

· 专家共识 ·

连续性肾替代治疗容量评估与管理专家共识

中华医学会肾脏病学分会专家组

通信作者:陈江华,浙江大学医学院附属第一医院肾脏病中心,浙江大学肾脏病研究所,浙江省肾脏病防治技术研究重点实验室,杭州 310003, Email: chenjianghua@zju.edu.cn

【摘要】 近年来的研究表明,容量过负荷是合并急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)、急性呼吸窘迫综合征或脓毒症的重症患者肾脏功能损害加重、肾功能恢复率降低和病死率增加的独立危险因素。容量过负荷对肾功能的损害可能与肾静脉高压、肾间质水肿有关,并最终导致肾血流量和肾小球滤过率下降。然而,通过利尿剂或连续性肾替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)进行液体清除会增加患者血容量不足、血流动力学不稳定、组织器官灌注不足等风险。因此,CRRT期间对AKI患者进行准确的容量状态评估与管理至关重要。中华医学会肾脏病学分会专家组基于循证医学证据及临床经验制定了《CRRT容量评估与管理专家共识》。专家组通过对此领域系统全面的文献检索、数据分析及专业讨论,构建了5个CRRT容量管理的专题:AKI患者容量失衡的病理生理学基础及危害、AKI患者容量管理策略、AKI患者容量状态及反应性评估、CRRT容量管理的分级与应用和CRRT容量管理目标制定与CRRT处方。该共识旨在规范临床操作,降低AKI患者容量失衡的发生率并改善其预后。

【关键词】 连续性肾替代疗法; 急性肾损伤; 血量; 血浆容量; 血容量不足; 容量评估与管理; 专家共识

Expert consensus on fluid volume assessment and management in continuous renal replacement therapy

Expert group of Chinese Society of Nephrology

Corresponding author: Chen Jianghua, Kidney Disease Center, the First Affiliated Hospital, College of Medicine, Zhejiang University; Institute of Nephropathy, Zhejiang University; Key Laboratory of Kidney Disease Prevention and Control Technology, Zhejiang Province, Hangzhou 310003, China, Email: chenjianghua@zju.edu.cn

【Abstract】 Recent studies have revealed that fluid overload is an independent risk factor for increasing renal function impairment, decreasing renal recovery rate and increasing mortality in severe patients with acute kidney injury (AKI), acute respiratory distress syndrome, or sepsis. The damage of fluid overload on renal function may be related to renal venous hypertension and renal interstitial edema, and eventually lead to the decrease of renal blood flow and glomerular filtration rate. However, fluid clearance with diuretics or continuous renal replacement therapy (CRRT) may increase the risk of hypovolemia, hemodynamic instability, and tissue and organ hypoperfusion. Therefore, accurate fluid volume status assessment and management in AKI patients during CRRT is critical. The expert group of Chinese Society of Nephrology formulated this expert consensus on fluid volume assessment and management in CRRT based on evidence-based medical evidence and clinical experience. Through systematic and comprehensive literature search, data analysis and professional discussion in this field, the expert group constructed five special topics on fluid volume management in CRRT: the pathophysiological basis and harm of fluid volume imbalance in AKI patients, the management strategies on fluid volume in AKI patients, the assessment on fluid volume status and reactivity in AKI patients, the grading and application of fluid volume management in

DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20230911-00911

收稿日期 2023-09-11 本文编辑 杨克魁

引用本文:中华医学会肾脏病学分会专家组.连续性肾替代治疗容量评估与管理专家共识[J].中华肾脏病杂志, 2024, 40(1): 74-81. DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20230911-00911.



CRRT, and the management target and prescription on fluid volume in CRRT. This consensus aims to standardize clinical operations, reduce the incidence of fluid volume imbalances in AKI patients, and improve the patients' prognosis.

【 Key words 】 Continuous renal replacement therapy; Acute kidney injury; Blood volume; Plasma volume; Hypovolemia; Fluid volume assessment and management; Expert consensus

一、前言

连续性肾替代治疗 (continuous renal replacement therapy, CRRT) 是临床常用的血液净化技术, 在重症急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI)、新型冠状病毒肺炎、脓毒症、重症急性胰腺炎、急性中毒等多种疾病治疗中发挥着关键作用。基于北京市 30 家医院 3 107 例危重病患者临床资料的研究显示, 若根据 2012 年改善全球肾脏病预后组织 (Kidney Disease: Improving Global Outcomes, KDIGO) 发布的诊断标准, 北京地区危重症患者 AKI 发生率为 51%^[1]。重症 AKI 患者合并容量过负荷 (fluid overload, FO) 的比例超过 60%^[2-3]。早期及时充分的液体复苏能够补充血容量, 保证肾灌注, 减少 AKI 的发生, 但 FO 可加重肾脏负担, 导致 AKI 的发生或加重, 增加患者死亡风险^[4-6]。CRRT 作为急危重症患者治疗的重要手段目前已广泛应用于临床, 但在操作与实施过程中仍有不同的认识, 因此有必要形成共识, 以规范临床操作, 准确评估患者容量, 维持血流动力学稳定, 降低患者病死率。

二、共识形成

2020 年 5 月中华医学会肾脏病学分会成立了“CRRT 容量评估与管理专家共识小组”。该专家组由肾脏内科及重症医学科的临床专家组成, 通过多次网络会议讨论、问卷调查等形式, 拟定了需要解决的重要临床问题, 最终确定了“CRRT 容量评估与管理共识”。该共识包括以下 5 方面内容: (1) AKI 患者容量失衡的病理生理学基础及危害; (2) AKI 患者容量管理策略; (3) AKI 患者容量状态及反应性评估; (4) CRRT 容量管理的分级与应用; (5) CRRT 容量管理目标制定与 CRRT 处方。每个专题由执笔专家负责查阅相关文献, 结合自己的临床经验, 收集共识条目, 形成初稿, 并经中华医学会肾脏病学分会专家组讨论、审定。共识推荐

强度与等级参考了临床指南制定中推荐意见分级的评估、制定及评价 (grading of recommendations assessment, development and evaluation, GRADE) 方法^[7]。证据质量分为 A、B、C、D (由高到低) 4 个级别 (表 1), 推荐意见分为强推荐、弱推荐或无推荐 (表 1)。

三、AKI 患者容量失衡的病理生理学基础及危害

AKI 已成为我国巨大的医疗负担, 2013 年中国住院患者中 AKI 漏诊率高达 74.2%, 需要接受 CRRT 治疗的 AKI 患者只有 59.3% 得到救治, 导致院内病死率显著增加^[8]。因此, 早期识别和预警 AKI 的发生, 针对可逆病因进行及时干预是防治 AKI 的关键环节。

水是人体最重要的组成部分, 占体重的 55% ~ 60%。其中, 细胞内液约占体重 35% ~ 40%, 细胞外液占 20% (组织间液 15%, 血浆 5%)。目前认为脓毒症和低血容量是诱发 AKI 的 2 个常见原因, 其病理生理机制是机体容量的相对或绝对不足导致肾脏低灌注和缺氧, 从而引起急性肾小管坏死和细胞损伤。AKI 早期是可逆的, 因此及时充分的液体复苏能够恢复有效循环容量和稀释肾毒性物质, 维持肾脏灌注压, 避免缺血缺氧性损伤^[9-10]。

容量管理对重症 AKI 患者是一把“双刃剑”。当累积的体液量或体重增加超过基线体重 10% 时定义为 FO, 它可显著降低患者肾功能恢复率, 延长机械辅助通气时间, 增加住院时间和病死率; CRRT 超滤过多或过快容易导致血容量不足, 引起组织灌注不足, 器官缺血缺氧^[9]。另外, FO 可以通过多种机制导致终末器官功能不全。其中, 肾脏功能在 FO 的病理生理学方面起关键作用。AKI 不仅影响液体和溶质清除, 反过来也可因间质水肿和高中心静脉压 (central venous pressure, CVP) 加重 AKI。较高的 CVP, 通过降低肺的淋巴引流, 导致肺水肿, 影响气体交换。2006 年欧洲急性

表 1 证据质量及推荐强度

项目	定义
证据质量	
A 级	多个随机对照试验的 Meta 分析或系统评价; 多个随机对照试验或 1 个样本量足够的随机对照试验 (高质量)
B 级	至少 1 个较高质量的随机对照试验
C 级	虽未随机但设计良好的对照试验, 或设计良好的队列研究或病例对照研究
D 级	无同期对照的系列病例分析或专家共识
推荐强度	
I 级	强推荐, 肯定有效、无效或有害, 明确利大于弊或者弊大于利, 基于 A 级证据或专家高度一致的共识
II 级	弱推荐, 可能有效、无效或有害, 利弊不确定或利弊相当, 基于 B、C 级证据或专家共识
III 级	无推荐, 不确定有效、无效或有害, 基于 D 级证据或专家共识

患者脓毒症发生 (sepsis occurrence in acutely ill patients, SOAP) 研究纳入 1 177 例脓毒症患者, 发现脓毒性休克发生后 72 h 内的累积容量平衡量与重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 病死率显著相关^[11]。因此, FO 发生是重症 AKI 患者启动 CRRT 治疗的时间窗。

四、AKI 患者 CRRT 治疗的容量管理

(一) AKI 患者 CRRT 容量管理策略

1. CRRT 治疗前首先评估患者容量状态及容量反应性; 使用最少的补液量维持有效肾灌注和循环血容量, 改善全身组织氧合, 同时避免间质和组织水肿。

2. 设定 CRRT 超滤目标量以达到容量平衡目标。

3. 根据患者病情变化及时调整治疗参数以达到每小时容量平衡的目标。

4. 维持 CRRT 滤过分数 25% ~ 30%, 根据患者血细胞比容调节置换液前后稀释比例, 减少滤器中血液浓缩和血液蛋白-膜反应。

(二) 严重脓毒症合并 AKI 患者容量管理策略的理论基础

Cordemans 等^[12]曾提出过“休克三次打击理论”学说, 即发病 6 h 以内, 机体发生全身炎症反应综合征导致微循环障碍; 发病 24 ~ 72 h, 全身多器官功能障碍综合征; 发病 72 h 后, 如果患者休克状态未得到纠正, 导致全身通透性增加综合征, 临床多表现为组织器官严重水肿, 严重时会发生肺水肿、脑水肿、急性呼吸窘迫综合征或急性肾小管坏死等。

1. 微循环障碍期: 发病 6 h 以内, 通过有创监测和常规监测指标, 如血管外肺水指数、血管渗漏指数、心输出量 (cardiac output, CO)、每搏输出量 (stroke volume, SV)、脉搏压变异度 (pulse pressure variation, PPV)、CVP、平均动脉压 (mean artery pressure, MAP)、中心静脉血氧饱和度 (central venous oxygen saturation, $S_{vc}O_2$)、肺动脉楔压 (pulmonary artery wedge pressure, PAWP) 和尿量等评估患者容量状态及容量反应性。通过液体复苏, 纠正患者容量失衡状态, 使血流动力学指标稳定, 维持组织供血、供氧。这一期间 CRRT 容量管理采用正平衡目标, 纠正患者内环境紊乱, 清除炎症介质。

2. 多器官功能障碍期: 发病 24 ~ 72 h, 采取限制性液体治疗, 达到维持患者容量出入平衡, 保证患者体重增加不超过基线的 10%。期间 CRRT 容量管理采用零平衡目标, 维持患者内环境稳定, 清除炎症介质, 维持容量平衡。

3. 组织器官水肿期: 发病 72 h 后, 动态评估患者容量状态及反应性, 逐步纠正患者 FO。期间 CRRT 容量管理采用负平衡目标, 逐步清除液体, 维持血流动力学和内环境稳定, 清除炎症介质。

目前也有观点认为合并 AKI 的严重脓毒症患者容量管理可分为 4 个阶段: 复苏阶段、优化阶段、稳定阶段和降阶梯阶段。本共识专家组认为, 上述两观点均可有效指导临床, 但值得注意的是每个阶段 CRRT 容量管理策略应根据患者病情进行个性化制定, 实现液体和溶质清除, 维持患者

血流动力学和内环境稳定。

五、AKI 患者容量状态及反应性评估

推荐意见

建议联合多项评估方法并动态测量重症 AKI 患者容量状态, 提高容量反应性预测的准确度 (II B)。

对容量反应性较差的 AKI 患者, 建议制定适当的容量管理计划 (II B)。

对血流动力学不稳定, 液体复苏后仍保持较好容量反应性的 AKI 患者, 可考虑使用血管活性药物, 避免 FO 发生 (II B)。

(一) AKI 患者容量状态评估

AKI 患者容量平衡监测的“5B”原则包括液体的平衡、血压、B 型脑钠肽 (B type natriuretic peptide, BNP)、生物电矢量阻抗向量分析 (bioelectrical impedance vector analysis, BIVA)、血容量^[13]。BIVA 矢量阈值设为 73.3%, 当 BNP 改善但血清肌酐升高, 应减少 CRRT 超滤量; 如果肾功能指标稳定但 BNP 未明显下降, 则需要加强 CRRT 超滤脱水^[13-14]。

AKI 患者容量状态评估指标主要包括患者病史、临床症状及体征、尿量、生命体征和血流动力学监测指标等。少尿是 AKI 的主要诊断标准之一, 在复苏早期, 少尿提示低血容量及组织低灌注, 而液体复苏后期的持续少尿, 则提示 AKI 加重。CVP、MAP、PAWP 是传统的 AKI 患者容量状态评估指标, 目前研究关于 AKI 患者最佳的补液方案, 尚无确切的结论。2001 年 Rivers 等^[15]提出对感染性休克患者进行早期目标导向治疗 (early goal-directed therapy, EGDT), 通过 6 h 内快速液体复苏使患者达到以下目标: CVP 维持在 8 ~ 12 mmHg, MAP $\geq$ 65 mmHg, $S_{vc}O_2 \geq$ 70%, 血细胞比容 $\geq$ 30%, 可以显著改善患者 28 d 和 60 d 预后。遗憾的是该研究没有观察对肾功能恢复的影响。后续大型的随机对照试验研究显示, 早期积极的液体复苏并没有显著获益, 感染性休克患者 90 d 内病死率并无显著降低^[16-17]。BIVA 是一种无创的容量状态评估方法, 通过估计患者全身、细胞外和细胞内水分的分布情况, 有望指导 CRRT 容量管理^[14, 18]。

(二) AKI 患者容量反应性评估

在危重患者中, 只有约 50% 的患者对容量增加有反应^[19]。由于 AKI 患者的异质性, 液体复苏总量应根据患者的病情进行个性化调整, 动态评估 AKI 患者容量状态和容量反应性, 调整补液总量和速率, 维持血流动力学稳定, 避免出现 FO。

1. 传统的容量状态评估指标如 CVP、MAP、PAWP 和胸部 X 线片等, 主要反映 AKI 患者静态心脏充盈压, 但不能准确反映 AKI 患者的容量反应性^[9, 20-23]。因此在参考基线水平的基础上, 动态评估传统容量指标的变化趋势对 CRRT 容量管理可能更有价值。

2. 常见的评估患者容量反应性的动态有创监测指标包括 SV 和 PPV。在一定时间内补充一定量的液体后, 如果患

者 SV 或 PPV 增加 5%~15% 或 CO 增加 11%~13%^[24], 则表明心功能位于 Frank-Starling 曲线的上升部分, 认为患者具有较好的容量反应性^[25]。

3. 评估 AKI 患者容量反应性常见的无创技术: 被动抬腿试验、呼气末阻塞(end-expiratory occlusion, EEO)试验和心脏多普勒超声技术测量下腔静脉和上腔静脉直径变异度、每搏变异度(stroke volume variation, SVV)、PPV、大动脉峰流速的变异(ΔV_{peak})、主动脉血流速度时间积分变异(ΔVTI)。

(1) 被动抬腿试验通过将机体自身的血容量重新分布, 使回心血量和 CO 增加, 产生容量负荷试验效果, 是预测患者容量反应性的最简单、最可靠的动态测试^[26]。避免补液加重无容量反应性患者的心脏负荷、肺水肿、呼吸窘迫综合征的风险。Cavallaro 等^[22]纳入 9 项研究共 353 例患者进行系统评价, 发现被动抬腿试验诱导的 CO 预测容量反应性的平均阈值为 17.7%, 其灵敏度和特异度分别为 0.894 和 0.914($AUC=0.95$)。

(2) SVV、PPV 预测 AKI 患者容量反应性主要通过心-肺交互作用的原理, 当胸腔内压随呼吸运动而发生周期性变化时, 导致回心血量、CO 发生周期性的变化, 可采用心脏多普勒超声技术监测 AKI 患者 CO 及其替代指标随呼吸的变异程度来预测容量反应性。变异度越大, 容量反应性越好, 液体治疗越有利。Marik 等^[24]纳入 29 篇文献共 685 例患者的系统评价提示, PPV($AUC=0.94$) 和 SVV($AUC=0.84$) 预测机械通气(潮气量 ≥ 8 ml/kg)患者容量反应性的价值明显优于 CVP($AUC=0.62$); 以 PPV $\geq 12.5\%$ 为平均阈值, 预测容量反应性的灵敏度和特异度分别为 0.89 和 0.88; 以 SVV $\geq 11.6\%$ 为平均阈值, 预测容量反应性的灵敏度和特异度分别为 0.82 和 0.86。

4. 微创的脉搏指示连续心输出量(pulse indicator continous cardiac output, PICCO)监测技术是经肺热稀释技术和脉搏波型轮廓分析技术的综合, 是目前 ICU 常用的有创血流动力学监测技术之一, 可用于指导 CRRT 容量管理^[27-28]。

六、CRRT 容量管理的分级与应用

推荐意见

对血流动力学不稳定的患者, 建议使用 CRRT, 而非标准的间断性肾替代治疗(ⅡB)。

FO 会降低 CRRT 有效剂量, 建议根据溶质清除效果增加处方剂量, 至少 6 h 评价一次 CRRT 达成剂量(ⅢC)。

对于血流动力学不稳定的重症 AKI 患者, 建议采用 CRRT 并实施三级水平的容量管理(ⅡB)。

对于儿科重症 AKI 患者建议采用 CRRT 并实施三级水平的容量管理(ⅡB)。

(一) CRRT 容量管理水平分级

CRRT 容量管理水平根据评估频率及工作强度分为三级^[29-30]。

1. 一级水平: 最基本的容量管理水平, 一般以 6~24 h 作为 1 个时间单元, 估计 6~24 h 内应去除的液体量, 然后计算和设定脱水速率。多适用于血流动力学稳定、可以耐受短时血容量波动的患者。

2. 二级水平: 是较高级的容量管理水平, 将总体容量控制目标均分到每小时, 以此确定每小时 CRRT 净超滤率, 再根据即时的液体输入量来调整 CRRT 脱水速率, 以保证患者每小时都达到容量平衡, 避免患者在整个 CRRT 过程中出现明显容量波动。该级别适用于病情较重, 但血流动力学尚未失代偿的患者。

3. 三级水平: 该级别是对二级管理的扩展, 需根据精确的血流动力学指标随时调整 CRRT 净超滤率, 达到指定的血流动力学目标, 维持有效器官灌注和循环血容量, 改善全身组织氧合, 同时缓慢纠正容量失衡, 避免间质和组织水肿。该级别适用于严重的血流动力学不稳定的重症 AKI 患者。

(二) CRRT 超滤速度设定

对于重症 AKI 患者, CRRT 净超滤速度的最佳阈值尚不清楚。一项观察性研究发现, CRRT 净超滤率 >1.75 ml $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ h $^{-1}$ 显著增加患者病死率^[31-32]。推荐对于血流动力学稳定的患者, 初始 CRRT 净超滤率中位数为 125(100, 200) ml/h; 对于血流动力学不稳定的患者, 初始 CRRT 净超滤率中位数为 80(49, 111) ml/h^[5]。另一项已完成招募、计划纳入 50 例合并严重 FO 的重症 AKI 患者的临床研究(NCT02458157), 评价使用呋塞米或 CRRT 强制净超滤 1 ml $\cdot$ kg $^{-1}\cdot$ h $^{-1}$ 的安全性和可行性, 观察随机分组后第 5 天患者容量平衡状态及不良反应发生率, 结果显示呋塞米或 CRRT 强制净超滤对降低容量负荷有一定作用^[33]。

(三) CRRT 容量管理应用现状

Murugan 等^[5]对 80 个国家 ICU 肾脏替代治疗的横断面调查研究显示, 71.0% 的 ICU 采用 CRRT 模式纠正 AKI 患者容量失衡, 只有 31.5% 的 ICU 使用二级或三级水平的 CRRT 容量管理; CRRT 过程中进行每小时容量平衡的医护人员比例为 48%, 北美和亚洲仅 19%; 美国和英国有 51.0% 的医护人员对患者每小时容量平衡进行评估, 澳大利亚为 40.5%, 意大利为 5.3%; 与护士相比, 医师对患者每小时容量平衡的评估频率更低(19.2% 比 66.9%, $P<0.001$)。

体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)治疗初始 24~48 h 发生 AKI 的风险高达 68%~78%^[34]。一项对 65 个国际 ECMO 团队的调查显示, 22% ECMO 治疗采用在线血液透析滤过器纠正患者容量失衡, 而 51% 采用 ECMO 治疗联合 CRRT 进行容量管理^[35]。推荐 ECMO 治疗患者一旦发生 AKI 或容量负荷增加, 建议及早启动 CRRT 并采用三级水平容量管理, 有助于缩短 ECMO 持续时间和 ICU 住院时间, 改善患者预后^[36-37]。

虽然三级水平的 CRRT 容量管理能更好维持患者血流动力学稳定, 有利于改善患者预后, 但由于其操作难度高, 对医护人员具有较大的挑战性, 同时患者在应用呼吸机、主

动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)、ECMO 等多种抢救设备下,CRRT 实施三级水平的容量管理,需要多学科团队的强化沟通与合作。

七、CRRT 容量管理目标制定与 CRRT 处方

推荐意见

密切监测患者生命体征和动态评估血流动力学指标变化趋势,根据患者容量状态动态调整 CRRT 容量管理策略,维持患者血流动力学稳定和组织器官灌注(ⅡB)。

(一)CRRT 容量管理目标与监测

国内学者刘大为等^[38]提出“不设液体平衡目标,勿做 CRRT”的理念和目标指导容量管理策略,强调容量管理目标设定的重要性。通过对容量平衡目标及容量安全值进行动态设定和反馈的机制,促进医护配合,实现 CRRT 精准的容量管理。

1. 总容量平衡:总容量平衡等于患者同期单位时间内总入量减去患者同期单位时间内总出量。在 CRRT 期间,AKI 患者总容量平衡是通过调节 CRRT 机的超滤速率来实现的。总入量包括静脉输液量、输血量、经胃肠道摄入量、CRRT 置换液量、透析液量、碳酸氢钠、枸橼酸钠、CRRT 预冲和回血量等;总出量包括尿量、引流量、胃肠引流量、大便量、非显性失水量和 CRRT 超滤量。

2. CRRT 容量平衡目标:指单位时间内容量是正平衡、负平衡或零平衡,明确正平衡或负平衡具体目标值。容量平衡目标制定需要考虑患者疾病类型、非显性失水量变化和疾病进程的不同阶段。

(1)当患者同期单位时间内总出量+CRRT 同期单位时间内净超滤量=患者同期单位时间内总入量定义为零平衡;患者同期单位时间内总出量+CRRT 同期单位时间内净超滤量>患者同期单位时间内总入量定义为负平衡;否则为正平衡。

(2)CRRT 容量平衡目标是针对患者整体而言,可以指 24 h 容量平衡目标(一级容量管理水平),也可以指每小时容量平衡目标(二级或三级容量管理水平)。

(3)进行 CRRT 三级水平容量管理时,除了明确容量平衡目标,还要明确指定的血流动力学监测目标及安全范围,如 CVP、MAP、PAWP、 $S_{\text{v}}\text{O}_2$ 、血细胞比容、血乳酸水平或 PICCO 监测参数等。

3. CRRT 净超滤率为单位时间由 CRRT 机器从患者体内清除的净液体量^[39]。CRRT 净超滤率需要根据容量平衡目标和患者即时的病情变化进行动态评估,甚至每小时需要进行多次调整。

4. CRRT 超滤率为单位时间在正跨膜压下通过滤器从血液里清除的液体总量^[39]。单位时间内 CRRT 超滤量包括同期 CRRT 净超滤量、置换液量、碳酸氢钠量、枸橼酸钠量和冲水量等。CRRT 超滤率与 CRRT 剂量相关,超滤率越大,溶质清除越多。

5. CRRT 容量管理对患者核心温度有显著影响^[40-41],建议 CRRT 中监测患者体温及核心温度变化,至少每 4~6 小时监测 1 次。CRRT 期间患者非显性失水量会随着患者体温变化发生改变。体温正常的成人非显性失水量估计为 30~50 ml/h 或 $10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$;在发热患者中,体温每增加 1°C ,非显性失水量增加 $3.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ^[42-43]。

6. 建议 CRRT 操作护士密切监测超滤过程中患者血流动力学的变化,及时调整 CRRT 净超滤率;目前研究没有足够证据表明任何监测技术具有绝对优越性,建议 CRRT 超滤过程中应密切关注患者血压变化,同时联合多个指标动态评估患者容量状态^[9]。建议 CRRT 净超滤率先从低剂量开始,初始 CRRT 净超滤率 50~100 ml/h 或 $1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,保证血流动力学稳定的前提下逐步提高净超滤率,避免低血压和组织器官低灌注^[41]。

(二)CRRT 处方与参数调整

CRRT 处方包括容量平衡目标、24 h 出入量、置换液速度、透析液速度、碳酸氢钠速度、净超滤量、抗凝剂类型、枸橼酸钠速度、治疗时间、滤器及管路类型、患者生命体征、血流动力学目标范围(三级水平容量管理)、置换液/透析液配方及浓度、CRRT 体外循环压力监测等信息。

1. CRRT 记录单是评估治疗过程中容量管理目标是否达成及患者血流动力学指标是否稳定的重要工具。CRRT 操作护士需要经过严格培训,准确记录每小时患者生命体征和液体出入量,包括静脉输液量、经胃肠道摄入量、尿量、引流量和 CRRT 超滤量。计算每小时 CRRT 净脱水量,评估容量管理目标是否完成及调整下一小时 CRRT 参数。

2. 建议各医疗机构建立标准化医嘱系统和标准化流程图,建立 CRRT 电子病历系统。记录表格应将 CRRT 机器参数与患者容量管理数据分别提取并整合,以提供完整的容量管理数据分析。

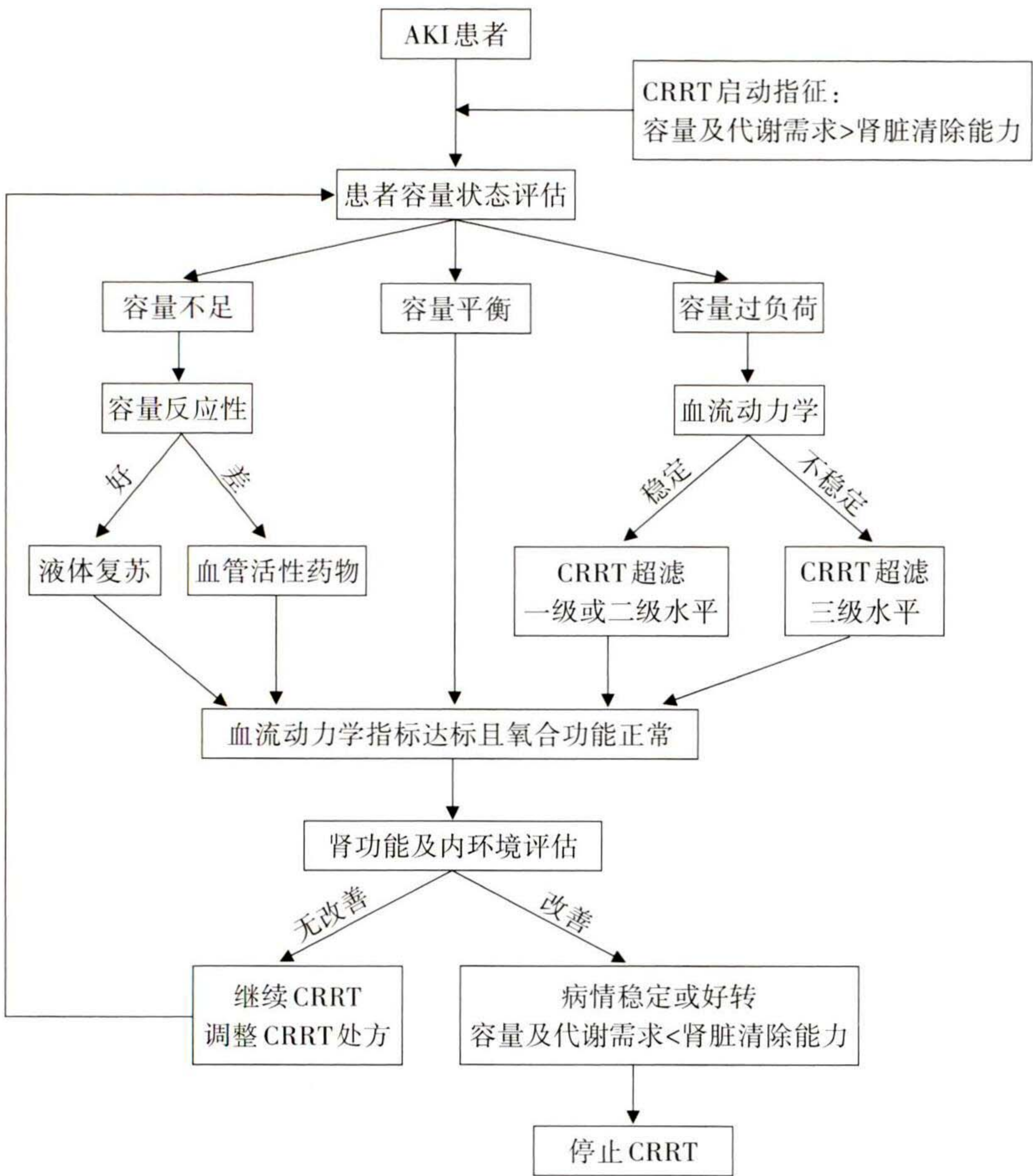
3. 在 CRRT 超滤过程中,出现血流动力学不稳定时,应及时降低净超滤率或停止超滤,重新评估患者容量状态及平衡目标,待血流动力学稳定后重新设定较小的净超滤率;若 $S_{\text{v}}\text{O}_2$ 下降,血细胞比容降低伴有 CVP 升高时,提示血管内血浆再充盈速度较快,可适当增加净超滤率,重新调整容量平衡目标。

4. 儿科重症 AKI 患者行 CRRT 时,血流量 $3 \sim 5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$,处方剂量 $25 \sim 45 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$;体重 $<15 \text{ kg}$ 的患儿建议采用全血或新鲜冰冻血浆预冲 CRRT 管路,体重 $<10 \text{ kg}$ 的患儿建议采用全血预冲 CRRT 管路^[44-45]。CRRT 结束时,根据患儿体重、病情变化、容量状态及血红蛋白水平采用不回血或部分回血方式。

八、关于 CRRT 容量评估与管理未来研究的建议

1. 开发准确、方便预测重症 AKI 对 CRRT 超滤耐受性的评估方法,构建可行的预测模型。

2. 对于重症 AKI 患者,CRRT 净超滤速度的最佳阈值尚不清楚,需要大样本的前瞻性研究进行探索,评价不同范围



注:AKI:急性肾损伤;CRRT:连续性肾替代治疗

图1 AKI患者CRRT容量评估与管理流程图

的 CRRT 净超滤速度对 AKI 患者预后及肾脏功能恢复的影响。

3. 对于血流动力学不稳定的重症 AKI 患者,评价二级或三级水平容量管理对患者预后及肾脏功能恢复的影响。

4. FO 是启动 CRRT 的重要指标之一,探索启动 CRRT 最佳 FO 的阈值及测定方法,评价其对 AKI 患者预后及肾功能恢复的影响。

5. 通过随机对照试验研究评价生物电阻抗人体成分分析能否有效指导 CRRT 容量管理,降低 AKI 患者 FO 发生,改善患者预后及肾功能恢复。

6. 建立 CRRT 电子病历系统是各医疗机构今后发展的必然趋势,如何建立标准化医嘱系统和标准化诊疗流程,建立 AKI 患者 CRRT 反馈机制及提高个性化干预的准确性;促进实现标准化医嘱系统及统一的 CRRT 电子病历系统,有利于今后开展多中心、大样本、前瞻性的研究,为改善 AKI 患者预后及提高肾功能恢复提供支持。

九、总结

AKI 患者 CRRT 容量评估与管理流程图见图 1。有效的容量反应性评估是避免 AKI 患者 FO 的关键环节。使用恰当的液体治疗量维持有效肾灌注和循环血容量,改善全身

组织氧合,同时避免间质和组织水肿,是 AKI 患者 CRRT 最基本的容量管理策略。容量评估与管理是 AKI 患者 CRRT 的基础,制定合理的容量管理策略对降低病死率和改善预后至关重要。

利益冲突 无

中华医学会肾脏病学分会专家组

顾问:余学清(广东省人民医院/中山大学附属第一医院)

组长:陈江华(浙江大学医学院附属第一医院)

专家组成员(按姓名汉语拼音字母表顺序排序):蔡广研(解放军总医院第一医学中心)、常平(南方医科大学珠江医院)、陈江华(浙江大学医学院附属第一医院)、陈崑(中山大学附属第一医院)、陈文(海南省肿瘤医院)、党宗辉(西藏自治区人民医院)、丁峰(上海交通大学医学院附属第九人民医院)、丁小强(复旦大学附属中山医院)、傅君舟(广州市第一人民医院)、付平(四川大学华西医院)、郭志勇(海军军医大学附属长海医院)、韩飞(浙江大学医学院附属第一医院)、郝传明(复旦大学附属华山医院)、何娅妮(陆军特色医学中心)、胡伟新(东部战区总医院)、胡文博(青海省人民医院)、胡昭(山东大学齐鲁医院)、贾强(首都医科大学宣武医院)、蒋更如(上海交通大学医学院附属新华医院)、蒋红利(西安交通大学第一附属医院)、焦军东(哈尔滨医科大学附属第二医院)、康焰(四川大学华西医院)、李德天(中国医科大学附属盛京医院)、李贵森(四川省人民医院)、李冀军(解放军总医院第四医学中心)、

李荣山(山西省人民医院)、李文歌(中日友好医院)、李雪梅(中国医学科学院北京协和医院)、李赞(江西省人民医院)、梁敏(南方医科大学南方医院)、梁馨苓(广东省人民医院)、廖蕴华(广西医科大学第一附属医院)、林洪丽(大连医科大学附属第一医院)、林珊(天津医科大学总医院)、刘必成(东南大学附属中大医院)、刘加明(石河子市人民医院)、刘章锁(郑州大学第一附属医院)、陆晨(新疆医科大学第一附属医院)、伦立德(中国人民解放军空军特色医学中心)、毛永辉(北京医院)、倪兆慧(上海交通大学医学院附属仁济医院)、宋利(广东省人民医院)、孙脊峰(空军军医大学第二附属医院)、孙晶(山东省立医院)、孙林(中南大学湘雅二医院)、童俊容(中国人民解放军南部战区总医院)、万建新(福建医科大学附属第一医院)、王彩丽(内蒙古科技大学包头医学院第一附属医院)、王俭勤(兰州大学第二医院)、王晋文(昆明市延安医院)、汪年松(上海交通大学医学院附属第六人民医院)、吴广礼(中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院)、吴燕华(广东省人民医院)、吴永贵(安徽医科大学第一附属医院)、邢昌赢(南京医科大学第一附属医院)、徐钢(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、许钟镐(吉林大学第一医院)、闫铁昆(天津医科大学总医院)、杨向东(山东大学齐鲁医院)、姚丽(中国医科大学附属第一医院)、余学清(广东省人民医院/中山大学附属第一医院)、查艳(贵州省人民医院)、张春(华中科技大学同济医学院附属协和医院)、张景红(海军第九〇五医院)、张克勤(重庆医科大学附属第二医院)、张凌(四川大学华西医院)、赵明辉(北京大学第一医院)、周巧玲(中南大学湘雅医院)、周晓玲(宁夏医科大学总医院)、庄永泽(中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院)、邹洪斌(吉林大学第二医院)

执笔者:付平*、梁馨苓*、蒋红利*、张凌、吴燕华、宋利、康焰

*牵头执笔人

参 考 文 献

- [1] Luo X, Jiang L, Du B, et al. A comparison of different diagnostic criteria of acute kidney injury in critically ill patients[J]. Crit Care, 2014, 18(4): R144. DOI: 10.1186/cc13977.
- [2] Balakumar V, Murugan R, Sileanu FE, et al. Both positive and negative fluid balance may be associated with reduced long-term survival in the critically ill[J]. Crit Care Med, 2017, 45(8): e749-e757. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002372.
- [3] Garzotto F, Ostermann M, Martín-Langerwerf D, et al. The dose response multicentre investigation on fluid assessment (DoReMIFA) in critically ill patients[J]. Crit Care, 2016, 20(1): 196. DOI: 10.1186/s13054-016-1355-9.
- [4] 李玉婷, 李洪祥, 张东. 容量过负荷对接受持续肾脏替代治疗的急性肾损伤患者预后的影响[J]. 中华急诊医学杂志, 2019, 28(1): 68-74. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.01.013.
- [5] Murugan R, Ostermann M, Peng Z, et al. Net ultrafiltration prescription and practice among critically ill patients receiving renal replacement therapy: a multinational survey of critical care practitioners[J]. Crit Care Med, 2020, 48(2): e87-e97. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004092.
- [6] Hall A, Crichton S, Dixon A, et al. Fluid removal associates with better outcomes in critically ill patients receiving continuous renal replacement therapy: a cohort study[J]. Crit Care, 2020, 24(1): 279. DOI: 10.1186/s13054-020-02986-4.
- [7] Guyatt G, Gutterman D, Baumann MH, et al. Grading strength of recommendations and quality of evidence in clinical guidelines: report from an american college of chest physicians task force[J]. Chest, 2006, 129(1): 174-181. DOI: 10.1378/chest.129.1.174.
- [8] Yang L, Xing G, Wang L, et al. Acute kidney injury in China: a cross-sectional survey[J]. Lancet, 2015, 386(10002): 1465-1471. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)00344-X.
- [9] Ostermann M, Liu K, Kashani K. Fluid management in acute kidney injury[J]. Chest, 2019, 156(3): 594-603. DOI: 10.1016/j.chest.2019.04.004.
- [10] Woodward CW, Lambert J, Ortiz-Soriano V, et al. Fluid overload associates with major adverse kidney events in critically ill patients with acute kidney injury requiring continuous renal replacement therapy[J]. Crit Care Med, 2019, 47(9): e753-e760. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003862.
- [11] Vincent JL, Sakr Y, Sprung CL, et al. Sepsis in European intensive care units: results of the SOAP study[J]. Crit Care Med, 2006, 34(2): 344-353. DOI: 10.1097/01.ccm.0000194725.48928.3a.
- [12] Cordemans C, De Laet I, Van Regenmortel N, et al. Fluid management in critically ill patients: the role of extravascular lung water, abdominal hypertension, capillary leak, and fluid balance[J]. Ann Intensive Care, 2012, 2(Suppl 1 Diagnosis and management of intra-abdominal hyperten): S1. DOI: 10.1186/2110-5820-2-S1-S1.
- [13] Ronco C, Kaushik M, Valle R, et al. Diagnosis and management of fluid overload in heart failure and cardio-renal syndrome: the "5B" approach[J]. Semin Nephrol, 2012, 32(1): 129-141. DOI: 10.1016/j.semnephrol.2011.11.016.
- [14] Chen H, Wu B, Gong D, et al. Fluid overload at start of continuous renal replacement therapy is associated with poorer clinical condition and outcome: a prospective observational study on the combined use of bioimpedance vector analysis and serum N-terminal pro-B-type natriuretic peptide measurement[J]. Crit Care, 2015, 19(1): 135. DOI: 10.1186/s13054-015-0871-3.
- [15] Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock [J]. N Engl J Med, 2001, 345(19): 1368-1377. DOI: 10.1056/NEJMoa010307.
- [16] Peake SL, Delaney A, Bailey M, et al. Goal-directed resuscitation for patients with early septic shock[J]. N Engl J Med, 2014, 371(16): 1496-1506. DOI: 10.1056/NEJMoa1404380.
- [17] Mouncey PR, Osborn TM, Power GS, et al. Trial of early, goal-directed resuscitation for septic shock[J]. N Engl J Med, 2015, 372(14): 1301-1311. DOI: 10.1056/NEJMoa1500896.
- [18] Cecconi M, Hernandez G, Dunser M, et al. Fluid administration for acute circulatory dysfunction using basic monitoring: narrative review and expert panel recommendations from an ESICM task force[J]. Intensive

- Care Med, 2019, 45(1): 21-32. DOI: 10.1007/s00134-018-5415-2.
- [19] Marik PE, Baram M, Vahid B. Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares[J]. Chest, 2008, 134(1): 172-178. DOI: 10.1378/chest.07-2331.
- [20] Moore PK, Hsu RK, Liu KD. Management of acute kidney injury: core curriculum 2018[J]. Am J Kidney Dis, 2018, 72(1): 136-148. DOI: 10.1053/j.ajkd.2017.11.021.
- [21] Perner A, Prowle J, Joannidis M, et al. Fluid management in acute kidney injury[J]. Intensive Care Med, 2017, 43(6): 807-815. DOI: 10.1007/s00134-017-4817-x.
- [22] Cavallaro F, Sandroni C, Marano C, et al. Diagnostic accuracy of passive leg raising for prediction of fluid responsiveness in adults: systematic review and meta-analysis of clinical studies[J]. Intensive Care Med, 2010, 36(9): 1475-1483. DOI: 10.1007/s00134-010-1929-y.
- [23] Rowan KM, Angus DC, Bailey M, et al. Early, goal-directed therapy for septic shock - A patient-level meta-analysis[J]. N Engl J Med, 2017, 376(23): 2223-2234. DOI: 10.1056/NEJMoa1701380.
- [24] Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, et al. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature[J]. Crit Care Med, 2009, 37(9): 2642-2647. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181a590da.
- [25] Jalil BA, Cavallazzi R. Predicting fluid responsiveness: a review of literature and a guide for the clinician[J]. Am J Emerg Med, 2018, 36(11): 2093-2102. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.08.037.
- [26] 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.
- [27] 潘传亮, 刘剑萍, 胡星. 基于 PiCCO 变量的目标导向集束化治疗对体外循环心脏术后患者 AKI 的防治作用: 一项前瞻性观察性研究[J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(6): 731-736. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.014.
- [28] Heise D, Faulstich M, Mörer O, et al. Influence of continuous renal replacement therapy on cardiac output measurement using thermodilution techniques[J]. Minerva Anesthesiol, 2012, 78(3): 315-321.
- [29] Murugan R, Hoste E, Mehta RL, et al. Precision fluid management in continuous renal replacement therapy[J]. Blood Purif, 2016, 42(3): 266-278. DOI: 10.1159/000448528.
- [30] Bouchard J, Mehta RL. Volume management in continuous renal replacement therapy[J]. Semin Dial, 2009, 22(2): 146-150. DOI: 10.1111/j.1525-139X.2009.00561.x.
- [31] Murugan R, Kerti SJ, Chang CH, et al. Association of net ultrafiltration rate with mortality among critically ill adults with acute kidney injury receiving continuous venovenous hemodiafiltration: a secondary analysis of the randomized evaluation of normal vs augmented level (RENAL) of renal replacement therapy trial[J]. JAMA Netw Open, 2019, 2(6): e195418. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2019.5418.
- [32] Naorungroj T, Serpa Neto A, Murugan R, et al. Continuous renal replacement therapy: the interaction between fluid balance and net ultrafiltration[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2021, 203(9): 1199-1201. DOI: 10.1164/rccm.202011-4097LE.
- [33] Berthelsen RE, Itenov T, Perner A, et al. Forced fluid removal versus usual care in intensive care patients with high-risk acute kidney injury and severe fluid overload (FFAKI): study protocol for a randomised controlled pilot trial[J]. Trials, 2017, 18(1): 189. DOI: 10.1186/s13063-017-1935-2.
- [34] Kilburn DJ, Shekar K, Fraser JF. The complex relationship of extracorporeal membrane oxygenation and acute kidney injury: causation or association? [J]. Biomed Res Int, 2016, 2016: 1094296. DOI: 10.1155/2016/1094296.
- [35] Fleming GM, Askenazi DJ, Bridges BC, et al. A multicenter international survey of renal supportive therapy during ECMO: the kidney intervention during extracorporeal membrane oxygenation (KIDMO) group[J]. ASAIO J, 2012, 58(4): 407-414. DOI: 10.1097/MAT.0b013e3182579218.
- [36] Dado DN, Ainsworth CR, Thomas SB, et al. Outcomes among patients treated with renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: a single-center retrospective study[J]. Blood Purif, 2020, 49(3): 341-347. DOI: 10.1159/000504287.
- [37] Ostermann M, Connor M, Kashani K. Continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation: why, when and how? [J]. Curr Opin Crit Care, 2018, 24(6): 493-503. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000559.
- [38] 刘大为, 杨荣利, 陈秀凯, 等. 重症血液净化: 从理念到实践[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(45): 3169-3171. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2012.45.001.
- [39] Ronco Claudio, 张凌, 陆任华, 等. 重症肾脏替代治疗和血液净化技术的标准化术语命名[J]. 华西医学, 2018, 33(7): 782-796. DOI: 10.7507/1002-0179.201806040.
- [40] 中国医院协会血液净化中心分会和中关村肾病血液净化创新联盟"血液净化模式选择工作组". 血液净化模式选择专家共识[J]. 中国血液净化, 2019, 18(7): 442-472. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.07.002.
- [41] Chawla LS, Bellomo R, Bihorac A, et al. Acute kidney disease and renal recovery: consensus report of the Acute Disease Quality Initiative (ADQI) 16 Workgroup [J]. Nat Rev Nephrol, 2017, 13(4): 241-257. DOI: 10.1038/nrneph.2017.2.
- [42] Intravenous fluid therapy in adults in hospital[M]. London: National Institute for Health and Care Excellence (UK), 2017. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32101393/>
- [43] Cox P. Insensible water loss and its assessment in adult patients: a review[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 1987, 31(8): 771-776. DOI: 10.1111/j.1399-6576.1987.tb02662.x.
- [44] Goldstein SL. Overview of pediatric renal replacement therapy in acute renal failure[J]. Artif Organs, 2003, 27(9): 781-785. DOI: 10.1046/j.1525-1594.2003.07281.x.
- [45] Pasko DA, Mottes TA, Mueller BA. Pre dialysis of blood prime in continuous hemodialysis normalizes pH and electrolytes[J]. Pediatr Nephrol, 2003, 18(11): 1177-1183. DOI: 10.1007/s00467-003-1258-2.