

· 急性肾损伤 ·

# VE<sub>x</sub>US 评分在脓毒症合并急性肾损伤患者中的应用价值

笄伟 朱甜甜 王晓波 梁培培 谢晓东 陈蕊 李冉 丁振兴 张泓

安徽医科大学第一附属医院急诊医学科, 合肥 230032

通信作者: 张泓, Email: zhanghong20070703@163.com

**【摘要】目的** 评估静脉充盈超声评分 (venous excess ultrasound score, VExUS Score) 对脓毒症合并急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 患者的应用价值, 以期降低患者的患病风险及改善预后。**方法** 该研究为单中心前瞻性队列研究, 纳入 2022 年 2 月至 2023 年 2 月入住安徽医科大学第一附属医院急诊重症医学科 (emergency intensive care unit, EICU) 的合并 AKI 的脓毒症患者, 排除无法行超声检查、下腔静脉 (inferior vena cava, IVC) 血栓、年龄 <18 岁及已知肝硬化伴门脉高压的患者。患者接受了超声检查, 并进行了连续测定, 直到 AKI 痊愈或患者开始透析。**结果** 共 86 例患者纳入该研究。年龄 (60.43 ± 15.48) 岁, 男性 50 例 (58.1%)。序贯器官衰竭评估 (sequential organ failure assessment, SOFA) 评分值为 (6.23 ± 1.87) 分。38 例患者 (44.2%) 处于 AKI 1 级, 而各有 24 例患者 (27.9%) 分别处于 AKI 2 级和 3 级。52 例患者 (60.5%) 的 VExUS 分级为 3 级。AKI 的缓解与 VExUS 等级的改善显著相关 ( $P = 0.003$ )。同样, VExUS 级别的变化与液体平衡之间也存在显著相关性 ( $P = 0.005$ )。中心静脉压 (central venous pressure, CVP)、左心室功能和右心室功能与 VExUS 分级的变化无相关性。**结论** 研究表明, VExUS 评分和 AKI 分期之间存在显著的相关性, 随着肾功能的改善, VExUS 评分也有所下降。而且 VExUS 评分能够可靠地显示静脉淤血, 并有助于临床决定进行液体清除。

**【关键词】** 脓毒症; 急性肾损伤; 液体平衡; 门静脉搏动; 静脉充血; 容量过负荷; 床旁超声  
**基金项目:** 安徽省科研编制计划项目 (2023AH040079)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.03.009

## Application value of venous excess ultrasound score (VExUS Score) in patients with sepsis complicated acute kidney injury

Da Wei, Zhu Tiantian, Wang Xiaobo, Liang Peipei, Xie Xiaodong, Chen Rui, Li Ran, Ding Zhenxing, Zhang Hong

Department of Emergency Medicine, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230032, China.

Corresponding author: Zhang Hong, Email: zhanghong20070703@163.com

**【Abstract】Objective** To evaluate the effect of venous excess ultrasound score (VExUS Score) in the acute kidney injury (AKI) in Patients with sepsis, so as to reduce the risk of disease and improve the prognosis of patients. **Methods** This experiment was a single-center prospective cohort study. Include septic patients with AKI who were admitted to the Department of Emergency Intensive Care Unit of the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University from February 2022 to February 2023, Those with inadequate window, inferior vena cava (IVC) thrombus, age <18 years and known case of cirrhosis with portal hypertension were excluded from the study. Patients underwent ultrasound examination with serial determination till AKI resolved or patient is initiated on dialysis. **Results** Totally 86 patients were enrolled for the study. The mean age was (60.43 ± 15.48) with 50 (58.1%) males. Mean sequential organ failure assessment (SOFA) score was (6.23 ± 1.87). 38 patients (44.2%) were in AKI stage 1, while 24 patients (27.9%) were in AKI stage 2 and stage 3 each. 52 patients (60.5%) had VExUS grade III. Resolution of AKI injury showed significant correlation with improvement in VExUS grade ( $p$  value

0.003)。Similarly, there was significant association between changes in VExUS grade and fluid balance ( $p$  value 0.005)。There was no correlation between central venous pressure (CVP), left ventricular function, and right ventricular function with change in VExUS grade. **Conclusions** The study shows a significant correlation between the VExUS Score and AKI staging, With improvement in kidney function, there is decline in the VExUS grade as well. Moreover VExUS Score might reliably demonstrate venous congestion and aid in the clinical decision to perform fluid removal.

**【 Keywords 】** Sepsis; Acute kidney injury; Fluid balance; Portal vein pulsatility; Venous congestion; Volume overload; Point-of-care ultrasound

**Fund program:** Anhui Provincial Scientific Research Preparation Plan Project (2023AH040079)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.03.009

优化脓毒症患者的血流动力学对取得良好的预后至关重要。传统的临床方法依赖于给予补液和血管活性药物来获得足够的心输出量和动脉血压<sup>[1-2]</sup>。然而,最近的研究表明液体超负荷对危重的脓毒症患者是有害的,除了增加患者的病死率外,它还会引起内脏器官损伤,从而增加急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的发生率、在重症监护病房(intensive care unit, ICU)的住院天数和机械通气时间<sup>[3-6]</sup>。因为液体超负荷会导致静脉充血,从而增加静脉压力,减少肾脏血流量,由于肾脏是有包膜的器官,可能会使其对这种影响更加敏感<sup>[7]</sup>。鉴于缺乏可靠的静脉充血的外周表现,客观地确定静脉充血是当务之急,以帮助关键的临床决策,如停止输液、利尿剂的使用和 AKI 的管理等。因此非常希望有可行的和可靠的监测工具,用于检测显著的静脉充血,以优化危重的脓毒症患者的液体治疗。

近几年研究表明,床旁超声(Point-of-care ultrasound, POCUS)不仅可以作为评估静脉充血的无创床边监测手段,还可以监测患者对负平衡治疗的疗效<sup>[8-12]</sup>。下腔静脉(inferior vena cava, IVC)可以作为静脉充血的初始筛查的指标。无论是由于压力较大的静脉容量增加,还是由于右房压力增加,第一个充血明显的静脉部位是 IVC。在 Denault 等<sup>[13]</sup>的一项观察性研究中,心脏手术后患者右室收缩功能障碍和下腔静脉扩张先于肾功能改变,可以作为静脉充血的标志。当 IVC 达到其顺应性的平坦部分时,压力开始以逆行方式传递,肝静脉树出现扩张,肾静脉也是如此。随后,当充血变得更加严重时,门静脉系统可能显示出异常,使其可能成为伤害性充血水平的更具体的标志。在急性加重期的充血性心力衰竭(congestive heart failure, CHF)患者中,右心房压力和门静脉脉动指数之间存在相当的线性关系<sup>[14]</sup>。Chen 等<sup>[15]</sup>

发表的关于心脏手术后患者的一系列病例显示,门静脉多普勒评估是心脏手术后患者末端器官静脉充血的一种有前途的方法。因此,静脉充血导致 IVC 扩张,随后出现肝静脉血流异常以及门静脉搏动和肾静脉多普勒血流异常,这些指标结合在一起被统称为静脉充盈超声评分(venous excess ultrasound score, VExUS Score)<sup>[16]</sup>。因此本研究假设使用下腔静脉、肝静脉波形、门静脉搏动和肾静脉多普勒四个参数组成的 VExUS 评分与液体过载的严重程度相关。在本研究中,主要目的是评估脓毒症合并 AKI 患者的连续 VExUS 评分和 AKI 之间的相关性。次要目标是评估 VExUS 评分与体液平衡、右心功能和体液过负荷的临床症状之间的相关性。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究为前瞻性队列研究,纳入 2022 年 2 月至 2023 年 2 月入住安徽医科大学第一附属医院急诊重症医学科(emergency intensive care unit, EICU)的合并 AKI 的脓毒症患者。纳入标准:患者符合脓毒症 3.0 诊断标准,并且 AKI 符合 AKIN 诊断标准<sup>[17-18]</sup>。排除标准:无法行超声检查,IVC 血栓,年龄 <18 岁及已知肝硬化伴门脉高压的患者。

本研究通过安徽医科大学第一附属医院临床医学研究伦理委员会批准(PJ2023-06-34),所有入选患者均知情同意。

### 1.2 数据收集

记录患者的年龄、性别、感染部位、每天尿量、液体平衡和序贯器官衰竭评估(sequential organ failure assessment, SOFA)评分、中心静脉压(central venous pressure, CVP)、IVC 直径、血管活性药物的使用、机械通气的使用、超声心动图基线记录(左室射血分数、肺动脉收缩压、三尖瓣环收缩期

位移)等资料。对所有入选患者进行每日 VExUS 评分和 AKI 分级。

### 1.3 VExUS 评分工具

由至少具有 3 年超声检查经验的重症医师使用 PHILIPS CX50 机器使用 8~3 MHz 的曲线腹部探头在床边进行超声评估。VExUS 评分分级工具结合了 IVC 直径、门静脉、肝静脉和小叶间肾静脉的静脉多普勒波形,见表 1。进行肝静脉多普勒检查时,收缩期的振幅小于舒张期,且波形朝向肝脏被认为是轻度异常,而出现反向收缩期波形则被认为是严重异常。进行门静脉多普勒检查时,血流速度变化为 30%~49% 被认为是轻度异常,而血流速度变化 >50% 被认为是严重异常。进行肾内静脉多普勒检查时,具有收缩期和舒张期的不连续波形被认为轻度异常,而仅具有舒张期的不连续波形被视为重度异常,见图 1。

表 1 VEXUS 评分系统

Table 1 Venous excess ultrasound score

分级	参数
0 级	IVC<2 cm
1 级	IVC ≥ 2 cm, 腹静脉正常
2 级	IVC>2 cm, 至少 1 根腹静脉轻度异常
3 级	IVC>2 cm, 至少 1 根腹静脉严重异常

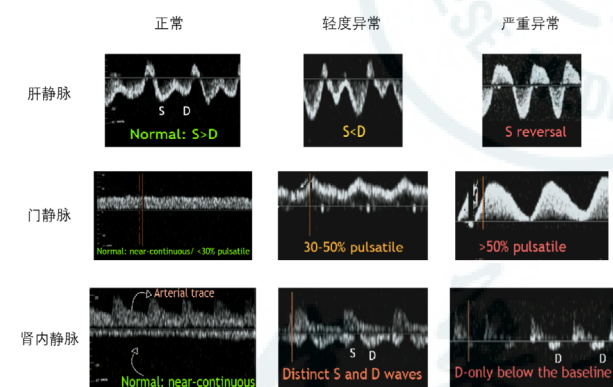


图 1 正常和异常静脉多普勒波形

Fig 1 Normal and abnormal venous Doppler waveforms

### 1.4 统计学方法

数据采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计学数据分析。连续变量用均值和标准差表示。分类变量用频率和百分比表示。根据 VExUS 评分较基线的变化情况,将患者分为改善、无变化和恶化三组。通过 Fisher 精确检验分析了 VExUS 评分变化与 AKI 评分改善之间的关系。对于次要目标,使用 Fischer 精确检验来测试 VExUS 评分与液体平衡体征、右心功能和液体过载的临床体征之间的相关性。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料情况

2022 年 2 月至 2023 年 2 月 EICU 共收治脓毒症合并 AKI 患者 93 例,排除无法行超声检查 4 例,已知肝硬化伴门脉高压的患者 3 例,共 86 例患者纳入研究。患者年龄为  $(60.43 \pm 15.48)$  岁。其中 58.1%(50/86)为男性。SOFA 评分为  $(6.23 \pm 1.87)$  分。38 例为 AKI I 级,24 例为 AKI 2 级,24 例为 AKI 3 级。52 例患者为 VExUS 3 级,见表 2。

表 2 患者基本情况 ( $n=86$ )

Table 2 Characteristics of the enrolled patients ( $n=86$ )

指标	数值
男性 <sup>a</sup>	50 (58.1)
年龄(岁) <sup>b</sup>	$60.43 \pm 15.48$
感染部位 <sup>a</sup>	
肺部	33 (38.3)
血流	26 (30.2)
肠道	19 (22.1)
泌尿系	8 (9.3)
CVP <sup>b</sup>	$18.21 \pm 4.85$
SOFA <sup>a</sup> 评分	$6.23 \pm 1.87$
机械通气 <sup>a</sup>	26 (30.2)
血管活性药物 <sup>a</sup>	31 (36.0)
心脏功能 <sup>b</sup>	
左室射血分数(%)	$42.50 \pm 10.06$
肺动脉收缩压(mmHg)	$45.63 \pm 12.10$
三尖瓣环收缩期位移(mm)	$14.54 \pm 2.36$
AKI 分级 <sup>a</sup>	
1 级	38 (44.2)
2 级	24 (27.9)
3 级	24 (27.9)
VExUS 评分 <sup>a</sup>	
0 级	10 (11.6)
1 级	10 (11.6)
2 级	14 (16.3)
3 级	52 (60.5)

注: CVP 为中心静脉压, SOFA 为序贯器官衰竭评估评分, APACHE II 评分为急性生理与慢性健康评分, AKI 为急性肾损伤; <sup>a</sup>为(例, %), <sup>b</sup>为  $\bar{x} \pm s$

### 2.2 VExUS 评分变化与肾功能、体液平衡变化的比较

根据 VExUS 评分,患者在入院第 3 天被分为改善组、无变化组、恶化组。VExUS 评分的改善与 AKI 的缓解呈显著相关 ( $P=0.003$ )。同样, VExUS 分级的变化与液体平衡之间存在显著相关性 ( $P=0.005$ )。VExUS 评分变化与 CVP、左室功能、右室功能无相关性,见表 3。

### 2.3 VExUS 评分与容量过负荷体征的相关性

评估患者是否存在肺水肿、胸腔积液、下肢水肿和腹水,并根据阳性体征的数量进行分类。统计分析得出,容量超负荷的外周体征与 VExUS 分级的变化无关。见表 4。

表 3 VEXUS 评分变化与肾功能、体液平衡变化的比较 (n,%)  
Table 3 Comparison of change in VEXUS score with change in kidney function and fluid balance (n,%)

指标	VEXUS 评分 改善组	VEXUS 评分 无变化组	VEXUS 评分 恶化组	P 值
AKI				0.003
改善	52 (83.9)	10 (16.1)	0	
无改善	7 (29.2)	10 (41.7)	7 (29.2)	
容量管理				0.005
负平衡	42 (80.8)	10 (19.2)	0	
正平衡	12 (35.3)	12 (35.3)	10 (29.4)	
CVP				0.160
正常	23 (74.1)	2 (6.5)	6 (19.4)	
不正常	32 (58.2)	17 (30.9)	6 (10.9)	
左心功能				0.660
正常	37 (71.2)	10 (19.2)	5 (9.6)	
下降	19 (55.9)	10 (29.4)	5 (14.7)	
右心功能				0.180
正常	40 (76.7)	7 (13.5)	5 (9.6)	
下降	17 (50.0)	12 (35.3)	5 (14.7)	

表 4 VEXUS 评分与容量过负荷体征的相关性 (n,%)  
Table 4 Association of VEXUS score with signs of volume load (n,%)

外周体征	VEXUS 评分 改善组	VEXUS 评分 无变化组	VEXUS 评分 恶化组	P 值
一个阳性体征	19 (65.5)	10 (34.5)	0	0.710
二个阳性体征	17 (89.5)	2 (10.5)	0	
三个阳性体征	10 (58.8)	5 (29.4)	2 (11.8)	
四个阳性体征	17 (81.0)	2 (9.5)	2 (9.5)	

### 3 讨论

AKI 是 ICU 中一种常见的临床疾病, 会导致更高的病死率、更长的住院时间、胃肠道吸收问题、凝血障碍、呼吸衰竭、心力衰竭、肝和神经功能障碍<sup>[19]</sup>。在需要肾脏替代治疗的患者中, AKI 的病死率高达 50%<sup>[20]</sup>。AKI 可由多种因素引起, 如循环衰竭、脓毒症、肾毒性药物、血管收缩药物以及静脉充血。长期以来, 传统治疗策略是强调前向血流, 重点是维持平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP), 避免肾毒性药物, 以及积极治疗脓毒症。然而, 通过积极的液体治疗和血管升压药来实现正常血容量和正常血压的追求可能会适得其反, 因为它可能导致液体超负荷和静脉充血, 导致器官灌注量减少。事实上, 传统上的重点是管理流入压 (MAP), 然而流出压是器官灌注压的关键性决定因素, 但在临床实践中通常被忽视, 并产生严重不良的后果。

Chen 等<sup>[15]</sup>所做的荟萃分析证实了 CVP 升高与 AKI 相关。然而 CVP 在那些 AKI 缓解的患者中没有恢复正常, 显示 CVP 趋势可能不能真正反映临床情况, 因为它存在局限性, 也可能是因为

不同患者对 CVP 的耐受程度不同, 而多普勒血流标志物可能更能反映器官充血和潜在功能障碍的严重程度。液体超载的外周征象与 AKI 无关, 这再次强调了它们可能不能真正反映血管内容量状态的事实<sup>[21]</sup>。

本研究使用了一种新的评分系统——VExUS 评分来评估脓毒症患者队列中的静脉充血情况。由于 AKI 有许多混杂因素, 笔者选择了脓毒症合并 AKI 的患者, 因为他们更容易发生静脉充血。VExUS 评分是基于静脉充血变得明显时首先累积的 IVC, 当 IVC 扩张达到其顺应性的平坦部分时, 压力开始以逆行方式传递, 并且可以看到肝静脉树的扩张, 随后出现门静脉搏动和肾静脉多普勒血流异常。本研究测试了床旁系列超声检查对下腔静脉、肝静脉、门静脉和肾静脉的二维和频谱多普勒成像的效用, 该评分系统首先由 Beaubien-Souligny 等<sup>[22]</sup>在心脏手术后患者中验证, 在这些患者中, VExUS 评分的升高与 AKI 的发生有显著的相关性。本研究结果支持连续 VExUS 评分与 AKI 分级相关的假设。在 86 例患者中, 52 例 AKI 缓解的患者与 VExUS 评分的改善趋势相关, 占与液体平衡下降趋势相关的病例的 83.9%。17 例 AKI 恶化的患者的 VExUS 评分没有变化或恶化, 与临床表现相关。这一发现表明 VExUS 分级的动态趋势与临床状况的改善相关。本研究显示右心功能障碍和 VExUS 评分没有统计学意义上的关联, 这表明高的充血评分及其反映 AKI 的发生与静脉液体超负荷有关, 而不一定与心功能障碍本身有关。尽管这不是一个新颖的概念, 但自从重症监护病房存在以来, 在很大程度上被忽视了, 临床医生更偏向于动脉侧, 然而, 本研究进一步强调了循环的静脉侧的重要性<sup>[23]</sup>。

本研究的局限性主要包括, 首先是一单中心研究, 样本量小以及未对患者进行随机化的观察性设计。其次, 作为一项观察性研究, VExUS 评分是假设产生的, 治疗方向不能仅基于此而实施。此外, 它是在一组特殊的 AKI 患者中进行的。因此, 本研究结果还需要进一步大规模的前瞻性研究验证。

综上所述, 床旁超声动态评估血流参数是非常重要的, 下腔静脉、肝静脉和门静脉的联合分级能够可靠地证明静脉充血, 并有助于临床决策进行液体清除。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 笪伟、朱甜甜：实验操作、论文撰写；王晓波，谢晓东，李冉，陈蕊，梁培培：数据收集及整理、统计学分析；丁振兴、张泓：研究设计、论文修改

#### 参 考 文 献

- [1] Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(Suppl 1): 10-67. DOI: 10.1007/s00134-019-05878-6.
- [2] 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.
- [3] Zhang L, Chen ZW, Diao YS, et al. Associations of fluid overload with mortality and kidney recovery in patients with acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Crit Care*, 2015, 30(4): 860.e7-860.13. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.03.025.
- [4] Vaara ST, Pettilä V, Kaukonen KM, et al. The attributable mortality of acute kidney injury: a sequentially matched analysis[J]. *Crit Care Med*, 2014, 42(4): 878-885. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000045.
- [5] Stevenson LW, Perloff JK. The limited reliability of physical signs for estimating hemodynamics in chronic heart failure[J]. *JAMA*, 1989, 261(6): 884-888.
- [6] Malbrain MLNG, 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. DOI: 10.1186/s13613-018-0402-x.
- [7] Cruces P, Salas C, Lillo P, et al. The renal compartment: a hydraulic view[J]. *Intensive Care Med Exp*, 2014, 2(1): 26. DOI: 10.1186/s40635-014-0026-x.
- [8] Argaiz ER, Rola P, Gamba G. Dynamic changes in portal vein flow during decongestion in patients with heart failure and cardio-renal syndrome: a POCUS case series[J]. *Cardiorenal Med*, 2021, 11(1): 59-66. DOI: 10.1159/000511714.
- [9] Eljaiek R, Cavayas YA, Rodrigue E, et al. High postoperative portal venous flow pulsatility indicates right ventricular dysfunction and predicts complications in cardiac surgery patients[J]. *Br J Anaesth*, 2019, 122(2): 206-214. DOI: 10.1016/j.bja.2018.09.028.
- [10] Husain-Syed F, Birk HW, Ronco C, et al. Doppler-derived renal venous stasis index in the prognosis of right heart failure[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(21): e013584. DOI: 10.1161/JAHA.119.013584.
- [11] Bhardwaj V, Vikneswaran G, Rola P, et al. Combination of inferior vena Cava diameter, hepatic venous flow, and portal vein pulsatility index: venous excess ultrasound score (VEXUS score) in predicting acute kidney injury in patients with cardiorenal syndrome: a prospective cohort study[J]. *Indian J Crit Care Med*, 2020, 24(9): 783-789. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23570.
- [12] Spiegel R, Teeter W, Sullivan S, et al. The use of venous Doppler to predict adverse kidney events in a general ICU cohort[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 615. DOI: 10.1186/s13054-020-03330-6.
- [13] Denault AY, Beaubien-Souligny W, Elmi-Sarabi M, et al. Clinical significance of portal hypertension diagnosed with bedside ultrasound after cardiac surgery[J]. *Anesth Analg*, 2017, 124(4): 1109-1115. DOI: 10.1213/ANE.0000000000001812.
- [14] Prowle JR, Bellomo R. Fluid administration and the kidney[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2010, 16(4): 332-336. DOI: 10.1097/MCC.0b013e328333be90b.
- [15] Chen XK, Wang XT, Honore PM, et al. Renal failure in critically ill patients, beware of applying (central venous) pressure on the kidney[J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1): 91. DOI: 10.1186/s13613-018-0439-x.
- [16] 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. DOI: 10.1186/s13089-020-00163-w.
- [17] 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. DOI: 10.1001/jama.2016.0287.
- [18] Lopes JA, Jorge S. The RIFLE and AKIN classifications for acute kidney injury: a critical and comprehensive review[J]. *Clin Kidney J*, 2013, 6(1): 8-14. DOI: 10.1093/ckj/sfs160.
- [19] Negi S, Koreeda D, Kobayashi S, et al. Acute kidney injury: Epidemiology, outcomes, complications, and therapeutic strategies[J]. *Semin Dial*, 2018, 31(5): 519-527. DOI: 10.1111/sdi.12705.
- [20] Faubel S, Edelstein CL. Mechanisms and mediators of lung injury after acute kidney injury[J]. *Nat Rev Nephrol*, 2016, 12(1): 48-60. DOI: 10.1038/nrneph.2015.158.
- [21] Guinot PG, Abou-Arab O, Longrois D, et al. Right ventricular systolic dysfunction and vena cava dilatation precede alteration of renal function in adult patients undergoing cardiac surgery: an observational study[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2015, 32(8): 535-542. DOI: 10.1097/EJA.000000000000149.
- [22] Beaubien-Souligny W, Eljaiek R, Fortier A, et al. The association between pulsatile portal flow and acute kidney injury after cardiac surgery: a retrospective cohort study[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2018, 32(4): 1780-1787. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.11.030.
- [23] Maxwell MH, Breed ES, Schwartz IL. Renal venous pressure in chronic congestive heart failure[J]. *J Clin Invest*, 1950, 29(3): 342-348. DOI: 10.1172/JCI102263.

(收稿日期：2023-07-10)

(本文编辑：张斯龙)