

# 床旁超声在监测感染性休克患者心排血量和容量反应性中的临床价值

代荣钦 张雪艳 王海波 张帆 秦秉玉

郑州大学人民医院, 河南省人民医院重症医学科, 河南郑州 450003

通信作者: 张雪艳, Email: zxy15093250350@163.com

**【摘要】目的** 评价床旁超声在监测感染性休克患者心排血量(CO)和容量反应性中的临床价值。**方法** 采用前瞻性调查研究方法。选择2020年11月25日至2021年4月30日在郑州大学人民医院, 河南省人民医院重症医学科因病情需要行脉搏指示连续心排血量(PiCCO)监测的24例感染性休克机械通气患者作为研究对象。记录患者的基本资料及实验室检查结果, 采用PiCCO监测入组时(0 h)和入组后2、6、12、24、48 h的CO、每搏量变异度(SVV); 同时行床旁经胸心脏超声测定左室流出道速度时间积分(VTI)、下腔静脉直径(dIVC), 并计算CO、VTI变异率( $\Delta$ VTI)和dIVC变异率( $\Delta$ dIVC)。以PiCCO监测的数值为标准, 对床旁超声测量的指标进行一致性检验及相关性分析。**结果** 24例患者中有22例获得了满意的超声多普勒图像, 入组患者心率(HR)、平均动脉压(MAP)及体温均符合感染性休克的病理生理特征。随治疗时间延长, 患者HR、CO均逐渐下降, MAP逐渐升高, 于入院后48 h达峰值或谷值, 且与入组时比较差异有统计学意义[HR(次/min):  $90.36 \pm 15.35$  比  $116.82 \pm 19.82$ , MAP(mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa):  $87.82 \pm 11.06$  比  $58.82 \pm 9.85$ , CO(L/min):  $4.80 \pm 0.56$  比  $6.78 \pm 1.31$ , 均  $P < 0.05$ ]。PiCCO和床旁超声测定的CO总体上具有良好的-一致性[分别为5.36(4.78, 6.33) L/min和5.21(4.88, 6.35) L/min], 各时间点平均差异值为(-0.02  $\pm$  0.69) L/min, 95%一致限范围为-1.35 ~ 1.34, 且二者具有高度相关性( $r_s=0.800$ ,  $P < 0.001$ ); PiCCO测定的SVV和床旁超声测定的 $\Delta$ dIVC具有良好一致性[分别为18.00%(14.00%, 24.00%) 和21.00%(14.00%, 25.75%)], 各时间点平均差异值为(-3.16  $\pm$  6.89)%, 95%一致限范围为-16.89 ~ 10.54, 且二者具有中度相关性( $r_s=0.702$ ,  $P < 0.001$ )。PiCCO测定的SVV和床旁超声测定的 $\Delta$ VTI具有良好一致性[分别为18.00%(14.00%, 24.00%)、16.00%(11.25%, 20.75%)], 各时间点平均差异值为(13.03  $\pm$  14.75), 95%一致限范围为-1.72 ~ 27.78, 且二者具有高度相关性( $r_s=0.918$ ,  $P < 0.001$ )。**结论** 床旁超声能准确评估感染性休克患者的CO及容量反应性, 且 $\Delta$ VTI在评估容量反应性时优于 $\Delta$ dIVC。

**【关键词】** 床旁超声; 感染性休克; 心排血量; 容量反应性; 脉搏指示连续心排血量监测

**基金项目:** 河南省科技攻关计划(KK20200124); 河南省医学适宜推广项目(SYJS2020049)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210610-00800

## Clinical value of point of care ultrasound on cardiac output and volume responsiveness in patients with septic shock

Dai Rongqin, Zhang Xueyan, Wang Haibo, Zhang Fan, Qin Bingyu

Department of Critical Care Medicine, Zhengzhou University People's Hospital, Henan Provincial People's Hospital, Zhengzhou 450000, Henan, China

Corresponding author: Zhang Xueyan, Email: zxy15093250350@163.com

**【Abstract】Objective** To assess the value of point of care ultrasound on cardiac output (CO) and volume responsiveness in patients with septic shock. **Methods** A prospective investigation study was conducted. Twenty-four mechanical ventilation patients with septic shock who needed pulse-indicated continuous cardiac output (PiCCO) monitoring in the department of critical care medicine of Zhengzhou University People's Hospital, Henan Provincial People's Hospital from November 25, 2020 to April 30, 2021 were selected as the subjects, the patient's basic information and laboratory test results were recorded. PiCCO was used as standard to monitor CO and stroke volume variability (SVV) at 0, 2, 6, 12, 24 and 48 hours. At the same time, point of care transthoracic echocardiography (TTE) was used to measure velocity time integral (VTI) and inferior vena cava diameter (dIVC), the CO, VTI variation rate ( $\Delta$ VTI) and dIVC variation rate ( $\Delta$ dIVC) were calculated. Then, using the value monitored by PiCCO as the standard, the consistency and correlation analysis were carried out between point of care ultrasound with PiCCO. **Results** Twenty-two out of 24 patients obtained satisfactory ultrasound Doppler images, the heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP) and body temperature of the enrolled patients were consistent with the pathophysiological characteristics of septic shock. With the extension of treatment time, HR and CO both gradually decreased, and MAP gradually increased, reaching a peak or trough at 48 hours after admission. The difference were statistically significant compared with the time of admission [HR (bpm):  $90.36 \pm 15.35$  vs.  $116.82 \pm 19.82$ , MAP (mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa):  $87.82 \pm 11.06$  vs.  $58.82 \pm 9.85$ , CO (L/min):  $4.80 \pm 0.56$  vs.  $6.78 \pm 1.31$ , all  $P < 0.05$ ]. The CO obtained by PiCCO and point of care ultrasound had good agreement [5.36 (4.78, 6.33) L/min and 5.21 (4.88, 6.35) L/min,

respectively], the average difference value at each time point was  $(-0.02 \pm 0.69)$  L/min, the 95% agreement limit range was  $-1.35-1.34$ , and there was a high degree of correlation ( $r_s = 0.800, P < 0.001$ ); The SVV by PiCCO and the  $\Delta$ dIVC by point of care ultrasound were in good agreement [18.00% (14.00%, 24.00%) and 21.00% (14.00%, 25.75%), respectively], the average difference value at the time point was  $(-3.16 \pm 6.89)\%$ , the 95% agreement limit range was  $-16.89-10.54$ , and there was a moderate correlation ( $r_s = 0.702, P < 0.001$ ); The SVV by PiCCO and the  $\Delta$ VTI by point of care ultrasound were in good agreement [18.00% (14.00%, 24.00%) and 16.00% (11.25%, 20.75%), respectively], the average difference value at each time point was  $(13.03 \pm 14.75)\%$ , and the 95% agreement limit range was  $1.72-27.78$ , and there was a high correlation ( $r_s = 0.918, P < 0.001$ ). **Conclusion** Point of care ultrasound can accurately assess CO and volume responsiveness of patients with septic shock, and the  $\Delta$ VTI is better than the  $\Delta$ dIVC in assessing volume responsiveness.

**【Key words】** Point of care ultrasound; Septic shock; Cardiac output; Volume responsiveness; Pulse-indicated continuous cardiac output monitoring

**Fund program:** Henan Province Science and Technology Research Plan of China (KK20200124); Henan Medical Suitability Promotion Project of China (SYJS2020049)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210610-00800

感染性休克是一种临床常见的危重疾病,其病情急、进展迅速及病死率高等特点严重威胁着患者生命健康。而在准确评估患者心功能、容量状态及容量反应性基础上进行精准液体管理是治疗感染性休克的关键所在<sup>[1]</sup>。在临床工作中,脉搏指示连续心排量(pulse-indicated continuous cardiac output, PiCCO)监测是公认的能客观、准确评估血流动力学的手段,但由于其有创、操作耗时间长、检查费用昂贵且存在导管相关感染的风险,严重限制了其在临床上的广泛应用<sup>[2]</sup>。重症超声是在重症医学理论指导下,运用超声技术,针对重症患者,以问题为导向的、多目标整合的动态评估过程,是指导血流动力学治疗方向及调整精细治疗的重要检测手段,因其独特的优点越来越受到临床重视。有研究显示,床旁超声可准确预测脓毒症患者的心功能及容量反应性<sup>[3-4]</sup>,但也有研究者得出了不一致的观点<sup>[5]</sup>。临床工作中发现,速度时间积分变异率(velocity time integral variation rate,  $\Delta$ VTI)在评估容量反应性时有其独特的优势。本研究应用床旁超声测量感染性休克患者的心排量(cardiac output, CO)及容量反应性,并与 PiCCO 测定的结果进行相关性分析,旨在评价床旁超声对监测感染性休克患者 CO 及容量反应性中的临床应用价值,从而为临床寻找到更能准确反映容量反应性的指标提供依据。

## 1 资料和方法

**1.1 研究对象:** 采用前瞻性调查研究方法,选择 2020 年 11 月 25 日至 2021 年 4 月 30 日在本院重症医学科因病情需要行 PiCCO 监测的 24 例感染性休克行机械通气的患者作为研究对象。

**1.1.1 纳入标准:** ① 根据脓毒症 3.0 标准<sup>[6]</sup>诊断为感染性休克,年龄  $\geq 18$  岁,性别不限; ② 需要进行 PiCCO 监测、且因病情需要已行或需要行机械通者;

③ 本人或授权委托人能理解和遵守协议要求,自愿参加本研究并签署知情同意书。

**1.1.2 排除标准:** ① 合并终末期疾病、肿瘤恶病质等严重基础疾病者; ② 短时间可能死亡者; ③ 面临需要紧急处理并与行 PiCCO 监测操作冲突者〔如心搏、呼吸骤停需要心肺复苏患者,急需行体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)等; ④ 孕妇或妊娠期女性; ⑤ 有 PiCCO 和置管禁忌证。

**1.1.3 伦理学:** 本研究符合医学伦理学标准,并经本院医学伦理委员会批准(审批号: 20200-176),所有患者对本研究知情同意。

**1.2 仪器设备:** 应用 PC4000 型 CO 测量仪监测模块(德国 Pulsion)进行 PiCCO 监测; PiCCO 股动脉留置导管(上海迈柯唯医疗设备有限公司); 颈内静脉放置中心静脉导管(广东百合医疗科技股份有限公司); M9 便携式彩色多普勒超声系统(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)。

## 1.3 测定方法

**1.3.1 PiCCO 法:** 入组患者由同一专科医师进行相关操作。所有患者均放置颈内或锁骨下双腔或三腔中心静脉导管,股动脉置入 PiCCO 导管。操作方法: ① 准备好注射用冷生理盐水(温度  $< 5^\circ\text{C}$ ) 15 mL; ② 打开监护仪监测系统的 CO 计算页面输入患者基本信息,包括身高、体质量、中心静脉压(central venous pressure, CVP)等; ③ 采用经肺热稀释技术,动静脉校 0 待基线稳定后尽可能快地注射冷生理盐水 15 mL ( $< 5$  s); ④ 重复 3 次热稀释测量后计算 PiCCO 测量值并记录。

**1.3.2 床旁超声法:** 患者取平卧位,深镇痛镇静,无自主呼吸状态,充分暴露检查部位,常规连接超声设备后,使用相控阵探头于剑突下四腔心处测量下腔静脉直径(inferior vena cava diameter, dIVC),

并于 M 超下视角距肝静脉汇入下腔静脉约 2 cm 处测量吸气末下腔静脉最大直径(maximal of inferior vena cava diameter, dIVCmax)和呼气末下腔静脉最小直径(minimal of inferior vena cava diameter, dIVCmin),测量 3 次取平均值,并计算出 dIVC 变异率(dIVC variation rate,  $\Delta$ dIVC);于胸骨左缘第 3~4 肋间即左室长轴切面测量主动脉直径(diameter, D),于心尖五腔心切面主动脉瓣口处采用频谱多普勒取样容积测定左室流出道速度时间积分(velocity time integral, VTI),并根据呼吸周期左室流出道 VTI 最大值(maximal of VTI, VTI<sub>max</sub>)和左室流出道 VTI 最小值(minimal of VTI, VTI<sub>min</sub>)计算出  $\Delta$ VTI。

**1.4 评价指标:**收集患者的一般资料,包括性别、年龄、身高、体质量、入住重症监护病房(intensive care unit, ICU)主要疾病、急性生理学与慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、生命体征等;同时采用床旁超声与 PiCCO 监测患者入组时和入组后 2、6、12、24、48 h 的 CO、每搏量变异度(stroke volume variability, SVV)、 $\Delta$ dIVC, 根据公式  $\Delta$ dIVC = (dIVC<sub>max</sub> - dIVC<sub>min</sub>) / [(dIVC<sub>max</sub> + dIVC<sub>min</sub>) / 2] × 100% 计算出  $\Delta$ dIVC 值,根据公式  $CO = VTI \times \pi \times (D/2)^2 \times$  心率(heart rate, HR)计算出 CO,根据公式  $\Delta$ VTI = (VTI<sub>max</sub> - VTI<sub>min</sub>) / [(VTI<sub>max</sub> + VTI<sub>min</sub>) / 2] × 100% 计算出  $\Delta$ VTI;为保证结果的可靠性,同一检查结果由研究人员测定 3 次后取平均值。

**1.5 统计学方法:**使用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。服从正态分布的连续性资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,不服从正态分布的连续性资料以中位数(四分位数)[ $M(Q_L, Q_U)$ ]表示,采用重复测量的方差分析探讨各指标随时间变化的差异,将差异有统计学意义的指标进一步采用 Bonferroni 校正法进行两两比较,采用 Bland-Altman 检验指标间的一致性;相关性分析数据均为不服从正态分布的连续性资料,故采用 Spearman 相关系数  $r_s$  进行探讨。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 一般资料:**患者因中途死亡 1 例和不能获得满意超声图像 1 例而剔除,最终纳入 22 例,其中男性 13 例,女性 9 例;年龄 23~76 岁,平均(54.27  $\pm$  19.18)岁;体质量指数(body mass index, BMI) 21.91~25.56 kg/m<sup>2</sup>,平均(24.40  $\pm$  3.83) kg/m<sup>2</sup>; APACHE II 评分为(23.00  $\pm$  11.78)分。

**2.2 行 PiCCO 监测的感染性休克机械通气患者入组后不同时间点 HR、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)、体温、CO 水平比较(表 1):**入组患者的基础 HR、MAP、体温、CO 等指标的变化趋势符合感染性休克的病理生理特点。随时间延长,HR、CO 均逐渐下降,MAP 逐渐升高,于入组后 48 h 达峰值或谷值,与入组时比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

表 1 行 PiCCO 的感染性休克机械通气患者各时间点 HR、MAP、体温、CO 水平比较( $\bar{x} \pm s$ )

时间	例数(例)	HR(次/min)	MAP(mmHg)
入组时	22	116.82 $\pm$ 19.82	58.82 $\pm$ 9.85
入组后 2 h	22	106.00 $\pm$ 16.93	66.36 $\pm$ 7.44 <sup>a</sup>
入组后 6 h	22	103.05 $\pm$ 16.69	70.77 $\pm$ 9.12 <sup>a</sup>
入组后 12 h	22	100.23 $\pm$ 18.55	77.82 $\pm$ 12.65 <sup>abc</sup>
入组后 24 h	22	94.32 $\pm$ 13.86 <sup>ab</sup>	82.82 $\pm$ 11.90 <sup>abc</sup>
入组后 48 h	22	90.36 $\pm$ 15.35 <sup>abcd</sup>	87.82 $\pm$ 11.06 <sup>abcd</sup>
F 值		12.920	37.170
P 值		<0.001	<0.001
时间	例数(例)	体温(°C)	CO(L/min)
入组时	22	37.47 $\pm$ 0.91	6.78 $\pm$ 1.31
入组后 2 h	22	37.45 $\pm$ 0.73	6.03 $\pm$ 1.07
入组后 6 h	22	37.61 $\pm$ 0.64	5.87 $\pm$ 0.98
入组后 12 h	22	37.61 $\pm$ 0.64	5.06 $\pm$ 0.78 <sup>ab</sup>
入组后 24 h	22	37.36 $\pm$ 0.61	5.06 $\pm$ 0.78 <sup>ab</sup>
入组后 48 h	22	37.25 $\pm$ 0.53	4.80 $\pm$ 0.56 <sup>abc</sup>
F 值		2.330	17.150
P 值		0.097	<0.001

注:HR 为心率,MAP 为平均动脉压,CO 为心排量;与入组时比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与入组后 2 h 比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$ ;与入组后 6 h 比较,<sup>c</sup> $P < 0.05$ ;与入组后 12 h 比较,<sup>d</sup> $P < 0.05$

**2.3 PiCCO 与床旁超声两种方法测定的 CO 结果比较(表 2;图 1):**从 Bland-Altman 图中可以看出,各时间点平均差异值为(-0.02  $\pm$  0.69) L/min,95% 一致限范围为 -1.35~1.34,在不同时间点共有 8 个点落在 95% 一致性界限外。因此,可以认为 PiCCO 与床旁超声法测定的 CO 具有良好一致性,且 PiCCO 与床旁超声测定的 CO 总体具有高度相关性( $r_s = 0.800, P < 0.001$ )。

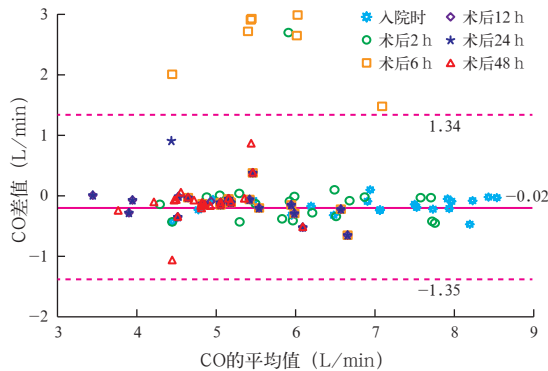
表 2 PiCCO 和床旁超声测定不同指标的相关性分析

测定方法	指标	结果[ $M(Q_L, Q_U)$ ]	$r_s$ 值	P 值
PiCCO	CO(L/min)	5.36(4.78, 6.33)	0.800	<0.001
床旁超声	CO(L/min)	5.21(4.88, 6.35)		
PiCCO	SVV(%)	18.00(14.00, 24.00)	0.702	<0.001
床旁超声	$\Delta$ dIVC(%)	21.00(14.00, 25.75)		
PiCCO	SVV(%)	18.00(14.00, 24.00)	0.918	<0.001
床旁超声	$\Delta$ VTI(%)	16.00(11.25, 20.75)		

注:PiCCO 为脉搏指示连续心排量监测,CO 为心排量,SVV 为每搏量变异度, $\Delta$ dIVC 为下腔静脉直径变异率, $\Delta$ VTI 为速度时间积分变异率

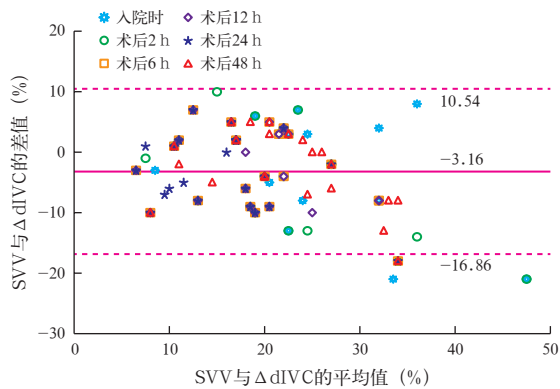


**2.4 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ dIVC 结果比较 (表 2; 图 2):** 从 Bland-Altman 图中可以看出,各时间点平均差异值为  $(-3.16 \pm 6.89)\%$ , 95% 一致限范围为  $-16.89 \sim 10.54$ , 在不同时间点共有 4 个点落在 95% 一致性界限外。因此,可以认为 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ dIVC 具有良好一致性,且 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ dIVC 总体具有中度相关性 ( $r_s=0.702, P<0.001$ )。



注: PiCCO 为脉搏指示连续心排血量监测, CO 为心排血量; 实线代表差异的均值, 上、下两条虚线代表 95% 一致限的上限和下限

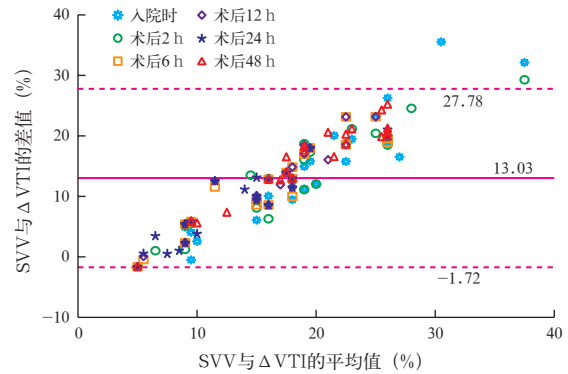
**图 1 PiCCO 与床旁超声测定的 CO 一致性的 Bland-Altman 图**



注: PiCCO 为脉搏指示连续心排血量监测, SVV 为每搏量变异度,  $\Delta$ dIVC 为下腔静脉直径变异率; 实线代表差异的均值, 上、下两条虚线代表 95% 一致限的上限和下限

**图 2 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ dIVC 一致性的 Bland-Altman 图**

**2.5 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ VTI 结果比较 (表 2; 图 3):** 从 Bland-Altman 图中可以看出,各时间点的平均差异值为  $(13.03 \pm 14.75)\%$ , 95% 一致限范围为  $-1.72 \sim 27.78$ , 在不同时间点共有 3 个点落在 95% 一致性界限外。因此,可以认为 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ VTI 具有良好一致性,且 PiCCO 法测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ VTI 总体具有高度相关性 ( $r_s=0.918, P<0.001$ )。



注: PiCCO 为脉搏指示连续心排血量监测, SVV 为每搏量变异度,  $\Delta$ VTI 为左室流出道速度时间积分变异率; 实线代表差异的均值, 上、下两条虚线代表 95% 一致限的上限和下限

**图 3 PiCCO 测定的 SVV 与床旁超声测定的  $\Delta$ VTI 一致性的 Bland-Altman 图**

### 3 讨论

脓毒症是 ICU 常见的病死率较高的疾病之一。有研究表明,脓毒症患者的病死率波动在 18% ~ 55%<sup>[7]</sup>。脓毒性休克又称感染性休克,是脓毒症较为严重的类型。目前国内外尚无明确方案能够降低感染性休克患者的病死率,而临床上应用的目标导向液体复苏策略也存在争议<sup>[8]</sup>。感染性休克的实质是血管张力改变引起的机体有效循环血容量明显下降,组织灌注急剧减少进而导致组织细胞缺氧以及器官功能障碍,本质是氧供需平衡被打破。满足组织灌注是液体复苏的始动因素,亦是液体复苏终点的判断标准之一<sup>[9]</sup>。但遗憾的是,虽然有大量间接评估容量的指标存在,仍缺乏直接有效的临床标志物,临床上有效循环血容量的评估仍很困难<sup>[10]</sup>。

PiCCO 是一种经典的血流动力学监测方法,具有连续性、可重复性等优点,可准确评估心功能、肺水肿状态、容量及容量反应性。然而, PiCCO 监测具有一定的创伤,且该技术尚未在基层医院普及,在临床上应用具有一定的局限性。近年来,重症超声以其无创、快速、无辐射的优点得到了重症医师的青睐。重症超声在指导感染性休克患者液体复苏、寻找感染源、评估心脏功能以及容量反应性等方面具有较高的临床应用价值,甚至可以作为床旁手术的支持手段<sup>[7, 11-12]</sup>。申丽旻等<sup>[13]</sup>的研究显示,床旁超声能准确、迅速评估患者的心功能及容量反应性,可为临床治疗起到指导作用。但顾亚楠<sup>[14]</sup>的研究发现,在某一时间段 PiCCO 测定的 CO 低于床旁超声法,考虑与外周血管阻力快速变化有关。目前在临床上发现,采用超声法测得的 VTI 来计算每搏量 (stroke volume, SV) 更接近患者真实情

况,因此,本研究选择测量的 VTI 方式计算 CO,结果显示,床旁超声测定的 CO 与 PiCCO 测得的结果一致性良好,且具有高度相关性,与既往研究相符,临床应用床旁超声与 PiCCO 一样均能准确反映 CO 情况和心脏泵血功能。孙峻等<sup>[15]</sup>研究显示, PiCCO 和超声均可准确预测脓毒症患者的容量反应性,且一致性良好,均优于传统方法。但 Shostak 等<sup>[5]</sup>却发现,针对心脏手术后应用  $\Delta$ dIVC 并不能准确评估患者的容量反应性。临床工作中发现,使用 dIVC 及  $\Delta$ dIVC 来评估患者的容量状态及容量反应性时受诸多因素的影响,如心脏结构和功能、呼吸系统疾病、腹腔高压及血管本身等问题。本研究纳入患者均接受呼吸机支持,且超声测量时患者处于无自主呼吸状态,尽可能地减少误差。本研究结果显示, PiCCO 测得的 SVV 与床旁超声法测得的  $\Delta$ dIVC 有良好一致性,且呈中度相关性,  $\Delta$ dIVC 可在一定程度上反映患者的容量反应性。有 Meta 分析表明,  $\Delta$ VTI 能较好地体现患者的容量反应性<sup>[4]</sup>。因此,本研究进一步通过床旁超声测量并计算出患者的  $\Delta$ VTI,通过分析显示,  $\Delta$ VTI 与 SVV 有良好的一致性, SVV 越大,则  $\Delta$ VTI 越大,且二者为高度相关性。本研究结果也表明,  $\Delta$ dIVC 和  $\Delta$ VTI 均能反映容量反应性,在一定程度上  $\Delta$ VTI 优于  $\Delta$ dIVC,也给临床工作提供了更多理论依据。这与目前国内外的研究结果一致<sup>[15-16]</sup>,床旁超声法测定的 CO、 $\Delta$ dIVC、 $\Delta$ VTI 可准确评估感染性休克患者的心功能、容量反应性等。然而,超声法是基于“心肺交互”的原理测定  $\Delta$ dIVC、 $\Delta$ VTI 等动态指标来预测容量反应性,要求研究对象无自主呼吸,且潮气量不能过小。

床旁超声也有一定的局限性,如少数患者受体位的限制,某些器官难以显示;操作者水平、图像质控不均一、主观性强等因素的存在也让我们在临床工作中不能完全依赖超声。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Kuhn SO, Meissner K, Rehberg S. Fluid resuscitation in sepsis: "get the balance right" [J]. Crit Care Med, 2017, 45 (3): 555-556. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002244.
- [2] Litton E, Morgan M. The PiCCO monitor: a review [J]. Anaesth Intensive Care, 2012, 40 (3): 393-409. DOI: 10.1177/0310057X1204000304.
- [3] 原娇娇, 杨晓玲, 袁琪茜, 等. 基于脓毒性休克患者超声引导下液体复苏与早期目标导向治疗复苏效果的系统评价 [J]. 中华危重病急救医学, 2020, 32 (1): 56-61. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191114-00010.
- [4] Yan JJ, Yang XL, Yan QX, et al. Systematic review of ultrasound-guided fluid resuscitation vs. early goal-directed therapy in patients with septic shock [J]. Chin Crit Care Med, 2020, 32 (1): 56-61. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191114-00010.
- [5] Shostak E, Shochat T, Manor O, et al. Fluid responsiveness predictability in immediate postoperative pediatric cardiac surgery. Is the old slandered central venous pressure back again? [J]. Shock, 2021, 56 (6): 927-932. DOI: 10.1097/SHK.0000000000001786.
- [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. DOI: 10.1001/jama.2016.0287.
- [7] Devia Jaramillo G, Menendez Ramirez S. USER Protocol as a guide to resuscitation of the patient with septic shock in the emergency department [J]. Open Access Emerg Med, 2021, 13: 33-43. DOI: 10.2147/OAEM.S289148.
- [8] Angus DC. Early, goal-directed therapy for septic shock: a patient-level Meta-analysis [J]. N Engl J Med, 2017, 377 (10): 995. DOI: 10.1056/NEJMc1708979.
- [9] 刘大为. 休克治疗: 行走于微循环与细胞之间 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25 (1): 2-4. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.01.002.
- [10] Liu DW. Shock treatment: walking between microcirculation and cells [J]. Chin Crit Care Med, 2013, 25 (1): 2-4. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2013.01.002.
- [11] McCracken GC, Montgomery J. Postoperative nausea and vomiting after unrestricted clear fluids before day surgery: a retrospective analysis [J]. Eur J Anaesthesiol, 2018, 35 (5): 337-342. DOI: 10.1097/EJA.0000000000000760.
- [12] 余琨, 陈妮, 张伟, 等. 重症超声在脓毒性休克血流动力学监测中的应用价值 [J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31 (2): 248-251. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.02.027.
- [13] Yu K, Chen N, Zhang W, et al. Application of critical care ultrasound in hemodynamic monitoring of septic shock [J]. Chin Crit Care Med, 2019, 31 (2): 248-251. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.02.027.
- [14] 卢年芳, 姜利, 朱波, 等. 外周动脉峰流速变异度评估感染性休克患者容量反应性的临床研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (3): 224-229. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.03.007.
- [15] Lu NF, Jiang L, Zhu B, et al. Variability of peripheral arterial peak velocity predicts fluid responsiveness in patients with septic shock [J]. Chin Crit Care Med, 2018, 30 (3): 224-229. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.03.007.
- [16] 申丽旻, 龙玲, 赵浩天, 等. 不同指标预测脓毒性休克合并心肌抑制患者容量反应性的准确性: 下腔静脉超声指标、PiCCO 指标、CVP 的比较 [J]. 中华麻醉学杂志, 2019, 39 (5): 629-632. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.05.031.
- [17] Shen LM, Long L, Zhao HT, et al. Accuracy of different parameters in predicting fluid responsiveness in septic shock patients with myocardial depression: a comparison between inferior vena cava ultrasound, PiCCO and CVP [J]. Chin J Anesthesiol, 2019, 39 (5): 629-632. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2019.05.031.
- [18] 顾亚楠, 宋云林, 窦清理. PiCCO 与心脏彩色多普勒超声测量感染性休克心排血量的比较研究 [J]. 中国急救医学, 2014, 34 (1): 35-38. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2014.01.009.
- [19] Gu YN, Song YL, Dou QL. Comparison of the measurements of cardiac output between PiCCO and color Doppler echocardiography in patients with septic shock [J]. Chin J Crit Care Med, 2014, 34 (1): 35-38. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2014.01.009.
- [20] 孙昀, 鹿中华, 余维丽, 等. 不同方法预测脓毒症患者容量反应性的准确性: 超声法、PiCCO 法与传统法的比较 [J]. 中华麻醉学杂志, 2017, 37 (8): 979-984. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2017.08.021.
- [21] Sun Y, Lu ZH, Yu WL, et al. Accuracy of different methods in predicting fluid responsiveness in septic patients: a comparison between ultrasound, PiCCO and traditional methods [J]. Chin J Anesthesiol, 2017, 37 (8): 979-984. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2017.08.021.
- [22] Bataille B, Mousot PE, Marty P, et al. Machine learning methods to improve bedside fluid responsiveness prediction in severe sepsis or septic shock: an observational study [J]. Br J Anaesth, 2021, 126 (4): 826-834. DOI: 10.1016/j.bja.2020.11.039.

(收稿日期: 2021-06-10)