

· 综述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2026.02.034

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20251030.1100.003\(2025-10-30\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20251030.1100.003(2025-10-30))

脓毒性休克液体去复苏治疗的研究进展*

冯卫婷¹ 向淑麟^{2,3△}

(1. 右江民族医学院研究生学院, 广西百色 533000; 2. 广西医学科学院传染病与急危重症救治研究所/广西壮族自治区人民医院重症医学科, 南宁 530021; 3. 广西重大传染性疾病预防救治临床医学研究中心, 南宁 530021)

[摘要] 脓毒性休克(SS)是ICU最常见的疾病之一,容量管理是脓毒性休克等危重症患者的核心环节。“ROSE”方案提出后,液体去复苏逐渐深入人心;液体积累对多器官功能均有负面影响,液体去复苏也越来越受到重视。近年来研究重点逐步从“如何快速补液”转向“如何精准复苏并减少液体积累风险”。该文系统回顾了液体去复苏的实施策略及证据,探讨了其应用价值与研究进展。

[关键词] 脓毒性休克;液体去复苏;液体管理;容量反应性

[中图分类号] R631.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2026)02-0441-05

Research progress on fluid resuscitation therapy for septic shock*

FENG Weiting¹, XIAING Shulin^{2,3△}

(1. Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise, Guangxi 533000, China; 2. Research Center of Communicable and Severe Diseases, Guangxi Academy of Medical Sciences/Department of Intensive Care Unit, The People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530021, China; 3. Guangxi Clinical Research Center Construction Project for Critical Treatment of Major Communicable Diseases, Nanning, Guangxi 530021, China)

[Abstract] Septic shock (SS) is one of the most common diseases in intensive care unit (ICU), in which volume management is the core and important link for critically ill patients with SS, and the proposal of “ROSE” program has made fluid deresuscitation more and more popular. After the proposal of “ROSE” program, fluid deresuscitation has gradually gained popularity, and studies have shown that fluid accumulation has negative impacts on multiple organ functions, so fluid deresuscitation has received more and more attention, and in recent years, the focus of its research has gradually shifted from “how to quickly replenish fluids” to “how to accurately resuscitate and reduce the risk of fluid accumulation”. In this article, we systematically reviewed the implementation strategies and evidence-based evidence of fluid deresuscitation, and discuss the value of its application and research progress.

[Key words] septic shock; fluid deresuscitation; fluid management; volume responsiveness

脓毒性休克(septic shock, SS)患者初始阶段液体复苏通过快速大量补液纠正低血压和组织缺氧,拯救脓毒症运动(surviving sepsis campaign, SSC)中液体复苏的量一直以来备受争议。1994年有学者提出,创伤患者采用限制性液体输注可提高生存率^[1]。此后,限制性液体策略在SS治疗中进一步推广。临床研究人员分别于2015、2016年提出液体管理的“4个D”^[2]和“ROSE”模型^[3],让更多人认识到液体复苏的重要性,进而开始探讨液体复苏治疗。两者均源于对过度液体治疗的反思,反映了危重症医学从“越多越好”向

“精准平衡”模式的转变。

1 SS液体管理模式的转变

1.1 SS的液体复苏及限制性复苏

SSC推荐SS发生后3h内输注至少30 mL/kg的复苏液体^[4],但达到初始液体复苏目标后的液体管理策略目前尚无强推荐证据。学者针对复苏后的液体管理展开探讨,发现限制性液体复苏可能降低SS患者的死亡率^[5]。MALBRAIN等^[6]提出“液体去复苏”,定义为通过药物或机械手段主动清除过量液体,常见手段包括利尿剂、连续血液净化治疗等。

* 基金项目:广西自然科学基金项目(2023GXNSFAA026161);广西科技计划项目(桂科AD22035101);南宁市青秀区科技计划项目(2020032);广西壮族自治区卫生健康委员会重点(培育)实验室项目(ZZH2020013)。△ 通信作者, E-mail: xiangshulin27@163.com。

“ROSE”模型包括复苏(resuscitation)、优化(optimization)、稳定(stabilization)、清除(evacuation), 稳定阶段以维持内环境稳态、逐步实现液体负平衡为目标, 核心是启动保守液体管理; 晚期保守液体管理被定义为 ICU 住院第 1 周内连续 2 d 实现液体负平衡, 旨在减少液体正平衡相关并发症。清除阶段的目标是清除多余液体、减轻容量负荷, 促进器官功能恢复^[8]。

1.2 SS 液体积聚的临床表现及液体去复苏治疗的必要性

MALBRAIN 等^[6]于 2018 年提出使用“液体积聚”代替“液体过负荷”。液体积聚是指与临床影响及较差预后相关的病理性过度水合状态, 其程度可能与年龄、共病及疾病阶段有关。过量液体复苏导致的液体积聚可能引发心、肺、肾、胃肠道等脏器水肿, 进而导致功能下降。各脏器液体积聚可能导致以下情况^[6-8]: (1) 释放促炎细胞因子、脑水肿、认知障碍、颅内压升高等; (2) 心肌水肿、静脉回流增加、心输出量减少可能引发传导功能紊乱、收缩舒张功能障碍, 甚至导致心衰或心律失常; (3) 肺水肿影响气体交换功能, 导致氧合下降、呼吸困难等症状, 同时延长机械通气时间、增加脱机难度; 胸膜渗出增多可引发胸腔积液; (4) 肝肾淤血可导致肝细胞损伤或肾功能下降; (5) 胃肠道水肿导致渗出增加, 进而形成腹水, 同时出现消化不良、肠道通透性减弱、肠道菌群移位等; (6) 外周组织水肿可导致创面愈合不良、创面感染风险增加及压力性溃疡。

液体积聚对器官功能的损伤明显, 研究人员开始聚焦液体去复苏对患者的影响。研究表明, SS 患者在早期目标导向治疗后维持每天液体负平衡 ≥ 500 mL 可能有益^[9-10]。纠正液体积聚可能促进急性肾损伤患者的肾功能恢复^[11], 改善肺功能, 提高脱离机械通气的成功率^[12], 改善液体平衡, 防止液体过负荷、降低并发症风险并促进患者整体恢复^[13], 改善心肺功能指标、降低急性生理与慢性健康评估(acute physiology and chronic health evaluation, APACHE) II 评分^[14]。但另一项 meta 分析结果显示, 尚无证据表明主动液体去复苏在 SS 患者的死亡率、体液平衡或以患者中心结局等方面优于常规护理^[15]。尽管目前证据尚未明确液体去复苏在生存率方面的明显优势, 但它仍可能是改善患者预后及器官功能、促进整体康复的重要手段。

2 液体去复苏方案的研究进展

2.1 根据容量反应性指标指导液体去复苏

2.1.1 中心静脉压(central venous pressure, CVP)

CVP 是通过置入中心静脉导管测量的上、下腔静脉汇入右心房处压力, 可直接反映右心房压力及右心室舒张末期容积, 对评估右心功能状态(如右心衰竭或容量过负荷)有一定价值。传统观点认为, CVP >

15 cmH₂O 提示心功能不全、静脉血管床过度收缩或肺循环阻力增高; CVP > 20 cmH₂O 提示存在充血性心衰^[16]。但作为液体管理中传统的静态容量反应性指标, CVP 受胸腔内压变化等干扰, 且与左心充盈压相关性差, 可能无法可靠预测容量反应性^[17], 误导风险较高, 可能导致不必要的液体去复苏治疗。LEG-RAND 等^[18]指出, 联合 CVP 及心输出量指导液体清除时, 理想的液体去除率应将平均全身压力与 CVP 降至相同程度; 液体去复苏的目的应是降低静脉血管内压力, 同时不影响平均全身压力与右心房压力(或 CVP)之间的梯度, 从而维持静脉回流及心输出量。

在部分临床场景中, CVP 联合动态指标仍可作为液体去复苏的参考依据。例如, 一项针对颅脑损伤患者的随机对照研究中, 对照组采用常规液体管理, 观察组通过计算下腔静脉塌陷指数(inferior vena cava collapsibility index, IVCCI)及测量 CVP 指导液体管理; 若 CVP > 12 mmHg 且平均动脉压 < 65 mmHg, 则维持利尿状态并保持血氧饱和度 > 95%^[19]。该方式可实现有效的液体管理, 缩短机械通气时间及 ICU 住院时间, 降低并发症发生率, 但研究未说明 IVCCI 的具体范围。下腔静脉直径(inferior vena cava diameter, IVCD)随流量变化, 可针对性开展动态监测, 在适用场景下与血容量相关性较好, 因此 CVP 联合超声指导液体管理可能更利于精准干预。

2.1.2 被动抬腿试验(passive leg raising, PLR)

PLR 是通过改变体位模拟快速补液的无创方法, 抬高下肢可使 300~500 mL 的血液从下肢及内脏静脉回流至心脏, 也是更接近生理性的容量负荷试验。心输出量增加 > 10% 提示患者存在容量反应性。MONNET 等^[20]通过在间歇性肾脏替代治疗前实施 PLR, 预测危重患者肾脏替代治疗期间对液体去除的血流动力学不耐受。若肾脏替代治疗前 PLR 使心脏指数(cardiac index, CI)提高 4%~36%, 提示液体去除期间可能出现低血压等不良反应(去复苏不耐受)。但 ICU 中主要的肾脏替代治疗方式为连续性肾脏替代治疗, 且液体去除耐受性需结合治疗时间、脱水速度及脱水量等因素综合评估, 因此 PLR 在液体去复苏的提示方面仍有研究前景。

2.1.3 下腔静脉

下腔静脉是人体最大的静脉, 负责将下半身血液回流至右心房。IVCD 及 IVCCI 可反映右心房压力与静脉回流情况, 是评估容量状态的重要指标。IVCD > 2 cm 提示容量过负荷、无容量反应性^[21], 但其准确性受胸腔腔压力、右心功能、呼吸状态等因素影响^[22-23], 因此结合长轴及短轴切面评估更能反映真实容量状态。

有研究纳入 24 例患者, 在缓慢连续超滤(slow continuous ultrafiltration, SCUF)期间通过超声测定 IVCD 及 IVCCI, 并观察低血压等不良反应^[24]。结果

显示,仅 2 例(2/24)IVCCI 变化 $>30\%$ 的患者出现低血压,其余患者 IVCCI 虽有增加,但未出现血流动力学不稳定。研究初步表明,若超滤导致 IVCCI 变化 $>30\%$,患者超滤期间可能出现低血压。在利用下腔静脉变异度指导液体去复苏时,控制 IVCCI 变化 $<30\%$ 或可减少去复苏相关低血压的发生,但上述研究样本量较小,结论仍需进一步验证。

有研究将纳入患者进行分组,超声组针对 IVCD ≥ 2 cm、IVCCI $\leq 13\%/\leq 20\%$ (机械通气/自主呼吸)、IVCD 增加 ≥ 0.5 cm、肺部超声 B 线区域 ≥ 1 项等指标进行赋分,每项 1 分,将分值 ≥ 2 分作为液体去复苏的启动标准。该研究采用 IVCD 及 IVCCI 评估患者血管内容量以确定液体清除的起点,肺部超声 B 线用于早期识别液体蓄积所致肺水肿,明确了液体去复苏的启动与停止时机,提供了较明确的方案及流程参考^[25]。但液体蓄积可影响多器官功能,仅通过肺部 B 线识别液体蓄积可能遗漏合并其他器官功能的损伤,未来可探索针对多器官功能进行综合评分量化,进一步细化液体去复苏的启动与结束时机。此外,自主呼吸时 IVCD 为 1~2 cm、控制通气时 IVCD 为 1.5~2.0 cm 的患者容量状态尚不明确,该直径范围内的液体去复苏时机仍需进一步研究。

2.1.4 静脉充血超声(venous excess ultrasound, VExUS)评分

2020 年,BEAUBIEN-SOULIGY 等^[26]针对心脏术后患者提出 VExUS 评分,通过整合 IVCD、肝脏、门静脉及肾内静脉的多普勒血流模式,实现器官静脉充血的量化评估,并发现其与后续急性肾损伤的发生相关;而针对脓毒症患者的研究结果显示,约 20% 的患者在入住 ICU 后 24 h 内出现静脉充血;急性肾损伤($OR=1.82,95\%CI:0.62\sim 5.31,P=0.274$)、30 d 死亡率($OR=0.82,95\%CI:0.28\sim 2.40,P=0.711$)及 ICU 死亡率($OR=1.12,95\%CI:0.41\sim 3.04,P=0.820$)均对中度至重度静脉充血无影响。另一项预测患者液体去复苏耐受性的研究显示^[27],基线门静脉搏动指数是利尿剂去复苏后液体耗竭适当反应的最佳预测指标[曲线下面积(area under the curve, AUC)=0.80,95%CI:0.70~0.92, $P=0.001$];其次为肾静脉阻抗指数(AUC=0.72,95%CI:0.61~0.84, $P=0.001$);而基线 VExUS 评分预测性较差(AUC=0.66,95%CI:0.53~0.79, $P=0.012$)。VExUS 评分在评估静脉充血及指导 SS 患者液体去复苏中的实用性仍需进一步验证。容量反应性指标指导下的液体去复苏治疗,通常单用或联合应用这些指标判断容量状态,并结合临床症状证实患者存在液体积累状态;在达到早期复苏目标后,以血流动力学平稳、无容量反应性及出现器官功能损伤作为去复苏的起点。液体积累的临床表现出现时,器官功能已受影响,此时启动去复苏可有效改善器官功能。然而,

液体去复苏的起点仍有待明确,液体积累但未造成器官功能损伤时去复苏的必要性、时机及标准亦不清晰;去复苏在器官功能损伤发生与否的患者中疗效差异尚未明确,容量反应性指标的指导意义也有待研究验证,因此液体去复苏仍需进一步研究。

2.2 灌注反应性相关指标在液体去复苏中的应用前景

容量反应性评估主要基于心输出量、收缩压或平均动脉压等宏观指标。微循环是直径 $<100\ \mu\text{m}$ 的毛细血管网,由小动脉、毛细血管网及小静脉组成,是氧气、营养物质与代谢产物交换的主要场所,可维持组织间液体平衡。心输出量足够时常被认为无容量反应性,但心输出量变化并不总是与外周或微循环组织灌注相关^[28]。研究发现,基线经皮氧分压 <40 mmHg 而心输出量正常或偏高的患者最终未存活^[29]。ICU 患者微循环功能障碍发生率较高,研究人员日益重视微循环的作用,将“通过心输出量增加定义液体反应性”的简化概念转向“灌注反应性”。灌注反应性主要通过微循环体现,乳酸、毛细血管再充盈时间(capillary refill time, CRT)等是临床常用的微循环评估方式。CRT 通过观察甲床等软组织受压后恢复基线颜色的情况评估微循环,通常认为恢复时间 ≤ 2 s 提示外周灌注良好。血清乳酸水平与老年急危重症患者的病情严重程度和预后密切相关,是组织低灌注的标志之一。监测乳酸能早期发现组织灌注不足及隐性休克状态,在老年急危重症患者的容量管理中需动态监测乳酸水平^[30]。研究表明,与以 CRT 为导向的液体复苏比较,以乳酸为导向的 SS 患者接受了更多复苏液体输注,且出现更多器官功能障碍^[31],这提示 CRT 在 SS 患者的液体管理中可能更具应用价值。BALLAJI 等^[32]通过光纤传感器规范肢端施压的压力与时间,可实现 CRT 的标准化测量,减少主观因素导致的误差,未来 CRT 在指导液体去复苏方面值得期待。

通过显微镜可视化舌下毛细血管网络评估微循环状态,是近年新兴的液体管理指导手段。研究发现,监测舌下微循环可指导 ICU 患者的液体复苏治疗^[33],有利于缩短血管活性药物使用时间^[34]。通过舌下微循环分类可将脓毒症相关凝血病(sepsis-associated coagulopathy, SAC)患者分为淤滞型、变异型、稀释型、高动力型等微循环障碍类型^[35];淤滞型 SAC 患者微循环呈不灌不流状态,处于休克衰竭期,各组织器官灌注不足导致缺氧,最终造成不良结局^[36]。由此可见,微循环在液体治疗指导中具有重要作用,舌下微循环监测对液体去复苏治疗的指导价值仍待研究证实。

内皮细胞的损伤和激活可能是脓毒症发生、发展的核心环节,严重且持续的内皮改变会损伤微循环血量,引发组织灌注不足,最终导致器官衰竭,危及生

命^[37]。与脓毒症相关的生物标志物包括肾上腺髓质素前体中段肽、血管生成素 2、E-选择素、内皮细胞特异性分子-1、可溶性 FMS 样酪氨酸激酶-1, 这些标志物对脓毒症的早期诊断及预后预测具有重要意义^[38]。多配体蛋白聚糖-1 与器官衰竭的发生明显相关^[39]。内皮损伤相关生物标志物与脓毒症微循环关系密切, 未来可考虑将其作为液体复苏或去复苏的观察指标, 探讨其在液体复苏及去复苏中的指导价值。灌注反应性相关指标在液体去复苏中暂无深度应用, 但将其作为液体去复苏的起点或终点或许是脓毒症治疗的新方向。

3 小结与展望

针对液体去复苏, 目前许多容量反应性指标尚未形成明确的指导方案。液体去复苏并非单纯依据无容量反应性就进行药物或机械液体清除, 需在严密的血流动力学及临床指标监测下进行。微循环指标指导液体去复苏的空白仍待后续研究填补。未来液体管理策略的研究应同时兼顾大器官循环与外周器官微循环, 结合宏观与微观循环指标, 通过多元化评估聚焦精准监测技术的临床应用, 优化不同病因患者的去复苏阈值及多学科联合管理策略。

利益冲突: 所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] BICKELL W H, WALL M J, PEPE P E, et al. Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries[J]. *N Engl J Med*, 1994, 331(17): 1105-1109.
- [2] MALBRAIN M L, VAN REGENMORTEL N, OWCZUK R. It is time to consider the four D's of fluid management[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2015, 47: 1-5.
- [3] MALBRAIN M L, MARTIN G, OSTERMANN M. Everything you need to know about dereuscitation[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(12): 1781-1786.
- [4] 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.
- [5] 辛绍斌, 孙强, 沈莉, 等. 限制性液体复苏对脓毒症休克患者预后的影响研究[J]. *河北医药*, 2018, 40(8): 1125-1129.
- [6] 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[J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 66.
- [7] MALBRAIN M L, MARIK P E, WITTERS I, et al. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice[J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2014, 46(5): 361-380.
- [8] CLAURE-DEL GRANADO R, MEHTA R L. Fluid overload in the ICU: evaluation and management[J]. *BMC Nephrol*, 2016, 17(1): 109.
- [9] 刘理君, 袁自清, 温萍英. 脓毒性休克患者 EGDT 达标后不同液体管理的效果观察[J]. *基层医学论坛*, 2023, 27(5): 145-147.
- [10] 彭良善, 赵正亮, 王桥生, 等. 脓毒性休克液体复苏达标后不同液体平衡量与预后的关系[J]. *中国现代医学杂志*, 2014, 24(35): 106-108.
- [11] SILVERSIDES J A, MAJOR E, FERGUSON A J, et al. Conservative fluid management or dereuscitation for patients with sepsis or acute respiratory distress syndrome following the resuscitation phase of critical illness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43(2): 155-170.
- [12] JIANG Z Z, REN J N, LIU Y Q. Effect of dereuscitation management vs. usual care on ventilator-free days in patients with abdominal septic shock[J]. *Chirurgia*, 2022, 35(6): 340-348.
- [13] BISSELL B D, LAINE M E, THOMPSON BASTIN M L, et al. Impact of protocolized diuresis for de-resuscitation in the intensive care unit[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 70.
- [14] 郭旭, 王磊. 液体负平衡应用于感染性休克患者对 APACHE II 评分的影响[J]. *疾病监测与控制*, 2022, 16(1): 1-3.
- [15] MESSMER A S, DILL T, MULLER M, et al. Active fluid de resuscitation in critically ill patients with septic shock: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Intern Med*, 2023, 109: 89-96.
- [16] 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]. *中国急救医学*, 2020, 40(5): 369-376.
- [17] 杨宏宇, 李旭, 马晓春. 休克的液体反应性评估[J]. *实用休克杂志(中英文)*, 2022, 6(5): 260-264.
- [18] LEGRAND M, SOUSSI S, DEPRET F. Cardiac

- output and CVP monitoring to guide fluid removal[J]. *Crit Care*, 2018, 22(1): 89.
- [19] 肖贤赋. CVP 与超声结合指导下液体管理在颅脑损伤患者中的应用研究[J]. *基层医学论坛*, 2021, 25(17): 2432-2433.
- [20] 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.
- [21] 尹万红, 王小亭, 刘大为, 等. 重症超声临床应用技术规范[J]. *中华内科杂志*, 2018, 57(6): 397-417.
- [22] 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.
- [23] 闫明坤, 张延杰, 杨毅, 等. 下腔静脉变异度评估容量反应性影响因素[J]. *实用休克杂志(中英文)*, 2023, 7(6): 324-326.
- [24] GUIOTTO G, MASARONE M, PALADINO F, et al. Inferior vena cava collapsibility to guide fluid removal in slow continuous ultrafiltration: a pilot study[J]. *Intensive Care Med*, 2010, 36(4): 692-696.
- [25] WANG L H, QIU C F, GUAN X D, et al. Fluid removal with ultrasound guided protocol improves the efficacy and safety of dehydration in post-resuscitated critically ill patients: a quasi-experimental. Before and after study [J]. *Shock*, 2018, 50(4): 401-407.
- [26] BEAUBIEN-SOULIGNY W, ROLA P, HAYCOCK K, et al. Quantifying systemic congestion with point-of-care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system[J]. *Ultrasound J*, 2020, 12(1): 16.
- [27] GUINOT P G, BAHR P A, ANDREI S, et al. Doppler study of portal vein and renal venous velocity predict the appropriate fluid response to diuretic in ICU: a prospective observational echocardiographic evaluation [J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 305.
- [28] XU J Y, LIU L, QIU H B. The endpoint of fluid responsiveness; is cardiac output enough? [J]. *Intensive Care Med*, 2025, 51(7): 1410-1411.
- [29] XU J Y, PENG X, PAN C, et al. Fluid responsiveness predicted by transcutaneous partial pressure of oxygen in patients with circulatory failure: a prospective study[J]. *Ann Intensive Care*, 2017, 7(1): 56.
- [30] 豆娟, 赵英英, 魏东坡, 等. 医疗失效模式与效应分析在提高脓毒症患者 1h 集束化治疗达标率中的应用[J]. *重庆医学*, 2025, 54(3): 791-797.
- [31] KATTAN E, HERNANDEZ G, OSPINA-TASCÓN G, et al. A lactate-targeted resuscitation strategy may be associated with higher mortality in patients with septic shock and normal capillary refill time: a post hoc analysis of the ANDROMEDA-SHOCK study[J]. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 114.
- [32] BALLAJI H K, CORREIA R, LIU C, et al. Optical fibre sensor for capillary refill time and contact pressure measurements under the foot [J]. *Sensors*, 2021, 21(18): 6072.
- [33] 瞿金龙, 赵良, 管军, 等. 舌下微循环监测在失血性休克液体复苏前后变化及临床意义研究[J]. *中国急救医学*, 2017, 37(10): 912-915.
- [34] BRUNO R R, WOLLBORN J, FENGLER K, et al. Direct assessment of microcirculation in shock: a randomized-controlled multicenter study[J]. *Intensive Care Med*, 2023, 49(6): 645-655.
- [35] INCE C, BOERMA E C, CECCONI M, et al. Second consensus on the assessment of sublingual microcirculation in critically ill patients: results from a task force of the European society of intensive care medicine[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(3): 281-299.
- [36] 姜紫洋, 周亚雄, 曹钰. 脓毒症相关凝血病的舌下微循环特点及炎症-凝血-微循环指标与短期预后的相关性研究[J]. *临床急诊杂志*, 2025, 26(1): 24-30.
- [37] PONS S, ARNAUD M, LOISELLE M, et al. Immune consequences of endothelial cells' activation and dysfunction during sepsis[J]. *Crit Care Clin*, 2020, 36(2): 401-413.
- [38] 马丁, 周荣. 脓毒症内皮细胞损伤相关生物标志物的研究进展[J]. *临床急诊杂志*, 2021, 22(1): 72-76.
- [39] SMART L, BOSIO E, MACDONALD S, et al. Glycocalyx biomarker syndecan-1 is a stronger predictor of respiratory failure in patients with sepsis due to pneumonia, compared to endocan [J]. *J Crit Care*, 2018, 47: 93-98.