5, 11-14]</sup> (表 2), 但也有研究显示生物电阻抗法无创血流动力学监测仪测得的 CO 准确度和精确度不够, 不能代表真正的 CO<sup>[15]</sup>。目前生物电阻抗法无创血流动力学监测不能取代有创血流动力学监测<sup>[1, 16]</sup>, 推荐用于监测 CO 变化趋势。

**推荐意见 1:** 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于监测 CO 变化趋势。

## 2 生物电阻抗法无创血流动力学监测的影响因素

生物电阻抗法无创血流动力学监测是以主动脉内周期性变化的血流为基础, 通过物理学公式计算得出 SV、CO 等血流动力学参数。生物电抗法中  $SV=f(dx/dt \times LVET, Weight, Height, Age)$ , 胸阻抗法中  $SV=\rho \times L^2/Z_0^2 \times (dZ/dt)_{max} \times LVET$  (注: SV 为每搏输出量, dx/dt 为电抗变化率, LVET 为左室射血时间, Weight, Height, Age 为基于人群数据测得的校正参数,  $\rho$  为血液的阻抗, L 为内侧电极距离,  $Z_0$  为基线阻抗, dZ/dt 为阻抗变化率), 故影响主动脉内血流量、血流速度的因素都会影响 SV 检测结果。此外, 胸阻抗法中假定骨骼、

脂肪、肌肉等组织的阻抗值固定不变, 以胸部阻抗变化率来计算 SV, 所有导致上述组织阻抗值变化的因素如胸壁水肿等都会影响 SV 的检测结果; 胸阻抗法中 SV 计算公式中 L 为内侧电极的距离, 电极片粘贴位置也会影响 SV 计算结果, 必须将电极片按照要求放置在正确的部位 (颈部电极片沿耳垂正下方的颈部两侧垂直放置, 胸部电极片沿腋中线与剑突成直线垂直放置, 电极片必须成 180° 两两相对)。严格遵守操作流程是保证准确获得数据的重要前提。

当患者存在严重主动脉瓣关闭不全<sup>[17]</sup>、严重三尖瓣关闭不全、严重胸部大动脉解剖结构异常、严重的动脉导管未闭等解剖分流<sup>[18]</sup>, 或患者处于明显的干扰状态时 (如躁动、呛咳、寒战、肢体抖动)、腹腔高压、起搏器植入术后等情况<sup>[19-20]</sup>, 会影响测量结果的准确性, 上述情况下不宜进行生物电阻抗法无创血流动力学监测。

**推荐意见 2:** 患者存在严重的解剖学分流、明显的干扰状态 (如躁动、呛咳、寒战、肢体抖动)、腹腔高压、起搏器植入术后等情况, 会影响测量结果的准确性, 上述患者不宜应用生物电阻抗法无创血流动力学监测。

## 3 生物电阻抗法无创血流动力学监测在急危重症患者容量管理中的应用

容量管理是重症患者治疗的重要内容之一, 容量超负荷或容量不足均对患者不利。液体治疗方案因患者病情不同而异, 血流动力学监测有助于指导个体化的液体治疗<sup>[21]</sup>, 改善重症患者的预后<sup>[22-23]</sup>。

### 3.1 容量状态评估

容量状态评估是重症患者液体治疗的基础<sup>[24]</sup>。生物电阻抗法无创血流动力学监测指标中 TFC 可用于患者的容量状态评估。

TFC 是指胸腔内 (包括血管内、肺泡内和组织间隙内) 的液体容量, 正常范围为男性 30~50k $\Omega$ , 女性 21~37k $\Omega$ 。对于同一患者来说, TFC 下降提示胸部液体总量减少, 液体量减少越多, TFC 值下降越多<sup>[25-26]</sup>; 而 TFC 显著升高需要考出

表 2 生物电阻抗法无创血流动力学监测和有创血流动力学监测的比较

对比技术	研究对象	试验类型	研究结果、结论
PAC-TD	110 例心脏手术后患者 <sup>[5]</sup>	单中心、前瞻性	无创血流动力学监测技术可准确检测血流动力学干预后的 CO 变化, 敏感度为 93%, 特异度为 93%
	111 例 ICU 患者 <sup>[11]</sup>	多中心、前瞻性	两种技术测得的 CO 具有良好的相关性 ( $r=0.78, P<0.001$ )
PiCCO	50 例肺动脉高压患者 <sup>[12]</sup>	单中心、前瞻性	两种技术测得的 CO 具有良好的相关性 ( $r=0.60, P<0.001$ )
	29 例心脏手术后患者 <sup>[13]</sup>	单中心、前瞻性	两种技术测得的 CO 具有良好的相关性 ( $r=0.77$ )
	20 例心脏手术后患者 <sup>[14]</sup>	单中心、前瞻性	无创血流动力学监测技术可准确监测 CO, 且不受呼气末正压的影响
FloTrac/Vigileo	29 例心脏手术后患者 <sup>[13]</sup>	单中心、前瞻性	以 PAC 测得的 CO 作为基准, FloTrac/Vigileo 和生物电抗法无创血流动力学监测两种技术的检测能力类似

注: CO 为心输出量, PAC-TD 为肺动脉导管热稀释法, PiCCO 为脉搏指示连续心输出量测定, FloTrac/Vigileo 为动脉波形分析血流动力学监测

现胸腔积液、肺水肿和(或)循环容量增多<sup>[27-29]</sup>。无胸腔积液时, TFC 可用于定性评估心脏前负荷和肺水肿程度<sup>[27-28]</sup>, TFC 联合 SV 可用于初步评估患者的容量状态。低 TFC、低 SV 考虑存在有效血容量不足, 可予以补液; 高 TFC、低 SV 时, 考虑心功能不全或血容量相对过多, 可予以正性肌力药物、扩血管药物进行治疗; 高 TFC、高 SV 时, 考虑存在容量负荷过重, 可利尿治疗, 见表 3。

和中心静脉压一样<sup>[30]</sup>, 推荐动态监测 TFC、SV 的变化趋势以判断容量状态。补液后 TFC 变化不大, 而 SV 显著升高, 提示容量不足; TFC 显著升高, 提示肺水肿和(或)胸腔积液。

除 TFC 外, 还可以通过监测体位变化时 CO 变化趋势来判断容量状态, 如有研究显示补液后由平卧位转为半坐位 CO 升高, 联合被动抬腿试验 (passive leg raising, PLR) 后 CO 下降可用于判断容量超负荷<sup>[31]</sup>。

**推荐意见 3:** 推荐通过 TFC 和 SV 的变化趋势来判断患者的容量状态, 补液后 TFC 变化不大, 而 SV 显著升高, 提示容量不足; TFC 显著升高, 提示肺水肿和(或)胸腔积液。

### 3.2 容量反应性评估

液体复苏的目的是通过调整血管内容量、增加 CO 以改善组织灌注。研究表明血流动力学不稳定的患者中只有大约 50% 对液体治疗有反应性<sup>[32]</sup>, 所以每次进行液体复苏

**表 3** TFC 联合 SV 评估容量状态 (无胸腔积液时)

TFC	SV	原因	处理
低	低	容量不足	补液
高	低	心功能不全或容量相对过多	正性肌力药物、扩血管药物等
正常	低	心功能不全或容量不足	容量反应性评估
高	高	容量过多	适当利尿

注: TFC 为胸腔液体水平, SV 为每搏输出量

前应进行容量反应性评估。

#### 3.2.1 容量反应性评估方法

推荐应用动态指标来评估容量反应性<sup>[24, 33-34]</sup>, 包括容量负荷试验、PLR 和基于心肺交互理论的脉压变异度 (pulse pressure variation, PPV)、每搏量变异度 (stroke volume variation, SVV)、潮气量试验 (tidal volume challenge, TVC) 等多种方法, 见表 4。

#### 3.2.2 容量负荷试验

容量负荷试验中, 生物电阻抗法无创血流动力学监测  $\Delta$ SVI 增加  $\geq 10\%$  则认为患者存在容量反应性<sup>[35-36]</sup>。

无容量反应性的患者有液体不耐受、容量超负荷的风险, 以及容量负荷试验的操作流程缺乏统一标准, 影响了容量负荷试验的临床应用<sup>[37]</sup>。容量负荷试验中容量反应性评估的结果与输液速度、输液种类、输液量及评估时间相关<sup>[35]</sup>。进行容量负荷试验时输液速度越快, 需要的液体量越小, 晶胶体的差别就越小。

#### 3.2.3 PLR

PLR 可用于判断容量反应性<sup>[33, 38]</sup>。PLR 是内源性容量负荷试验, 多项研究表明, 生物电阻抗法无创血流动力学监测下进行 PLR 能准确评估重症患者容量反应性<sup>[8, 39-40]</sup>。Galarza 等<sup>[8]</sup>对 32 名危重患者分别应用脉搏指示连续心输出量测定 (pulse indicator continuous cardiac output, PiCCO) 和生物电阻抗法无创血流动力学监测 PLR 过程中的 CO 变化, 发现 2 种方法均可用于判断患者的容量反应性 ( $r=0.59, P<0.001$ ), 两者具有等效性。

PLR 后患者  $\Delta$ SVI ( $\Delta$ CO) 增加  $\geq 10\%$  为容量反应性阳性<sup>[38, 40]</sup>。Marik 等<sup>[40]</sup>对脓毒症患者应用生物电阻抗法无创血流动力学监测联合 PLR 测量  $\Delta$ SVI, 以  $\Delta$ SVI 增

**表 4** 容量反应性评估方法

方法	原理	优点	缺点	判断标准	诊断阈值	证据等级 <sup>a</sup>
容量负荷试验	在 30 min 内输入 500~1000 mL 晶体液或 300~500mL 胶体液	简单易行	容量无反应性的患者可能会出现液体超负荷表现	CO 增加	$\geq 10\%$	++++
迷你补液试验	1 min 内输注 100 mL 液体	简单易行	液体的量可能不足以引起前负荷的变化, 导致假阴性	CO 增加	$\geq 5\%$	++
PLR	抬高下肢时在重力作用下, 静脉回流增加, 通过将下半身大约 300 mL 的血液, 回流至右心室, 从而增加了心脏前负荷	可逆、可重复、且不受自主呼吸和心律失常等因素影响	时效短暂, 颇高血压者不适宜	CO 增加	$\geq 10\%$	++++
PPV	机械通气中脉压的变化	基于心肺交互作用的容量反应性评估方法, 不需要输液	自主呼吸、心律失常、右心室衰竭可导致假阳性, 小潮气量、低肺顺应性、高呼吸频率可导致假阴性	PPV	$\geq 13\%$	++++
SVV	机械通气呼吸周期中 SV 的变化	同 PPV	同 PPV	SVV	$\geq 13\%$	+++
EEO	呼气末中断机械通气 15 s, 可以使回心血量及心脏前负荷短暂增加	同 PPV	试验的准确性受到机械通气时设置的潮气量及呼气末正压大小的影响	CO 增加	$\geq 5\%$	++
IVC	容量不足时静脉随呼吸规律扩张塌陷幅度更大	应用超声检测, 不需要监测 CO	同 PPV (除心律失常外)	下腔静脉变异度	$\geq 12\%$	+

注: PLR 为被动抬腿试验, PPV 为脉压变异度, SVV 为每搏变异度, EEO 为呼气末阻断试验, IVC 为下腔静脉吸气塌陷率, SV 为每搏输出量; <sup>a</sup> 为结合正面研究 (证实可靠性) 和负面研究 (否定可靠性) 的数量

加  $\geq 10\%$  作为阈值来判断容量反应性, 其敏感度可达到 94%, 特异度可达到 100%。PLR 后  $\Delta SVI$  ( $\Delta CO$ ) 增加  $< 10\%$  为无容量反应性, 此时应停止补液。

**推荐意见 4:** 以容量负荷试验、PLR 后患者  $\Delta SVI$  ( $\Delta CO$ ) 增加  $\geq 10\%$  为阈值判断有容量反应性, 如  $\Delta SVI$  ( $\Delta CO$ ) 增加  $< 10\%$ , 则无容量反应性。

### 3.2.4 PPV、SVV、TVC

PPV 和 SVV 以心肺相互作用为基础, 以  $\geq 13\%$  为阈值可用于评估患者是否有容量反应性, 但不能用于存在假阳性(自主呼吸、心律失常、右心室衰竭)和假阴性(小潮气量、低肺顺应性、高呼吸频率)的多种情况<sup>[41]</sup>, 限制了 PPV、SVV 在急诊科的应用。

为了克服 PPV、SVV 的一些局限性, 有研究提出 TVC, 即将潮气量从 6 mL/kg 增加到 8 mL/kg 持续 1 min,  $\Delta PPV \geq 3.5\%$  或  $\Delta SVV \geq 2.5\%$  可用于容量反应性评估<sup>[42]</sup>, 指导液体治疗<sup>[43]</sup>。(1)对于  $PPV \geq 13\%$  的患者, 如不存在右心功能不全和腹高压, 考虑存在容量反应性; 如不能确定患者是否存在右心功能不全或腹高压, 则进行 PLR, PLR 后 PPV 下降考虑存在容量反应性, PPV 不改变考虑无容量反应性;(2)  $9\% < PPV < 13\%$  的患者, 进一步行 TVC 明确是否存在容量反应性;(3)  $PPV < 9\%$  的患者, 如潮气量  $> 8$  mL/kg 且肺部顺应性  $> 30$  mL/cmH<sub>2</sub>O (1 cmH<sub>2</sub>O=0.098 kPa), 则无容量反应性; 如潮气量  $\leq 8$  mL/kg 且肺部顺应性  $\leq 30$  mL/cmH<sub>2</sub>O, 进一步行 TVC 明确<sup>[42]</sup>。

**推荐意见 5:** 无自主呼吸、无心律失常的机械通气患者可通过 PPV、SVV 和 TVC 评估容量反应性。

此外, 还有很多其他的方法可用于评估容量反应性, 如呼气末阻断试验<sup>[9, 44]</sup>、下腔静脉吸气塌陷率<sup>[45-46]</sup>、PEEP 激发试验<sup>[47]</sup>和叹息通气法等<sup>[48]</sup>。每种方法各有优势和局限性, 具体选择哪一种方法进行容量反应性评估, 应根据患者实际情况及临床可操作性进行综合判断, 不存在某种方法或某项指标优于其他方法或指标。

## 3.3 生物电阻抗法无创血流动力学监测指导液体复苏

液体复苏是指患者存在组织低灌注时, 为提高 CO、改善组织灌注而进行的液体治疗<sup>[49]</sup>。正向液体复苏是指增加容量, 反向液体复苏是指减少容量。需要注意的是, 容量反应性阳性仅提示患者能够耐受补液治疗, 但并非容量反应性阳性就必须进行液体复苏。一方面患者没有循环衰竭, 没有增加 SV、CO 的需求, 就不需要液体复苏; 另一方面, 补液治疗过程中还需要时刻关注患者的液体耐受性<sup>[50]</sup>, 避免出现容量超负荷。

### 3.3.1 正向液体复苏

和使用限制性、开放性的液体治疗方案相比, 根据患者

的容量状态和容量反应性进行个体化液体治疗, 即可对低灌注的患者予以积极的液体复苏<sup>[51]</sup>, 同时也避免了容量超负荷<sup>[52]</sup>。应用生物电阻抗法无创血流动力学监测指导液体治疗有助于改善患者预后<sup>[53-54]</sup>。Douglas 等<sup>[54]</sup>在 13 家医院进行的一项前瞻性、多中心、随机临床研究发现, 对脓毒性低血压/休克患者应用生物电阻抗法无创血流动力学监测联合 PLR 评估容量反应性来指导液体治疗, 可以减少输血量、减少肾脏替代治疗(5.1% vs. 17.5%)和机械通气治疗(17.7% vs. 34.1%)的概率, 缩短 ICU 住院时间, 改善患者预后。

开始液体复苏前需要设定治疗目标, 如平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)  $\geq 65$  mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)、心脏指数  $> 2.5$  L/(min·m<sup>2</sup>)、中心静脉血氧饱和度  $\geq 70\%$ 、静-动脉二氧化碳分压差  $< 6$  mmHg、静-动脉二氧化碳分压差/动-静脉氧含量差  $< 1.4$  等<sup>[33, 55-57]</sup>, 并根据机体的反应对治疗目标进行调整。随着液体的输入, 血管内容量逐渐增多, 患者发生肺水肿的风险增加<sup>[58]</sup>, 动态容量反应性评估有助于减少输血量<sup>[59]</sup>, 减少患者死亡率、机械通气时间和 ICU 住院时间<sup>[60]</sup>。在液体治疗过程中, 应该动态监测 CO、TFC 等参数的变化以调整治疗方案。对于急危重症患者的液体治疗方案推荐见图 1。

循环容量恢复并不总是伴随着微循环及组织灌注改善, 所以需要结合 CO、MAP 等血流动力学指标和微循环灌注的指标(皮肤花斑、毛细血管再充盈时间、乳酸、混合静脉血氧饱和度等)综合进行评估<sup>[61]</sup>。

**推荐意见 6:** 重症患者同时存在容量不足和容量反应性, 予以正向液体复苏; 补液过程中需要动态监测 CO、TFC 的变化以调整治疗方案。

### 3.3.2 反向液体复苏

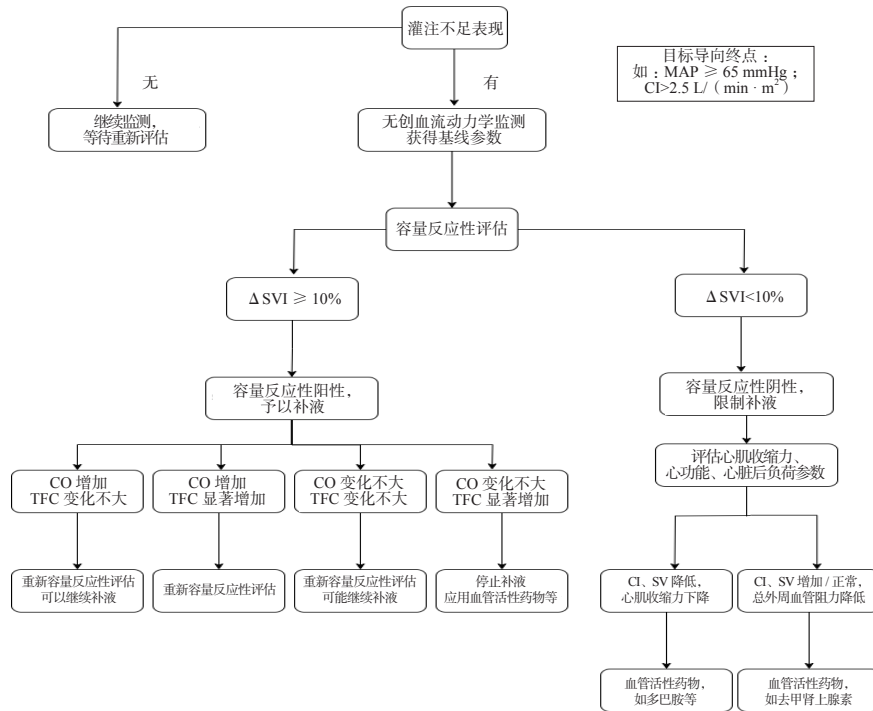
容量超负荷的患者死亡率增加<sup>[62]</sup>, 此时可通过应用利尿剂、白蛋白、超滤等多种方式进行反向液体复苏<sup>[63]</sup>。反向液体复苏的风险是血管内容量减少过多导致血流动力学不稳定。无容量反应性的患者上述风险很小<sup>[64]</sup>, 而容量反应性阳性的患者反向液体复苏后多出现 CO 降低<sup>[64-65]</sup>。推荐对容量超负荷的患者进行容量反应性评估, 如无容量反应性可进行反向液体复苏<sup>[63]</sup>。

**推荐意见 7:** 对容量超负荷的患者进行容量反应性评估, 如无容量反应性可进行反向液体复苏。

## 4 生物电阻抗法无创血流动力学监测在常见急危重症患者中的应用

### 4.1 在急性休克患者中的应用

休克的诊断标准包括:(1)具有组织低灌注的临床征象;(2)高乳酸血症, 血乳酸  $> 1.5$  mmol/L;(3)全身动脉压降低。



MAP 为平均动脉压, SVI 为每搏指数, CO 为心输出量, IFC 为胸腔液体水平, CI 为心脏指数, SV 为每搏输出量

图 1 应用生物电阻抗法无创血流动力学监测指导液体复苏方案

其中低血压不是诊断休克的必要条件。根据导致病因不同, 休克可分为分布性休克、低血容量性休克、心源性休克和梗阻性休克 4 类<sup>[66]</sup>。

面对休克患者, 急诊医师常面临需要扩容补液还是应用血管活性药物的选择。快速而准确的鉴别休克类型, 能为尽快去除病因、选择针对性监测与治疗方案提供有力帮助, 有利于降低患者病死率、减少医疗支出<sup>[24]</sup>。对于大多数休克患者来说, 根据病史和临床状态即可确定休克的类型, 但是对于病情复杂的患者, 临床检查不能明确诊断休克类型时, 推荐进行超声心动图检查和血流动力学评估<sup>[67]</sup>。

通过生物电阻抗法无创血流动力学监测可以快速判断“高排低阻型”、“低排高阻型”休克<sup>[68]</sup>, 见表 5、图 2。

不同类型的休克在早期阶段可以表现为具有各自代表性的血流动力学特征, 但休克类型可以重叠、转化, 在诊治过程中, 需要进行连续监测, 进行动态评估。当休克患者血流动力学特征发生改变时, 一定要及时、动态调整治疗方案。

**推荐意见 8:** 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于鉴别休克类型。

#### 4.2 在急性呼吸困难患者中的应用

急性呼吸困难是急诊常见症状, 急性心衰和呼吸系统疾病都可以引起急性呼吸困难, 快速明确诊断有利于患者的预后。

生物电阻抗法无创血流动力学监测发现急性心衰患者的 CO、SV、心脏指数、SVI、加速度指数水平显著低于

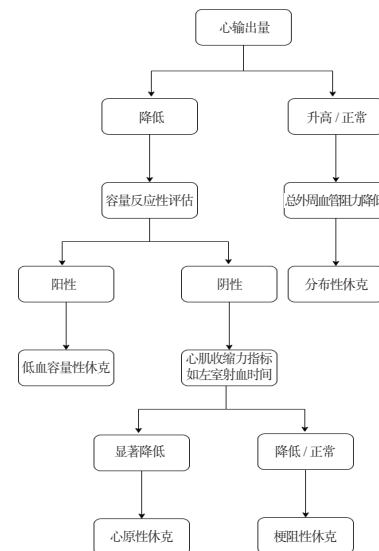


图 2 应用生物电阻抗法无创血流动力学监测判断休克类型

表 5 各型休克的生物电阻抗法无创血流动力学监测参数变化

	HR	MAP	CO	SV	STR	TPR	TFC
分布性休克							
脓毒性休克	↑	↓	- / ↑	- / ↑	-	↓	-
过敏性休克	↑	↓	- / ↑	- / ↑	-	↓↓	- / ↓
低血容量性休克	↑	↓	- / ↓	↓	- / ↓	↑	↓
心源性休克	↑	↓	↓	↓	↑↑	- / ↑	- / ↑
梗阻性休克	↑	↓	↓	↓	↑ / -	- / ↑	-

注: HR 为心率, MAP 为平均动脉压, CO 为心输出量, SV 为每搏输出量, STR 为收缩时间比率, TPR 为总外周血管阻力, TFC 为胸腔液体水平

非心源性呼吸困难患者,而 TFC、射血前期、收缩时间比率和外周血管阻力显著升高<sup>[69-70]</sup>,提示心衰患者心功能下降的本质,心肌收缩力下降导致 CO 和 SV 下降、射血前期延长,体循环阻力代偿性升高。TFC 可用于评估心脏前负荷和肺水肿,研究表明 TFC 值和 B 型利钠肽(B-type natriuretic peptide, BNP)、N 末端 B 型利钠肽原(N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP)水平相关<sup>[71-72]</sup>,TFC 值升高有助于早期发现心衰患者的肺水肿状态<sup>[73]</sup>,有研究表明 TFC>78.8/kΩ 诊断心衰的敏感度为 76%,特异度为 71%<sup>[74]</sup>。生物电阻抗法无创血流动力学监测具有快速、不受患者肾功能或肥胖等因素的影响,与 BNP、NT-proBNP 相比明显缩短了急性心衰患者在急诊诊断所需的时间<sup>[74]</sup>,而两者联合可进一步提高急性心衰诊断敏感性<sup>[75]</sup>。

**推荐意见 9:** 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于急性呼吸困难的鉴别诊断,联合 BNP 有助于急性心衰的快速诊断。

综上所述,生物电阻抗法无创血流动力学监测(表 6)具有无创、简便、快捷、可连续动态监测等优点,适用于动态监测趋势变化,可用于容量状态评估、容量反应性评估、指导液体治疗以及急性休克类型、急性呼吸困难的鉴别诊断,是急诊医师对急危重症患者进行诊治的重要工具。

**执笔人:** 付燕(首都医科大学附属北京积水潭医院)

**专家共识组成员(以姓氏汉语拼音排序):** 柴艳芬(天津医科大学总医院)、陈旭锋(江苏省人民医院)、丁宁(首都医科大学附属北京同仁医院)、董士民(河北医科大学第三医院)、付燕(首都医科大学附属北京积水潭医院)、郭

伟(首都医科大学附属北京天坛医院)、蒋龙元(中山大学孙逸仙纪念医院)、康健(大连医科大学附属第一医院)、李春盛(首都医科大学附属北京友谊医院)、李燕(山西医科大学第二医院)、吕传柱(四川省医学科学院·四川省人民医院)、马磊(宁夏医科大学总医院)、马青变(北京大学第三医院)、米玉红(首都医科大学附属北京安贞医院)、缪国斌(应急总医院)、裴红红(西安交通大学第二附属医院)、秦历杰(河南省人民医院)、商德亚(山东省立医院)、史晓朋(河南省人民医院)、田英平(河北医科大学第二医院)、王国兴(首都医科大学附属北京友谊医院)、王军(南京大学医学院附属鼓楼医院)、翁以炳(首都医科大学附属北京潞河医院)、谢苗荣(首都医科大学附属北京友谊医院)、徐玢(首都医科大学附属北京天坛医院)、徐峰(山东大学齐鲁医院)、徐峰(苏州大学附属第一医院)、徐善祥(浙江大学医学院附属第二医院)、詹红(中山大学附属第一医院)、张国强(中日友好医院)、张茂(浙江大学医学院附属第二医院)、赵斌(首都医科大学附属北京积水潭医院)、郑亚安(北京大学第三医院)、朱华栋(北京协和医院)

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

本文附件请登录中华急诊网([www.cem.org.cn](http://www.cem.org.cn))浏览(Html 格式全文)

#### 参 考 文 献

- [1] Arya VK, Al-Moustadi W, Dutta V. Cardiac output monitoring—noninvasive and noninvasive[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2022, 28(3): 340-347. DOI: 10.1097/mcc.0000000000000937.

表 6 共识推荐意见汇总

临床问题	推荐意见
问题 1: 生物电阻抗法无创血流动力学监测的应用	推荐意见 1: 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于监测 CO 变化趋势。
问题 2: 生物电阻抗法无创血流动力学监测的影响因素?	推荐意见 2: 患者存在严重的解剖学分流、明显的干扰状态(如躁动、呛咳、寒战、肢体抖动)、腹腔高压、起搏器植入术后等情况,会影响测量结果的准确性,上述患者不宜应用生物电阻抗法无创血流动力学监测。
问题 3: 生物电阻抗法无创血流动力学监测怎么评估患者的容量状态?	推荐意见 3: 推荐通过 TFC 和 SV 的变化趋势来判断患者的容量状态,补液后 TFC 变化不大,而 SV 显著升高,提示容量不足;TFC 显著升高,提示肺水肿和(或)胸腔积液。
问题 4: 生物电阻抗法无创血流动力学监测怎么评估患者的容量反应性?	推荐意见 4: 以容量负荷试验、PLR 后患者 $\Delta SVI$ ( $\Delta CO$ ) 增加 $\geq 10\%$ 为阈值判断有容量反应性,如 $\Delta SVI$ ( $\Delta CO$ ) 增加 $< 10\%$ , 则无容量反应性。 推荐意见 5: 无自主呼吸、无心律失常的机械通气患者可通过 PPV、SVV 和 TVC 评估容量反应性。
问题 5: 生物电阻抗法无创血流动力学监测怎么指导液体复苏?	推荐意见 6: 重症患者同时存在容量不足和容量反应性,予以正向液体复苏;补液过程中需要动态监测 CO、TFC 的变化以调整治疗方案。 推荐意见 7: 对容量超负荷的患者进行容量反应性评估,如无容量反应性可进行反向液体复苏。
问题 6: 生物电阻抗法无创血流动力学监测在常见急危重症患者中的应用?	推荐意见 8: 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于鉴别休克类型。 推荐意见 9: 生物电阻抗法无创血流动力学监测可用于急性呼吸困难的鉴别诊断,联合 BNP 有助于急性心衰的快速诊断。

注: TFC 为胸腔液体水平, CO 为心输出量, SV 为每搏输出量, SVI 为每搏指数, PPV 为脉压变异度, SVV 为每搏变异度, TVC 为潮气量试验, BNP 为 B 型利钠肽

- [2] Ruste M, Jacquet-Lagrèze M, Fellahi JL. Advantages and limitations of noninvasive devices for cardiac output monitoring: a literature review[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2023, 29(3): 259-267. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001045.
- [3] Koratala A, Kazory A. Point of care ultrasonography for objective assessment of heart failure: integration of cardiac, vascular, and extravascular determinants of volume status[J]. *Cardiorenal Med*, 2021, 11(1): 5-17. DOI: 10.1159/000510732.
- [4] McGregor D, Sharma S, Gupta S, et al. Emergency department non-invasive cardiac output study (EDNICO): a feasibility and repeatability study[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2019, 27(1): 30. DOI: 10.1186/s13049-019-0586-6.
- [5] Squara P, Denjean D, Estagnasie P, et al. Noninvasive cardiac output monitoring (NICOM): a clinical validation[J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33(7): 1191-1194. DOI: 10.1007/s00134-007-0640-0.
- [6] Keren, Burkhoff D, Squara P. Evaluation of a noninvasive continuous cardiac output monitoring system based on thoracic bioreactance[J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2007, 293(1): H583-H589. DOI: 10.1152/ajpheart.00195.2007.
- [7] Moshkovitz Y, Kaluski E, Milo O, et al. Recent developments in cardiac output determination by bioimpedance: comparison with invasive cardiac output and potential cardiovascular applications[J]. *Curr Opin Cardiol*, 2004, 19(3): 229-237. DOI: 10.1097/00001573-200405000-00008.
- [8] Galarza L, Mercado P, Teboul JL, et al. Estimating the rapid haemodynamic effects of passive leg raising in critically ill patients using bioreactance[J]. *Br J Anaesth*, 2018, 121(3): 567-573. DOI: 10.1016/j.bja.2018.03.013.
- [9] Gavelli F, Beurton A, Teboul JL, et al. Bioreactance reliably detects preload responsiveness by the end-expiratory occlusion test when averaging and refresh times are shortened[J]. *Ann Intensive Care*, 2021, 11(1): 133. DOI: 10.1186/s13613-021-00920-7.
- [10] Jones TW, Houghton D, Cassidy S, et al. Bioreactance is a reliable method for estimating cardiac output at rest and during exercise[J]. *Br J Anaesth*, 2015, 115(3): 386-391. DOI: 10.1093/bja/aeu560.
- [11] Raval NY, Squara P, Cleman M, et al. Multicenter evaluation of noninvasive cardiac output measurement by bioreactance technique[J]. *J Clin Monit Comput*, 2008, 22(2): 113-119. DOI: 10.1007/s10877-008-9112-5.
- [12] Rich JD, Archer SL, Rich S. Noninvasive cardiac output measurements in patients with pulmonary hypertension[J]. *Eur Respir J*, 2013, 42(1): 125-133. DOI: 10.1183/09031936.00102212.
- [13] Marqué S, Cariou A, Chiche JD, et al. Comparison between FloTrac-Vigileo and Bioreactance, a totally noninvasive method for cardiac output monitoring[J]. *Crit Care*, 2009, 13(3): R73. DOI: 10.1186/cc7884.
- [14] Squara P, Rotcajg D, Denjean D, et al. Comparison of monitoring performance of Bioreactance vs. pulse contour during lung recruitment maneuvers[J]. *Crit Care*, 2009, 13(4): R125. DOI: 10.1186/cc7981.
- [15] Rali AS, Buechler T, van Gotten B, et al. Non-invasive cardiac output monitoring in cardiogenic shock: the NICOM study[J]. *J Card Fail*, 2020, 26(2): 160-165. DOI: 10.1016/j.cardfail.2019.11.015.
- [16] Joosten A, Desebbe O, Suehiro K, et al. Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring devices in perioperative medicine: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Anaesth*, 2017, 118(3): 298-310. DOI: 10.1093/bja/aew461.
- [17] Blohm ME, Obrecht D, Hartwich J, et al. Impedance cardiography (electrical velocimetry) and transthoracic echocardiography for non-invasive cardiac output monitoring in pediatric intensive care patients: a prospective single-center observational study[J]. *Crit Care*, 2014, 18(6): 603. DOI: 10.1186/s13054-014-0603-0.
- [18] Norozi K, Beck C, Osthaus WA, et al. Electrical velocimetry for measuring cardiac output in children with congenital heart disease[J]. *Br J Anaesth*, 2008, 100(1): 88-94. DOI: 10.1093/bja/aem320.
- [19] Saugel B, Cecconi M, Wagner JY, et al. Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine[J]. *Br J Anaesth*, 2015, 114(4): 562-575. DOI: 10.1093/bja/aeu447.
- [20] Hsu KH, Wu TW, Wang YC, et al. Hemodynamic reference for neonates of different age and weight: a pilot study with electrical cardiometry[J]. *J Perinatol*, 2016, 36(6): 481-485. DOI: 10.1038/jp.2016.2.
- [21] de Backer D, Aissaoui N, Cecconi M, et al. How can assessing hemodynamics help to assess volume status?[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(10): 1482-1494. DOI: 10.1007/s00134-022-06808-9.
- [22] Vincent JL. Fluid management in the critically ill[J]. *Kidney Int*, 2019, 96(1): 52-57. DOI: 10.1016/j.kint.2018.11.047.
- [23] Vincent JL, Singer M, Einav S, et al. Equilibrating SSC guidelines with individualized care[J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 397. DOI: 10.1186/s13054-021-03813-0.
- [24] Kashani K, Omer T, Shaw AD. The intensivist's perspective of shock, volume management, and hemodynamic monitoring[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2022, 17(5): 706-716. DOI: 10.2215/CJN.14191021.
- [25] Kossari N, Hufnagel G, Squara P. Bioreactance: a new tool for cardiac output and thoracic fluid content monitoring during hemodialysis[J]. *Hemodial Int*, 2009, 13(4): 512-517. DOI: 10.1111/j.1542-4758.2009.00386.x.
- [26] Yoon TG, Jang K, Oh CS, et al. The correlation between the change in thoracic fluid content and the change in patient body weight in fontan procedure[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 3635708. DOI: 10.1155/2018/3635708.
- [27] Martini S, Gatelli IF, Vitelli O, et al. Prediction of respiratory distress

- severity and bronchopulmonary dysplasia by lung ultrasounds and transthoracic electrical bioimpedance[J]. *Eur J Pediatr*, 2023, 182(3): 1039-1047. DOI: 10.1007/s00431-022-04764-6.
- [28] Fathy S, Hasanin AM, Raafat M, et al. Thoracic fluid content: a novel parameter for predicting failed weaning from mechanical ventilation[J]. *J Intensive Care*, 2020, 8: 20. DOI: 10.1186/s40560-020-00439-2.
- [29] Hammad Y, Hasanin A, Elsakka A, et al. Thoracic fluid content: a novel parameter for detection of pulmonary edema in parturients with preeclampsia[J]. *J Clin Monit Comput*, 2019, 33(3): 413-418. DOI: 10.1007/s10877-018-0176-6.
- [30] 中国医师协会急诊医师分会, 中国医师协会急诊医师分会循环与血流动力学学组, 中华医学会急诊医学分会, 等. 中心静脉压急诊临床应用中国专家共识(2020)[J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(6): 757-764. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.06.004.
- [31] 张龙, 王陆豪, 罗伟雄, 等. 床头抬高联合被动抬腿时心排量改变对重症患者容量过负荷的评估价值[J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29(8): 711-715. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.08.008.
- [32] Bentzer P, Griesdale DE, Boyd J, et al. Will this hemodynamically unstable patient respond to a bolus of intravenous fluids?[J]. *JAMA*, 2016, 316(12): 1298-1309. DOI: 10.1001/jama.2016.12310.
- [33] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021[J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(11): 1181-1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y.
- [34] Perel A. Using dynamic variables to guide perioperative fluid management[J]. *Anesthesiology*, 2020, 133(4): 929-935. DOI: 10.1097/ALN.0000000000003408.
- [35] Toscani L, Aya HD, Antonakaki D, et al. What is the impact of the fluid challenge technique on diagnosis of fluid responsiveness? A systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1): 207. DOI: 10.1186/s13054-017-1796-9.
- [36] Cheung H, Dong Q, Dong R, et al. Correlation of cardiac output measured by non-invasive continuous cardiac output monitoring (NICOM) and thermodilution in patients undergoing off-pump coronary artery bypass surgery[J]. *J Anesth*, 2015, 29(3): 416-420. DOI: 10.1007/s00540-014-1938-z.
- [37] Cecconi M, Hofer C, Teboul JL, et al. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: a global inception cohort study[J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41(9): 1529-1537. DOI: 10.1007/s00134-015-3850-x.
- [38] Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12): 1935-1947. DOI: 10.1007/s00134-015-4134-1.
- [39] 童洪杰, 胡才宝, 郝雪景, 等. 无创心排监测技术引导被动抬腿试验对老年脓毒症患者液体反应性的预测价值[J]. *中华内科杂志*, 2015, 54(2): 130-133. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2015.02.010.
- [40] Marik PE, Levitov A, Young A, et al. The use of bioimpedance and carotid Doppler to determine volume responsiveness and blood flow redistribution following passive leg raising in hemodynamically unstable patients[J]. *Chest*, 2013, 143(2): 364-370. DOI: 10.1378/chest.12-1274.
- [41] Teboul JL, Monnet X, Chemla D, et al. Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(1): 22-31. DOI: 10.1164/rccm.201801-0088CI.
- [42] Myatra SN, Prabu NR, Divatia JV, et al. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a "tidal volume challenge" reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation[J]. *Crit Care Med*, 2017, 45(3): 415-421. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002183.
- [43] Messina A, Montagnini C, Cammarota G, et al. Assessment of fluid responsiveness in prone neurosurgical patients undergoing protective ventilation: role of dynamic indices, tidal volume challenge, and end-expiratory occlusion test[J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(3): 752-761. DOI: 10.1213/ane.0000000000004494.
- [44] Gavelli F, Shi R, Teboul JL, et al. The end-expiratory occlusion test for detecting preload responsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 65. DOI: 10.1186/s13613-020-00682-8.
- [45] Das SK, Choupoo NS, Pradhan D, et al. Diagnostic accuracy of inferior vena caval respiratory variation in detecting fluid unresponsiveness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, 35(11): 831-839. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000841.
- [46] Vieillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A, et al. Superior vena caval collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients[J]. *Intensive Care Med*, 2004, 30(9): 1734-1739. DOI: 10.1007/s00134-004-2361-y.
- [47] De Broca B, Garnier J, Fischer MO, et al. Stroke volume changes induced by a recruitment maneuver predict fluid responsiveness in patients with protective ventilation in the operating theater[J]. *Medicine*, 2016, 95(28): e4259. DOI: 10.1097/MD.0000000000004259.
- [48] Messina A, Colombo D, Barra FL, et al. Sigh maneuver to enhance assessment of fluid responsiveness during pressure support ventilation[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 31. DOI: 10.1186/s13054-018-2294-4.
- [49] Raghunathan K, Murray PT, Beattie WS, et al. Choice of fluid in

- acute illness: what should be given? An international consensus[J]. *Br J Anaesth*, 2014, 113(5): 772-783. DOI: 10.1093/bja/aeu301.
- [50] Kattan E, Castro R, Miralles-Aguilar F, et al. The emerging concept of fluid tolerance: a position paper[J]. *J Crit Care*, 2022, 71: 154070. DOI: 10.1016/j.jcrc.2022.154070.
- [51] Hou PC, Filbin MR, Napoli A, et al. Cardiac output monitoring managing intravenous therapy (COMMIT) to treat emergency department patients with sepsis[J]. *Shock*, 2016, 46(2): 132-138. DOI: 10.1097/SHK.0000000000000564.
- [52] Hong A, Villano N, Toppen W, et al. Shock management without formal fluid responsiveness assessment: a retrospective analysis of fluid responsiveness and its outcomes[J]. *J Acute Med*, 2021, 11(4): 129-140. DOI: 10.6705/j.jacme.202112\_11(4).0002.
- [53] Latham HE, Bengtson CD, Satterwhite L, et al. Stroke volume guided resuscitation in severe sepsis and septic shock improves outcomes[J]. *J Crit Care*, 2017, 42: 42-46. DOI: 10.1016/j.jcrc.2017.06.028.
- [54] Douglas IS, Alapat PM, Corl KA, et al. Fluid response evaluation in sepsis hypotension and shock: a randomized clinical trial[J]. *Chest*, 2020, 158(4): 1431-1445. DOI: 10.1016/j.chest.2020.04.025.
- [55] Monnet X, Teboul JL. My patient has received fluid. How to assess its efficacy and side effects?[J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 1-7. DOI: 10.1186/s13613-018-0400-z.
- [56] Monnet X, Lai C, Teboul JL. How I personalize fluid therapy in septic shock?[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 123. DOI: 10.1186/s13054-023-04363-3.
- [57] Gavelli F, Teboul JL, Monnet X. How can CO<sub>2</sub>-derived indices guide resuscitation in critically ill patients?[J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(suppl 11): S1528-S1537. DOI: 10.21037/jtd.2019.07.10.
- [58] Marik PE, Desai H. Goal directed fluid therapy. *Curr Pharm Des*, 2012, 18(38): 6215-6224. DOI: 10.2174/138161212803832399
- [59] Chen C, Kollef MH. Targeted fluid minimization following initial resuscitation in septic shock[J]. *Chest*, 2015, 148(6): 1462-1469. DOI: 10.1378/chest.15-1525.
- [60] Bednarczyk JM, Fridfinnson JA, Kumar A, et al. Incorporating dynamic assessment of fluid responsiveness into goal-directed therapy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care Med*, 2017, 45(9): 1538-1545. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002554.
- [61] Zampieri FG, Bagshaw SM, Semler MW. Fluid therapy for critically ill adults with Sepsis: a review[J]. *JAMA*, 2023, 329(22): 1967-1980. DOI: 10.1001/jama.2023.7560.
- [62] Cleymaet R, Scheinok TJ, Maes H, et al. Prognostic value of bioelectrical impedance analysis for assessment of fluid overload in ICU patients: a pilot study[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2021, 53(1): 10-17. DOI: 10.5114/ait.2021.103526.
- [63] Malbrain MLNG, Martin G, Ostermann M. Everything You need to know about deresuscitation[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(12): 1781-1786. DOI: 10.1007/s00134-022-06761-7.
- [64] Monnet X, Cipriani F, Camous L, et al. The passive leg raising test to guide fluid removal in critically ill patients[J]. *Ann Intensive Care*, 2016, 6(1): 46. DOI: 10.1186/s13613-016-0149-1.
- [65] Huang DZ, Ma H, Ma J, et al. A novel supplemental maneuver to predict fluid responsiveness in critically ill patients: blood pump-out test performed before renal replacement therapy[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(12): 786. DOI: 10.21037/atm.2020.04.56.
- [66] Vincent J, De Backer D. Circulatory shock[J]. *N Engl J Med*, 2013, 369(18): 1726-1734. DOI: 10.1056/NEJMra1208943
- [67] 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.
- [68] 郁莉莉, 邹晗, 钱何布, 等. 生物电阻抗技术用于休克类型快速鉴别的临床价值 [J]. *中国急救医学*, 2021, 41(12): 1035-1039. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2021.12.005.
- [69] Vorwerk C, Jeyanithi H, Coats TJ. Thoracic electrical bioimpedance: a tool to determine cardiac versus non-cardiac causes of acute dyspnoea in the emergency department[J]. *Emerg Med J*, 2010, 27(5): 359-363. DOI: 10.1136/emj.2009.073437.
- [70] 郭美姿, 王春. 无创血流动力学和脑钠肽检测在老年呼吸困难鉴别诊断中的意义 [J]. *中华老年多器官疾病杂志*, 2010, 9(5): 461-462. DOI: 10.3969/j.issn.1671-5403.2010.05.022.
- [71] McAteer A, Hravnak M, Chang YF, et al. The relationships between BNP and neurocardiac injury severity, noninvasive cardiac output, and outcomes after aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Biol Res Nurs*, 2017, 19(5): 531-537. DOI: 10.1177/1099800417711584.
- [72] Täger T, Wiedergruen AK, Fröhlich H, et al. Hemodynamic determinants of the biologic variation of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in patients with stable systolic chronic heart failure[J]. *J Card Fail*, 2017, 23(12): 835-842. DOI: 10.1016/j.cardfail.2017.07.404.
- [73] Peacock WF, Summers RL, Vogel J, et al. Impact of impedance cardiography on diagnosis and therapy of emergent dyspnea: the ED-IMPACT trial[J]. *Acad Emerg Med*, 2006, 13(4): 365-371. DOI: 10.1197/j.aem.2005.11.078.
- [74] García X, Simon P, Guyette FX, et al. Noninvasive assessment of acute dyspnea in the ED[J]. *Chest*, 2013, 144(2): 610-615. DOI: 10.1378/chest.12-1676.
- [75] 潘建光, 李红艳, 王新航, 等. 氨基末端 B 型钠尿肽前体与生物电阻抗测定胸腔液体含量对呼吸困难患者病因诊断的临床研究 [J]. *创伤与急诊电子杂志*, 2018, 6(2): 63-68. DOI: 10.16746/j.cnki.11-9332/r.2018.02.003.

(收稿日期: 2023-08-09)

(本文编辑: 何小军)