

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.18.016

重症超声参数联合血清 PCT、BNP 预测脓毒症休克液体复苏患者容量反应性的价值^{*}

师华华¹, 刘天瑜^{2△}, 张彦锋³, 程瑞峰⁴, 靳慧洁⁵

1. 石家庄栾城人民医院重症医学科, 河北石家庄 051430; 2. 石家庄栾城人民医院内科, 河北石家庄 051430; 3. 石家庄栾城人民医院超声科, 河北石家庄 051430; 4. 河北省深州市医院内科, 河北衡水 053800; 5. 河北省深州市医院急诊医学, 河北衡水 053800

摘 要:目的 探讨重症超声参数联合血清降钙素原(PCT)、B 型脑钠肽(BNP)预测脓毒症休克(SS)液体复苏患者容量反应性的价值。**方法** 选取 2022 年 9 月至 2024 年 9 月石家庄栾城人民医院收治的 142 例 SS 患者作为研究组, 根据患者液体复苏后容量反应性分为有反应组和无反应组。另选取同期 142 例体检健康者为对照组。比较所有研究对象血清 PCT、BNP 水平; 采用多因素 Logistic 回归分析 SS 患者容量反应性的影响因素; 采用受试者工作特征(ROC)曲线分析重症超声参数联合血清 PCT、BNP 对 SS 患者容量反应性的预测价值。**结果** 与对照组相比, 研究组血清 PCT、BNP 水平均明显升高($P<0.05$)。有反应组 89 例、无反应组 53 例。与有反应组相比, 无反应组患者血清 PCT、BNP 水平均明显升高($P<0.05$), 颈总动脉峰值流速变异率($\Delta V_{peak} CA$)明显降低($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示, PCT、BNP、 $\Delta V_{peak} CA$ 均为 SS 患者容量反应性的影响因素($P<0.05$)。重症超声参数联合血清 PCT、BNP 预测 SS 患者容量反应性的曲线下面积(AUC)分别为 0.875、0.768、0.823, 3 项联合预测的 AUC 为 0.926, 明显大于各单一指标预测的 AUC ($Z_{3项联合-PCT}=3.365, P=0.001, Z_{3项联合-BNP}=2.048, P=0.040, Z_{3项联合-\Delta V_{peak} CA}=2.252, P=0.024$)。**结论** SS 患者血清 PCT、BNP 水平明显升高, 且均为患者容量反应性的影响因素, 重症超声参数联合血清 PCT、BNP 对 SS 患者容量反应性具有较高的预测价值。

关键词:脓毒症休克; 重症超声; 降钙素原; B 型脑钠肽; 容量反应性

中图法分类号: R445.1; R446.11 文献标志码: A 文章编号: 1672-9455(2025)18-2540-05

Value of critical ultrasound parameters combined with serum PCT and BNP for predicting fluid responsiveness in patients with septic shock undergoing fluid resuscitation^{*}

SHI Huahua¹, LIU Tianyu^{2△}, ZHANG Yanfeng³, CHENG Ruifeng⁴, JIN Huijie⁵

1. Department of Critical Care Medicine, Luancheng People's Hospital, Shijiazhuang, Hebei 051430, China; 2. Department of Internal Medicine, Luancheng People's Hospital, Shijiazhuang, Hebei 051430, China; 3. Department of Ultrasound, Luancheng People's Hospital, Shijiazhuang, Hebei 051430, China; 4. Department of Internal Medicine, Shenzhou Hospital, Hengshui, Hebei 053800, China; 5. Department of Emergency Medicine, Shenzhou Hospital, Hengshui, Hebei 053800, China

Abstract: Objective To investigate the value of combining critical ultrasound parameters with serum procalcitonin (PCT) and B-type natriuretic peptide (BNP) in predicting fluid responsiveness in patients with septic shock (SS) undergoing fluid resuscitation. **Methods** A total of 142 patients with SS admitted to Luancheng People's Hospital from September 2022 to September 2024 were enrolled as the study group. Based on fluid responsiveness status after fluid resuscitation, they were stratified into the responder group and non-responder group. Additionally, 142 healthy individuals undergoing physical examinations during the same period were selected as the control group. Serum levels of PCT and BNP were compared across all participants. Multivariate Logistic regression analysis was performed to identify factors influencing fluid responsiveness in SS patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was employed to evaluate the predictive value of combining critical ultrasound parameters with serum PCT and BNP for fluid responsiveness in SS patients. **Results** Compared with the control group, serum PCT and BNP levels were significantly elevated in

^{*} 基金项目: 河北省石家庄市科技计划项目(181460883)。
作者简介: 师华华, 女, 主任医师, 主要从事重症医学方向的研究。△ 通信作者, E-mail: y2o9pn@163.com。
引用格式: 师华华, 刘天瑜, 张彦锋, 等. 重症超声参数联合血清 PCT、BNP 预测脓毒症休克液体复苏患者容量反应性的价值[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(18): 2540-2544.

the study group ($P < 0.05$). Among the SS patients, 89 were classified as responders and 53 as non-responders. Serum PCT and BNP levels were significantly higher in the non-responder group than those in the responder group ($P < 0.05$), while the carotid artery peak velocity variation rate ($\Delta V_{\text{peak CA}}$) was significantly reduced in non-responder group ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis identified PCT, BNP and $\Delta V_{\text{peak CA}}$ as independent factors influencing fluid responsiveness in SS patients ($P < 0.05$). The area under the curve (AUC) values for predicting fluid responsiveness were 0.875 for critical ultrasound parameters, 0.768 for serum PCT, and 0.823 for serum BNP. The combined model integrating all three parameters achieved an AUC of 0.926, which was significantly greater than any individual predictor ($Z_{\text{combined-PCT}} = 3.365$, $P = 0.001$; $Z_{\text{combined-BNP}} = 2.048$, $P = 0.040$; $Z_{\text{combined-}\Delta V_{\text{peak CA}}} = 2.252$, $P = 0.024$). **Conclusion** Serum PCT and BNP levels are significantly elevated in patients with SS and serve as independent factors influencing fluid responsiveness. The combination of critical ultrasound parameters with serum PCT and BNP demonstrates superior predictive performance for fluid responsiveness in SS patients.

Key words: septic shock; critical ultrasound; procalcitonin; B-type natriuretic peptide; fluid responsiveness

脓毒症休克(SS)主要由微生物及其代谢物等诱发,该病具有较高的病死率^[1]。液体复苏是SS早期复苏的关键措施,旨在恢复有效循环血量、改善组织灌注和氧供,对于存在容量反应性的患者可有效增加心排血量(CO),该方法是救治SS患者的重要手段^[2],但是部分患者无容量反应,液体复苏时易引发器官水肿,无法有效增加CO和改善组织灌注,可能加重病情,严重危害患者的生命安全^[3]。因此,评估患者容量反应性,有助于提供针对性治疗,对改善治疗效果有重要意义。目前,重症超声在诊断疾病和监测患者病情中发挥重要作用,具有无创、方便、实时的优势^[4]。降钙素原(PCT)是一种糖蛋白,在正常情况下其水平较低,受到炎症刺激后,会快速分泌,常用于评估机体细菌感染程度,是诊断脓毒症的重要生物标志物^[5-6]。B型脑钠肽(BNP)主要由心室肌细胞分泌,其水平升高主要反映心室壁张力增加,心室容量负荷或压力负荷过重,常用于评估心功能。研究发现,BNP水平在脓毒症患者体内显著升高,并且与病情严重程度密切相关^[7-8]。但是重症超声参数联合血清PCT、BNP对SS患者容量反应性的应用价值鲜有研究。鉴于此,本研究检测了SS患者血清PCT、BNP水平,进一步分析重症超声参数联合血清PCT、BNP对SS患者容量反应性的预测价值,为临床评估容量反应性提供新的思路和参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年9月至2024年9月石家庄栾城人民医院收治的142例SS患者作为研究组,其中男74例、女68例,年龄45~68岁、平均(56.37 ± 5.83)岁。纳入标准:(1)均符合SS相关诊断标准^[9];(2)符合液体复苏指征并经液体复苏治疗;(3)临床资料完整。排除标准:(1)合并恶性肿瘤;(2)近期有心肺复苏、电复苏治疗史;(3)患有其他感染性疾病;(4)存在精神或认知异常。另选取同期142例体检健康者为对照组,其中男72例、女70例,年龄45~69岁、平均(56.59 ± 6.03)岁。2组一般资料相

比,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究经石家庄栾城人民医院医学伦理委员会批准(审批号:2022002),所有研究对象或家属均签署知情同意书。

1.2 仪器与试剂 离心机(型号:M1416R,深圳市瑞沃德生命科技有限公司)、酶标仪[型号:iMark,伯乐生命医学产品(上海)有限公司]、便携式彩色多普勒超声诊断仪(型号:KR-C80,凯尔医学仪器有限公司)、PCT酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(货号:E-EL-H1492,武汉伊莱瑞特生物科技股份有限公司)、BNP ELISA试剂盒(货号:E-EL-M0204,武汉伊莱瑞特生物科技股份有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 血清PCT、BNP水平检测 采集所有患者入院后次日及体检健康者体检当日早晨空腹静脉血4 mL,分离血清($1\ 500 \times g$,离心15 min),保存在 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中。采用ELISA对血清PCT、BNP水平进行检测:每孔加入标准品或样品100 μL ,放置在 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境中温育1 h后洗涤(洗板3~5次),加入酶标抗体50 μL ,温育1 h(条件同上)后洗涤(重复洗板3~5次以去除未结合物质),加入显色液,温育20 min(条件同上)显色,加入终止液终止反应,最后用酶标仪测定吸光度(450 nm波长),根据标准曲线计算标本浓度。

1.3.2 重症超声检查 超声检查由同一名具有丰富经验的超声医师完成。采用床旁彩色多普勒超声诊断仪进行检查,探头放置在胸锁乳突肌内侧缘、甲状软骨附近,纵切扫查获得清晰的颈总动脉(CCA)纵轴切面。出现稳定、连续的血流频谱后,于同一呼吸周期内连续测量3次颈总动脉峰值血流速度(V_{peak}),取最大值作为 V_{peak1} ,取平均值作为 V_{peak2} 。颈总动脉峰值流速变异率($\Delta V_{\text{peak CA}}$) = $(V_{\text{peak1}} - V_{\text{peak2}}) / [(V_{\text{peak1}} + V_{\text{peak2}}) / 2] \times 100\%$ 。

1.3.3 容量负荷试验 患者取仰卧位,静脉注射钠钾镁钙葡萄糖注射液100 mL(1 min内),随后再注射400 mL(14 min内),呼吸机参数及其他药物不变,结

束后,所有患者通过脉搏指示连续心排血量(PiCCO)监测仪进行血流动力检测,CO 或每搏输出量(SV)较试验前升高 $\geq 15\%$ 判定为有反应组,升高 $<15\%$ 为无反应组^[10]。

1.3.4 资料收集 收集 SS 患者体质量指数(BMI)、心率、平均动脉压、吸烟史、饮酒史,以及合并高血压、糖尿病情况等资料。

1.4 统计学处理 采用 SPSS25.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素 Logistic 回归分析 SS 患者容量反应性的影响因素;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析重症超声参数及血清 PCT、BNP 对 SS 患者容量反应性的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 研究组和对照组血清 PCT、BNP 水平比较 与对照组相比,研究组血清 PCT、BNP 水平均明显升高($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 研究组和对照组血清 PCT、BNP 水平比较($\bar{x} \pm s$)			
组别	<i>n</i>	PCT(ng/L)	BNP(ng/mL)
研究组	142	26.40 $\pm$ 3.20	2.51 $\pm$ 0.70
对照组	142	16.85 $\pm$ 2.78	1.67 $\pm$ 0.48
<i>t</i>		26.847	11.793
<i>P</i>		<0.001	<0.001

2.2 无反应组、有反应组临床资料比较 无反应组 53 例、有反应组 89 例。无反应组、有反应组的年龄、性别、BMI、心率、平均动脉压、吸烟史、饮酒史、高血压占比、糖尿病占比比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。与有反应组相比,无反应组血清 PCT、BNP 水平均明显升高($P < 0.05$), $\Delta V_{\text{peak CA}}$ 明显降低($P < 0.05$)。见表 2。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 SS 患者容量反应性的影响因素 以 SS 患者是否有容量反应性(无反应=1,有反应=0)为因变量,以 PCT(实测值)、BNP(实测值)、 $\Delta V_{\text{peak CA}}$ (实测值)为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,PCT、BNP、 $\Delta V_{\text{peak CA}}$ 均为 SS 患者容量反应性的影响因素($P < 0.05$)。见表 3。

2.4 重症超声参数联合血清 PCT、BNP、 $\Delta V_{\text{peak CA}}$ 对 SS 患者是否有容量反应性的预测价值 以 SS 患者是否有容量反应性为状态变量(无反应=1,有反应=0),PCT、BNP 及 $\Delta V_{\text{peak CA}}$ 为检验变量,绘制 ROC 曲线。联合预测模型的方程为 $\text{Logit}(P) = -7.187 + 0.973 \times X_{\text{PCT}} + 1.151 \times X_{\text{BNP}} - 0.112 \times X_{\Delta V_{\text{peak CA}}}$ 。结果显示,重症超声参数 $\Delta V_{\text{peak CA}}$ 联合血清 PCT、BNP 预测 SS 患者容量反应性的曲线下面积(AUC)分别为 0.875、0.768、0.823,3 项指标联合预测的 AUC 为 0.926,明显大于各单一指标预测的 AUC($Z_{3\text{项联合-PCT}} = 3.365, P = 0.001; Z_{3\text{项联合-BNP}} = 2.048, P = 0.040; Z_{3\text{项联合-}\Delta V_{\text{peak CA}}} = 2.252, P = 0.024$)。3 项联合预测的灵敏度为 92.45%,特异度为 80.90%。见表 4、图 1。

表 2 无反应组、有反应组临床资料比较($\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$)

项目	无反应组 (<i>n</i> =53)	有反应组 (<i>n</i> =89)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
年龄(岁)	56.64 $\pm$ 6.12	56.21 $\pm$ 5.65	0.425	0.671
性别			0.017	0.895
男	28(52.83)	46(51.69)		
女	25(47.17)	43(48.31)		
BMI(kg/m ²)	22.68 $\pm$ 2.54	22.47 $\pm$ 2.35	0.500	0.618
心率(次/min)	120.61 $\pm$ 14.39	116.76 $\pm$ 13.28	1.619	0.108
平均动脉压(mmHg)	64.38 $\pm$ 7.85	62.84 $\pm$ 7.34	1.178	0.241
吸烟史			0.009	0.923
有	21(39.62)	36(40.45)		
无	32(60.38)	53(59.55)		
饮酒史			0.022	0.883
有	19(35.85)	33(37.08)		
无	34(64.15)	56(62.92)		
合并高血压			0.285	0.594
有	15(28.30)	29(32.58)		
无	38(71.70)	60(67.42)		
合并糖尿病			0.129	0.720
有	17(32.08)	26(29.21)		
无	36(67.92)	63(70.79)		
PCT(ng/L)	29.67 $\pm$ 3.38	24.46 $\pm$ 3.09	9.381	<0.001
BNP(ng/mL)	2.98 $\pm$ 0.83	2.23 $\pm$ 0.62	6.128	<0.001
$\Delta V_{\text{peak CA}}(\%)$	9.88 $\pm$ 2.33	13.36 $\pm$ 2.69	8.121	<0.001

表 3 多因素 Logistic 回归分析 SS 患者容量反应性的影响因素

项目	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i> χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	<i>OR</i> 的 95% <i>CI</i>
PCT	0.973	0.447	4.735	0.030	2.645	1.101~6.352
BNP	1.151	0.419	7.549	0.006	3.162	1.391~7.188
$\Delta V_{\text{peak CA}}$	-0.112	0.053	4.470	0.035	0.894	0.806~0.992
常量	-7.187	3.235	4.560	—	—	—

注:—表示无数据。

表 4 重症超声参数联合血清 PCT、BNP、 ΔV_{peak} CA 对 SS 患者容量反应性的预测价值

项目	AUC	最佳截断值	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	P
PCT	0.875	26.98 ng/L	0.809~0.924	77.36	82.02	0.594	<0.05
BNP	0.768	2.50 ng/mL	0.690~0.835	69.81	82.02	0.518	<0.05
ΔV_{peak} CA	0.823	12.25 %	0.750~0.882	77.36	80.90	0.583	<0.05
3 项联合	0.926	—	0.870~0.963	92.45	80.90	0.734	<0.05

注:—表示无数据。

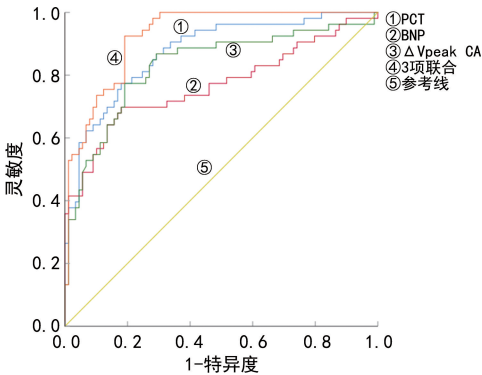


图 1 重症超声参数联合血清 PCT、BNP、 ΔV_{peak} CA 预测 SS 患者容量反应性的 ROC 曲线

3 讨 论

脓毒症是机体对感染的异常反应,SS 是脓毒症的严重阶段。SS 患者伴有持续性低血压,外周血管阻力较小,心脏处于代偿阶段,组织灌注不良,严重损伤患者器官功能^[11]。据报道,SS 主要问题是血容量不足,需要及时进行体液复苏,这对于治疗 SS 患者具有重要作用^[12]。临床采用液体复苏治疗时,部分患者效果不佳,CO 没有明显升高,对相关治疗无反应^[13]。因此,需要寻求有效指标用于评估液体复苏的容量反应性,进而采取针对性措施,改善治疗效果,有效降低患者病死率。目前,PiCCO 法是公认的评估容量反应性的方法,但是存在有创性、价格昂贵等问题,在临床中的应用受到限制,而重症超声可以弥补这些不足,通过动态监测血流动力学变化,对评估患者容量反应性具有一定的价值^[14]。本研究结果显示,液体复苏无反应患者的 ΔV_{peak} CA 明显低于有反应患者,提示 ΔV_{peak} CA 与容量反应性有关。既往研究发现,采用颈动脉超声检查 ΔV_{peak} CA,不易受呼吸频率等因素影响,对于评估患者容量状态具有一定的临床价值^[15]。因此,重症超声可用于评估 SS 液体复苏患者容量反应性,为临床诊断提供一定参考依据。

PCT 是一种降钙素前体激素,其与机体细菌感染、炎症反应密切相关。研究发现,随着细菌感染加重,PCT 水平快速升高,PCT 与机体炎症程度有关^[16]。PCT 水平变化与脓毒症的发生、发展存在一定联系。本研究结果显示,SS 患者血清 PCT 水平明显高于健康者,且液体复苏无反应患者血清 PCT 水

平明显高于有反应患者,说明 PCT 水平与 SS 的发生、发展及液体复苏容量反应性相关。符子琨等^[17]研究发现,PCT 作为生物标志物,可反映机体感染程度,并且与脓毒症患者病情发展密切相关,进一步推测,PCT 水平升高加剧炎症反应,而炎症可引起机体器官组织受损,诱发心功能障碍,心脏顺应性变差,增加无容量反应性的风险^[17-18]。基于上述分析,PCT 可作为有效标志物用于临床评估患者容量反应性,并为后续治疗方案的制订提供一定参考。

BNP 是一种神经内分泌激素,主要由心脏分泌,常用作心肌受损的标志物,与心功能损伤程度密切相关^[19]。本研究中,SS 患者血清 BNP 水平明显高于健康者,且液体复苏无反应患者血清 BNP 水平明显高于有反应患者,提示 BNP 可能参与 SS 的发生、发展过程,且与患者容量反应性有关。近期研究表明,脓毒症患者血清 BNP 水平显著升高,同时,随着心功能受损程度加重,BNP 水平越高,进一步分析发现,在 SS 患者中,机体容量复苏与心脏容量负荷相关,而心脏容量负荷增加,会造成 BNP 水平升高,进而影响心室张力,造成无容量反应性^[8,20]。结合本研究结果推测,BNP 可作为评估 SS 患者容量反应性的有效指标。

本研究多因素 Logistic 回归分析结果显示,PCT、BNP 均为 SS 患者容量反应性的影响因素,提示临床应密切关注以上指标,及时掌握病情,并采取有效、合理的治疗措施,有效缓解病情恶化。ROC 曲线分析结果显示,重症超声参数联合血清 PCT、BNP 预测 SS 患者容量反应性的 AUC 明显大于各单一指标预测,说明 3 项指标联合预测具有较高的价值,可用于评估 SS 患者液体复苏容量反应性,为临床诊疗提供一定的参考。

综上所述,SS 患者血清 PCT、BNP 水平明显上升,且均为患者容量反应性的影响因素,重症超声参数联合血清 PCT、BNP 对 SS 患者容量反应性具有较高的预测价值。此外,本研究样本量有限,缺乏对本研究结果的验证,以及对血清学指标在该病中作用机制的深入分析,仍需进一步探讨。

参考文献

[1] FONT M D,THYAGARAJAN B,KHANNA A K. Sep-

tic shock; basics of diagnosis pathophysiology and clinical decision making[J]. Med Clin North Am, 2020, 104(4): 573-585.

[2] SANKAR J, MURALIDHARAN J, LALITHA A V, et al. Multiple electrolytes solution versus saline as bolus fluid for resuscitation in pediatric septic shock; a multi-center randomized clinical trial[J]. Crit Care Med, 2023, 51(11): 1449-1460.

[3] MEGRI M, FRIDENMAKER E, DISSELKAMP M. Where are we heading with fluid responsiveness and septic shock[J]. Cureus, 2022, 14(4): e23795.

[4] ABLORDEPPEY E A, ZHAO A, RUGGERI J, et al. Does point-of-care ultrasound affect fluid resuscitation volume in patients with septic shock; a retrospective review[J]. Emerg Med Int, 2024, 2024: 5675066.

[5] LIU Y X, SUN Q H, LONG H T, et al. The value of IL-6, PCT, qSOFA, NEWS, and SIRS to predict septic shock after Percutaneous nephrolithotomy[J]. BMC Urol, 2024, 24(1): 116.

[6] 赵静媛, 张玉红, 董龙, 等. PCT、D-D 联合 CRP 水平动态检测在脓毒症分级及转归评估中的意义[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2024, 16(5): 894-898.

[7] 王静, 唐云. 复脉益心方辅助治疗风湿性心脏瓣膜病患者的临床疗效及对其心功能、基质金属蛋白酶-9、N 末端前体脑利钠肽水平的影响[J]. 世界中西医结合杂志, 2024, 19(5): 941-945.

[8] 冯晓娟, 李彦嫦, 罗秋凤. 血浆脑钠肽水平指导脓毒症休克患者容量复苏治疗及对患者预后的预测价值[J]. 国际检验医学杂志, 2024, 45(10): 1272-1276.

[9] 中华医学会重症医学分会. 中国严重脓毒症/脓毒性休克治疗指南(2014)[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 31(6): 401-426.

[10] CECCONI M, HOFER C, TEBOUL J L, et al. Fluid challenges in intensive care, the FENICE study: a global inception cohort study[J]. Intensive Care Med, 2015, 41(9): 1529-1537.

[11] CHU X, DI C, CHANG P, et al. Lactylated histone H3K18 as a potential biomarker for the diagnosis and predicting the severity of septic shock[J]. Front Immunol, 2022, 12(2): 786-795.

[12] 师华华, 刘天瑜, 张彦峰, 等. 重症超声联合中心静脉血氧饱和度可指导脓毒症休克患者液体复苏治疗[J]. 内科急危重症杂志, 2022, 28(5): 401-403.

[13] 董倩倩, 杨燕, 刘德智. 血流动力学参数与脓毒症休克患者容量反应性的预测及相关性分析[J]. 医用生物力学, 2023, 38(6): 1219-1225.

[14] BATAILLE B, DE SELLE J, MOUSSOT P E, 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.

[15] 魏向颖, 姚振刚, 郭霖星. 重症超声技术在脓毒症休克液体复苏者容量反应中的预测效能及意义[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18(7): 892-896.

[16] LI Y, MIN L F, ZHANG X. Usefulness of procalcitonin (PCT), C-reactive protein (CRP), and white blood cell (WBC) levels in the differential diagnosis of acute bacterial, viral, and mycoplasmal respiratory tract infections in children[J]. BMC Pulm Med, 2021, 21(1): 386.

[17] 符子琨, 赖振宇, 符丹. PCT、UCP2、乳酸水平变化与脓毒症休克患者病情预后的关系[J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(22): 2767-2771.

[18] 高勇, 于娣, 王晓静, 等. 血清 PCT、BNP 水平预测脓毒症休克患者容量反应性的价值[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2022, 17(5): 607-610.

[19] JEHN S, MAHABADI A A, PFOHL C, et al. BNP and NT-proBNP thresholds for the assessment of prognosis in patients without heart failure[J]. JACC Adv, 2023, 2(10): 688-696.

[20] DE BACKER D, CECCONI M, CHEW M S, et al. A plea for personalization of the hemodynamic management of septic shock[J]. Crit Care, 2022, 26(1): 372-386.

(收稿日期: 2024-11-16 修回日期: 2025-04-06)

(上接第 2539 页)

[21] 张海龙, 李浩, 孙勇. 亚低温辅助微创穿刺引流术对急性脑出血患者 MMP-9、NSE、S100 β 水平及神经功能的影响[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(12): 2057-2061.

[22] 白永杰, 王艳阳, 周俊梅, 等. 高血压性脑出血血清 NSE、IL-6 及 TIMP-1 水平变化与神经功能的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2022, 14(4): 656-659.

[23] 卜君辉, 梁赛, 吴继伟, 等. 血清 TIMP-1、TIM-3 mRNA 及 CTRP-3 水平与高血压脑出血手术患者神经功能损伤程度及预后相关性研究[J]. 立体定向和功能神经外科杂志, 2021, 34(3): 170-175.

[24] 潘红, 许赞兴, 孟舒婷. 血清 HMGB-1、MIF、TIMP-1 在评估脑出血患者预后中的价值[J]. 中南医学科学杂志, 2020, 48(3): 269-271.

[25] 苗蔚, 张松, 唐思远, 等. 脑颈一体化超声结合血清 NSE 对急性脑梗死神经功能预后的预测研究[J]. 影像科学与光化学, 2024, 42(4): 392-398.

[26] 左添, 洪新杰, 葛亚芳, 等. CT 血管造影联合 NSE 及 IGF-1 在进展性脑梗死疾病评估中的应用价值[J]. 中国医学装备, 2024, 21(7): 48-53.

(收稿日期: 2025-01-25 修回日期: 2025-07-26)