

# 床旁超声血流动力学评估在脓毒血症急性肾损伤中的运用

盛莉<sup>1</sup> 吕华瑶<sup>2</sup> 赵敏<sup>1▲</sup> 曾龙欢<sup>2</sup>

1. 杭州市第一人民医院城北院区影像科, 浙江杭州 310022; 2. 杭州市第一人民医院城北院区重症医学科, 浙江杭州 310022

**[摘要]** **目的** 研究床旁超声血流动力学在脓毒血症急性肾损伤(AKI)中的运用。**方法** 回顾性研究 2018 年 6 月至 2020 年 6 月我院重症医学科(ICU)脓毒血症并发 AKI 患者的临床资料及超声检查结果, 根据患者存活时间分为 28 d 病死组和 28 d 存活组。超声评估血流动力学内容包括容量状态评估(含下腔静脉内径、下腔静脉吸气塌陷率、左室舒张末期内径 LVIDd), 心功能指标[含每分钟输出量(CO)、左室射血分数(EF)、二尖瓣 E 波速度和二尖瓣环舒张早期速度比值 E/e'、肺动脉收缩压(PASP)], 肺部超声(含双侧肺部超声评分总和、是否有双侧胸腔积液)。**结果** 58 例研究对象进行超声血流动力学检查, 28 d 病死组 32 例, 28 d 存活组 26 例, 28 d 病死组超声检查呈高容量状态、低心功能、高肺部超声评分, 高容量状态表现为下腔静脉内径(1.97±0.17)cm, 吸气塌陷率(29.94±9.70)%, 机械通气下扩张率(15.69±2.48)%, LVIDd(4.97±0.26)cm; 低心功能表现为 CO(2.98±0.31)L, EF(51.00±0.40)%、E/e'(18.96±1.79)、PASP(43.06±2.72)mmHg; 肺部超声表现为双肺超声评分总和(15.97±0.86)分, 双侧胸腔积液者占 94%(30/32), 28 d 病死组与 28 d 存活组在超声评估血流动力学测量数值上差异有统计学意义(P<0.05)。**结论** 床旁超声通过对脓毒血症 AKI 血流动力学状态监测, 诠释了脓毒血症 AKI 的病理生理学特点, 对评估其预后转归具有较好的应用价值, 指导临床容量管理。

**[关键词]** 超声检查; 脓毒症; 急性肾损伤; 血流动力学

**[中图分类号]** R445

**[文献标识码]** B

**[文章编号]** 1673-9701(2021)23-0106-05

## The application of bedside ultrasound hemodynamic assessment in acute kidney injury in sepsis

SHENG Li<sup>1</sup> LV Huayao<sup>2</sup> ZHAO Min<sup>1</sup> ZENG Longhuan<sup>2</sup>

1. Department of Imaging, Chengbei Branch, Hangzhou First People's Hospital, Zhejiang, Hangzhou 310022, China;

2. Department of Intensive Care Medicine, Chengbei Branch, Hangzhou First People's Hospital, Zhejiang, Hangzhou 310022, China

**[Abstract]** **Objective** To study the application of bedside ultrasound hemodynamics in acute kidney injury (AKI) in sepsis. **Methods** The clinical data and ultrasonography results of patients with AKI complicated by sepsis in the intensive care unit (ICU) of our hospital from June 2018 to June 2020 were retrospectively studied. These patients were divided into the 28-d death group and the 28-d survival group according to their survival time. Ultrasound assessment of hemodynamics included volume status assessment (including the internal diameter of inferior vena cava, the inspiratory collapse rate of inferior vena cava, left ventricular internal diameter at end-diastole, LVIDd), cardiac function indices [including cardiac output (CO) per minute, left ventricular ejection fraction (EF), ratio of mitral E wave velocity to early diastolic velocity of mitral annular (E/e'), pulmonary artery systolic pressure (PASP)], pulmonary ultrasound (including the total score of bilateral pulmonary ultrasound, and the presence or absence of bilateral pleural effusions). **Results** Ultrasound hemodynamic examinations were performed in 58 study subjects, with 32 cases in the 28-d death group and 26 cases in the 28-d survival group. The 28-d death group showed high volume status, low cardiac function and high pulmonary ultrasound scores. The high volume status manifested as an inferior vena cava internal diameter of (1.97±0.17) cm, inspiratory collapse rate of (29.94±9.70)%, dilatation rate under mechanical ventilation of 15.69±2.48%, LVIDd of (4.97±0.26) cm. Low cardiac function manifested as CO (2.98±0.31) L, EF (51.00%±0.40)%, E/e'(18.96±1.79) and PASP (43.06±2.72) mmHg. Lung ultrasound manifested as total score of bilateral lung ultrasound (15.97±

**[基金项目]** 浙江省医药卫生科技计划项目(2019ky536)

▲通讯作者

0.86), the number of patients with bilateral pleural effusion accounted for 94% (30/32). There was statistically significant difference in the values of hemodynamic measurements assessed by ultrasound between the 28-d death group and the 28-d survival group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Bedside ultrasound interprets the pathophysiological features of septic AKI by monitoring the hemodynamic status of septic AKI. It has good application value in assessing its prognostic regression and guiding clinical volume management.

**[Key words]** Ultrasonography; Sepsis; Scute kidney injury; Hemodynamics

脓毒血症是以感染导致全身炎症反应和器官功能损伤为特点的复杂临床综合征,是临床特别是重症医学科常见的综合征。相关研究<sup>[1,2]</sup>报道显示,全球目前大约有 1800 万例脓毒症患者,且发病率呈不断上升趋势。感染、低血容量、泌尿系梗阻、肾毒性药物的使用等均是导致急性肾损伤(AKI)的病因,而脓毒症是引起 AKI 的最常见病因。研究<sup>[3,4]</sup>显示,在脓毒症患者中,AKI 的发生率为 40%~50%,且脓毒症患者发生 AKI 后住院死亡率可增加 6~8 倍,远期慢性肾脏病和心血管死亡风险也相应增加。脓毒性休克相关 AKI 是导致患者死亡的独立危险因素<sup>[5]</sup>。脓毒血症 AKI 血流动力学非常复杂,在 AKI 发生发展过程中,血流动力学紊乱是一个非常重要的诱发或者加重因素,重症超声是评估血流动力学状态有力工具,心脏、肺部、下腔静脉是重症超声评估血流动力学的核心项目,床旁超声具有便捷、无创、实时监测等优势,更适合危重症患者诊断和实时监测评估。本文旨在运用床旁超声对脓毒血症 AKI 患者进行血流动力学监测,分析脓毒血症 AKI 血流动力学的超声表现,指导临床容量管理。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2018 年 6 月至 2020 年 6 月我院重症医学科(ICU)收治的脓毒症并发 AKI 患者的临床资料及超声检查结论,根据患者存活时间分为 28 d 病死组和 28 d 存活组。

**纳入标准:**患者临床资料符合脓毒血症 AKI(脓毒血症参考 Sepsis-3 脓毒症诊断标准<sup>[6]</sup>,AKI 诊断参照最新的 KDIGO 标准<sup>[7]</sup>)。有完整的心脏超声、肺部超声、下腔静脉超声检查资料。

**排除标准:**ICU 住院时间 $<3$  d;明确存在非感染因素所致 AKI,如泌尿系梗阻、心源性因素、肾毒性药物使用及造影剂引起的 AKI;肾移植术后;入 ICU 前存在慢性肾脏病(临床 CKD 诊断标准<sup>[8]</sup>的 CKD4~5 期)或已接受持续性肾脏替代治疗(RRT);超声检查项目不齐全。

### 1.2 方法

**超声仪器:**床旁超声彩超机索诺声 EDGE 和床旁

超声彩超机 GE Vivid i,均配置腹部、高频、心脏三个探头。

**超声检查指标及方法:**临床诊断脓毒血症 AKI 后 24 h 内行床旁超声检查,检查者由一位超声副主任医师和高年资超声主治医师组成,两位医师研究方向均为重症超声。检查内容包括:容量状态(含下腔静脉内径、下腔静脉吸气塌陷率/机械通气下腔静脉扩张率、左室舒张期内径 LVIDd)、心功能指标(含每分钟输出量 CO、左室射血分数 EF、二尖瓣 E 波速度和二尖瓣环舒张早期速度比值 E/e'、肺动脉压力 PASP)、肺部超声评分(含十二分区法双侧肺部超声评分总和、双侧胸腔积液)。上述检查方法均按照尹万红等<sup>[9]</sup>中国重症超声研究组编写的《重症超声临床应用技术规范》为操作标准。

### 1.3 观察指标

容量状态、心功能评估、肺部超声评分三方面超声诊断按照刘大为等<sup>[10]</sup>著的《重症超声》为评估标准。超声评估高容量状态:下腔静脉内径 $>2.0$  cm、下腔静脉吸气塌陷率 $<50\%$ /机械通气下腔静脉扩张率 $<18\%$ 、LVIDd  $>5.0$  cm。超声评估心功能减低:CO $<3$ L、EF $<50\%$ 、E/e' $>18$ 、PASP  $>40$  mmHg。超声评估高肺部超声评分:十二分区法双侧肺部超声评分总和 $>12$ 分,双侧胸腔积液。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 15.0 软件对所有数据进行统计分析,计量资料以( $\bar{x}\pm s$ )表示,采用  $t$  检验;计数资料以率(%)表示,采用  $\chi^2$  检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般资料比较

本研究为回顾性研究,按照纳入标准和排查标准筛选 58 例脓毒血症 AKI 病例(表 1),其中 28 d 病死组 32 例和 28 d 存活组 26 例,两组男女病例数及两组平均年龄比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。病死组和存活组中各有 18 例机械通气。

### 2.2 超声检查容量状态

入选的 58 例患者超声容量评估包括下腔静脉内径、下腔静脉吸气塌陷率/机械通气下腔静脉扩张率

表 1 两组患者一般资料比较

组别	n	性别[n(%)]		平均年龄(岁)
		男	女	
28 d 病死组	32	20(62.50)	12(37.50)	77.72±6.44
28 d 存活组	26	15(57.69)	11(42.30)	78.38±6.77
$\chi^2/t$ 值		0.139		0.383
P 值		0.710		0.703

和左室舒张末期内径(LVIDd)(表 2)。其中 28 d 病死组超声容量评估:下腔静脉内径为正常上限(1.97±0.17)cm,下腔静脉吸气塌陷率(29.94±9.70)%,LVIDd 为正常值上限(4.97±0.26)cm,28 d 存活组容量状态超声测量数值在正常范围,28 d 病死组和 28 d 存活组两组数值比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 2 超声容量评估( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	下腔静脉内径(cm)	下腔静脉		LVIDd(cm)
			吸气塌陷率(%)	机械通气下扩张率(%)	
28 d 病死组	32	1.97±0.17	29.94±9.70	15.69±2.48	4.97±0.26
28 d 存活组	26	1.58±0.14	55.29±9.11	21.77±3.34	4.58±0.27
t 值		9.612	9.933	7.955	5.663
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000

注:LVIDd 为左室舒张末期内径

### 2.3 超声检查心功能

心功能指标床旁超声测量包括 CO、EF、E/e'、PASP(表 3),28 d 病死组 CO 和 EF 为正常低值:CO(2.98±0.31)L,EF(51.00±0.40)%,E/e' 和 PASP 大于正常值:E/e'(18.96±1.79)、PASP(43.06±2.72)mmHg,

28 d 存活组超声测量 CO、EF、E/e' 和 PASP 均在正常范围,28 d 病死组和 28 d 存活组的心功能指标比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 3 超声心功能指标( $\bar{x}\pm s$ )

组别	n	CO(L)	EF(%)	E/e'	PASP(mmHg)
28 d 病死组	32	2.98±0.31	51.00±0.40	18.96±1.79	43.06±2.72
28 d 存活组	26	5.05±0.43	60.00±0.31	13.03±1.75	34.58±2.39
t 值		11.049	8.964	12.670	7.840
P 值		0.000	0.000	0.000	0.000

注:CO 为每分钟心输出量;EF 为左室射血分数;E/e' 为二尖瓣 E 波速度和二尖瓣环舒张早期速度比值;PASP 为肺动脉收缩压

### 2.4 肺部超声检查

床旁超声双侧肺部评分采用十二分区法,每个区域正常 A 线计 1 分,B 线计 2 分,肺部组织征计 3 分,双侧肺部评分计总分,并检查是否存在双侧胸腔积液,28d 病死组双侧肺部超声评分(15.97±0.86)分,94%存在双侧胸腔积液,28 d 存活组双侧肺部超声评分(9.78±0.92)分,27%患者存在双侧胸腔积液,28 d 病死组和 28 d 存活组在肺部超声评分的数值,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 4。

### 3 讨论

脓毒血症患者并发 AKI 是其住院时间延长和死亡率增加的主要原因,AKI 也是严重脓毒症患者病死率增加和预后不良的独立预测因子<sup>[1]</sup>,可能的机制包

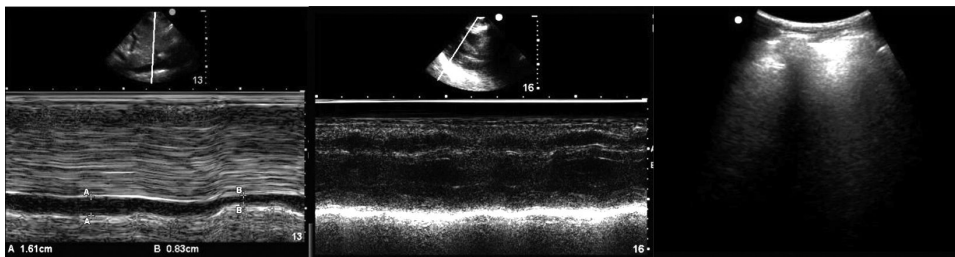


图 1 28 d 存活者,下腔静脉内径 1.61 cm;吸气塌陷率 50%;左室内径 4.5 cm;左室 EF:63%;肺部以正常肺部超声为主。患者处于有容量反应状态,提示即没有低容量状态也没有高容量负荷状态,心脏射血分数 63%,两肺以正常肺部超声为主,说明在良好的心功能情况下,患者不存在高容量负荷,患者有补液空间,可以适当补充血容量,促进肾血流恢复

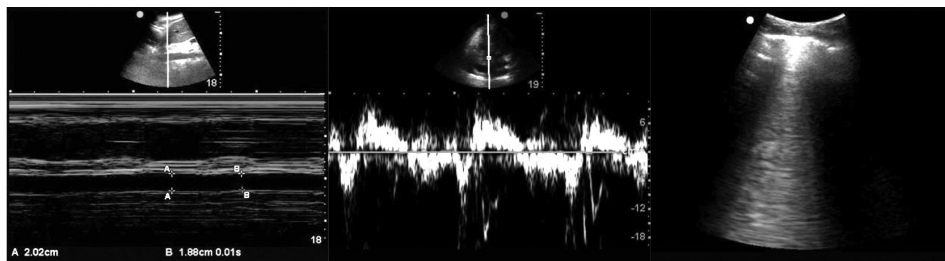


图 2 28 d 死亡者,下腔静脉宽大固定,内径 2.0 cm;吸气塌陷率 10%;室壁运动减弱, e':5 cm/s;肺部出现融合的 B 线,此患者两肺超声总评分 17 分。患者处于恶性的血流动力学状态,高容量负荷、心功能减低并伴发了肺水肿,此类患者应当严格把握液体的使用指征,避免“随意复苏”或者“经验性”液体复苏,严格控制液体入量,联合利尿、正性肌力治疗,利用床旁超声实时监测容量状态

表 4 肺部超声评分

组别	n	双侧肺部超声 评分总分(分)	双侧胸腔积液比例	
			有	无
28 d 病死组	32	15.97±0.86	94(30/32)	6(2/32)
28 d 存活组	26	9.78±0.92	27(7/26)	73(19/26)
$\chi^2$ 值		27.494	27.735	
P 值		0.000	0.000	

括肾缺血、肾小球和血管微血栓形成、肾充血和炎性细胞凋亡<sup>[12]</sup>。导致 AKI 患者死亡的众多因素中,容量超负荷是引起患者死亡率增加的独立危险因素<sup>[13]</sup>。

临床中通过监测中心静脉压(CVP)、心率(HR)、平均动脉压(MAP)等生命体征,并进行复苏前、后动脉血气分析,记录血乳酸及剩余碱水平<sup>[14,15]</sup>,评估患者的容量情况。超声心动图作为一种简便易行的影像技术日渐成为 ICU 可视化的“听诊器”,能够对重症患者的心脏功能进行评价<sup>[16]</sup>,并对其容量状态及容量反应性进行评估,成为一种重要的检查方法。有学者研究显示超声心动图测量与脉搏指示连续心排量(PiCCO)监测心脏每搏输出量(SV)预测容量反应性有较高的一致<sup>[17,18]</sup>,因此超声心动图测量预测患者容量反应性具有较高的预测价值。在容量反应性评估中,下腔静脉是较为常用的超声动态指标<sup>[19]</sup>,王陆豪等<sup>[20]</sup>研究显示肺部超声 B 线监测能敏感且准确反映重症患者容量状态。

本次纳入研究的 58 例脓毒血症 AKI 患者中,28 d 病死 32 例,28 d 存活 26 例,病死例数高于存活例数,可能与老年病医院性质有关,住院患者平均年龄大,多为老年患者,基础疾病多,预后差,缺乏特效药物,使得老年 AKI 患者病死率明显高于青年 AKI,且老年脓毒血症 AKI 患者 28 d 病死率明显高于脓毒症非 AKI 患者<sup>[21]</sup>。男女患病比例本次研究中无统计学意义。

床旁超声检查提示 28 d 存活组容量状态、心功能正常均在正常范围,肺部评分较 28 d 病死组低。28 d 病死组床旁超声检查容量状态为下腔静脉内径(1.97±0.17)cm,下腔静脉吸气塌陷率(29.94±9.70)%,机械通气下下腔静脉扩张率(15.69±2.48)%,LVIDd(4.97±0.26)cm,存在容量负荷过多;心功能为(CO)(2.98±0.31)L、EF(51.00±0.40)%、E/e'(18.96±1.79)、PASP(43.06±2.72)mmHg,表现为心功能减低;肺部超声为双肺超声评分总和(15.97±0.86)分,双侧胸腔积液者占 94%(30/32),为血管外肺水过多征象,28 d 病死组与 28 d 存活组在超声评估血流动力学测量数值上差异有统计学意义( $P<0.05$ ),28 d 病死组总体呈现高容量状态、心功能减低、高肺部超声评分。患者存在容量负荷过多,心功能降低,心输出量减少,左心舒张功

能受损的血流动力学改变,并且肺动脉收缩压增高提示肺水增多、右心功能受损。下腔静脉高张力状态加上右心功能受损,进一步减少回心血量,呈现高容量状态,临床表现为高 CVP。造成心功能受损一方面是高容量负荷,另一面也与 AKI 后神经体液分泌有关,通过急性肾心综合征导致心脏的进一步受损,<sup>[22]</sup>其机制在于容量负荷过高及交感系统、肾素血管紧张素系统等的激活导致高血压,心脏后负荷增高;电解质酸碱紊乱导致心脏损害;氧化应激损伤导致的心肌细胞损伤等。这些因素均可导致心脏输出降低,进而进一步降低肾脏的灌注,同时加剧 CVP 的升高。

综上所述,床旁超声通过检查容量状态、心功能和肺部超声来总体评估血流动力学状态,28d 存活组和 28 d 病死组在血流动力学超声检查数值上有统计学意义( $P<0.05$ ),对评估患者预后转归有较好的运用价值,并进一步指导临床容量管理,为了避免容量过负荷,保护心功能,减少肺水,对于这类患者的液体管理理应该更加严格精确。当患者没有高容量负荷,说明有补液空间,可以适当补充血容量,促进肾血流恢复。并发 AKI 不仅是肾脏单一器官功能受损,也是一个多器官功能障碍的疾病,准确的血流动力学评估是临床治疗的基础,床旁超声检查已成为临床评估血流动力学状态、器官灌注的有力工具,可以利用床旁超声进行实时检测治疗效果,指导后续治疗

本次研究样本集中在老年病医院,为单中心研究,样本量少是不足之处。脓毒血症 AKI 血流动力学改变可导致多器官灌注受累,此次床旁超声探查仅涉及部分灌注器官,未关注胃肠、脑等器官,有待日后更全面的研究。

#### [参考文献]

- [1] 胥腾,黄海辉.降钙素原在成人脓毒症中的研究进展[J].中国感染与化疗杂志,2018,18(6):658-662.
- [2] Machado FR,Cavalcanti AB,Bozza FA,et al. The epidemiology of sepsis in Brazilian intensive care units(the Sepsis PREvalence Assessment Database,SPREAD):an observational study[J]. Lancet Infect Dis,2017,17(11):1180-1189.
- [3] Li K,Liu TX,Li JF,et al. rhEPO inhibited cell apoptosis to alle-viate acute kidney injury in sepsis by AMPK/SIRT1 activated auto-phagy[J]. Biochem Biophys Res Commun,2019,517(4):557-565.

- [4] Li Y, Li H, Zhang D. Timing of continuous renal replacement therapy in patients with septic AKI: A systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine*, 2019, 98(33): e16800.
- [5] Gallagher M, Cass A, Bellomo R, et al. Long-term survival and dialysis dependency following acute kidney injury in intensive care: extended follow-up of a randomized controlled trial[J]. *PLoS Med*, 2014, 11(2): e1001601.
- [6] Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3)[J]. *JAMA*, 2016, 315(8): 801-810.
- [7] Kellum JA, Lameire N. Diagnosis, evaluation, and management of acute kidney injury: a KDIGO summary (Part 1)[J]. *Crit Care*, 2013, 17(1): 204.
- [8] Levey AS, Coresh J, Balk E, et al. National Kidney Foundation practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification[J]. *Ann Intern Med*, 2003, 139: 137-147.
- [9] 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.
- [10] 刘大为, 王小亭. 重症超声[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 129.
- [11] 王敏, 刘虹, 程威. 脓毒症急性肾损伤早期生物标志物的新进展[J]. *中国临床研究*, 2016, 29(3): 424-426.
- [12] 张玲, 张越新, 黄春华, 等. 脓毒症并发急性肾损伤患者临床特点及预后影响因素分析[J]. *中华医院感染学杂志*, 2018, 28(14): 2105-2108.
- [13] 李玉婷, 李洪祥, 张东等. 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.
- [14] Aaronson EL, Filbin MR, Bluw DF, et al. New mandated centers for medicare and medicaid services requirements for sepsis reporting: caution from the field[J]. *J Emerg Med*, 2017, 52(1): 109-116.
- [15] 张碧波, 顾晓蕾, 邵杰, 等. 感染性休克患者复苏 24h 内乳酸清除率对预后的评估价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2016, 26(19): 446-448.
- [16] 韩彤亮, 康维强. 超声心动图评价舒张性心力衰竭的适用标准与合理应用[J]. *中国循环杂志*, 2013, 28: 160.
- [17] 吴敬医, 张霞, 王箴, 等. 超声心动图评价感染性休克患者液体反应性的临床研究[J]. *中国危重病急救医学*, 2014, 26(1): 3640.
- [18] 王守君, 王世富, 翟萍, 等. 床旁超声心动图监测重症患者血容量及心脏功能的临床研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2016, 18(3): 200-202.
- [19] 闫雁, 董士民. 超声评估容量反应性的研究进展[J]. *中国急救医学*, 2017, 37(4): 295-297.
- [20] 王陆豪, 管向东, 陈敏英, 等. 重症患者容量复苏后期肺部超声容量评估[J]. *中华医学杂志*, 2016, 96(17): 1359-1363.
- [21] Hoste EA, Bagshaw SM, Bellomo R, et al. Epidemiology of acute kidney injury in critically ill patients: the multinational AKI-EPI study[J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41(8): 1411-1423.
- [22] 尹万红. 中国重症超声研究组. 液体过负荷与急性肾损伤[J]. *临床荟萃*, 2019, 34(7): 604-607.

(收稿日期: 2021-01-25)