

# 休克患者快速补液试验前后应用重症超声检测左室流出道速度时间积分及校正血流时间的临床意义

邵卫卫<sup>1</sup> 彭文清<sup>1</sup> 徐月文<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:探讨休克患者快速补液试验前后应用重症超声检测左室流出道速度时间积分(VTI)及校正血流时间(FTc)的临床意义。方法:选择我院 2020 年 1 月—2022 年 3 月 80 例休克患者作为研究对象,均行快速补液试验,试验前后应用重症超声检测每搏量(SV)、VTI 及 FTc,定义试验前后 SV 增加值( $\Delta$ SV) $<15\%$ 为无容量反应性,根据容量反应情况将 80 例患者分为无反应组( $n=34$ )及有反应组( $n=46$ ),检测血流动力学指标,分析其与  $\Delta$ SV 的相关性,采用受试者工作特征曲线(ROC)评估  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 对容量反应性的预测价值。结果:有反应组快速补液试验后 SV、VTI 及 FTc 均高于快速补液试验前( $P<0.05$ );有反应组快速补液试验后  $\Delta$ SV、 $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 均高于无反应组( $P<0.05$ );Pearson 相关性分析显示,快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 与  $\Delta$ SV 均呈正相关( $P<0.05$ );由 ROC 曲线可知,休克患者快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 联合预测容量反应性的 AUC 为 0.925,高于两者单独预测的 0.848、0.812( $P<0.05$ )。结论:重症超声检测快速补液试验引起的 VTI 和 FTc 变化( $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc),能准确预测休克患者的容量反应性,可作为指导容量治疗的参考指标。

**[关键词]** 休克;快速补液试验;重症超声;左室流出道速度时间积分;校正血流时间;容量反应性

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2023.01.002

[中图分类号] R631.2 [文献标志码] A

## Clinical significance of severe ultrasound detecting left ventricular outflow tract velocity-time integral and corrected flow time in shock patients before and after rapid fluid replacement test

SHAO Weiwei PENG Wenqing XU Yuewen

(Department of Intensive Care Unit, Xuancheng City Central Hospital, Xuancheng, Anhui, 242000, China)

Corresponding author: SHAO Weiwei, E-mail: xsdf20220527@163.com

**Abstract Objective:** To explore the clinical significance of severe ultrasound detecting left ventricular outflow tract velocity-time integral(VTI) and corrected flow time(FTc) in shock patients before and after rapid fluid replacement test. **Methods:** A total of 80 patients with shock in the hospital from January 2020 to March 2022 were enrolled as the research objects. All of them underwent rapid fluid rehydration test. Stroke volume (SV), VTI and FTc were detected by severe ultrasound before and after the test. The increment of SV( $\Delta$ SV)  $<15\%$  before and after the test was defined as volume non-responsiveness. According to volume responsiveness, the 80 patients were divided into non-responsiveness group( $n=34$ ) and responsiveness group( $n=46$ ). The hemodynamics indexes between the two groups were compared before and after the test. The correlation between ultrasound indexes and  $\Delta$ SV was analyzed by Pearson coefficient. The predictive value of  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ FTc for volume responsiveness was evaluated by receiver operating characteristic(ROC) curves. **Results:** After rapid fluid replacement test, SV, VTI and FTc were increased in responsiveness group( $P<0.05$ ). After rapid fluid replacement test,  $\Delta$ SV,  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ FTc were increased in responsiveness group( $P<0.05$ ). Pearson correlation analysis showed that  $\Delta$ VTI and  $\Delta$ FTc were positively correlated with  $\Delta$ SV before and after the test( $P<0.05$ ). ROC curves analysis showed that AUC of  $\Delta$ VTI combined with  $\Delta$ FTc for predicting volume responsiveness before and after rapid fluid rehydration test was 0.925, which was higher than 0.848 and 0.812 predicted by them alone ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** The changes of VTI and FTc( $\Delta$ VTI,  $\Delta$ FTc) induced by rapid fluid replacement test detected by severe ultrasound can accurately predict the volume responsiveness in shock patients, and can be applied as a reference index to guide volumetric therapy.

**Key words** shock; rapid fluid replacement test; severe ultrasound; left ventricular outflow tract velocity-time integral; corrected flow time; volumetric responsiveness

<sup>1</sup>宣城市中心医院 ICU(安徽宣城,242000)

通信作者:邵卫卫,E-mail:xsdf20220527@163.com

休克的最佳定义为急性循环衰竭,是指细菌感染、失血等不同因素引起的急性循环功能障碍,会使氧输送无法满足代谢需求,诱发细胞缺氧的病理生理状况<sup>[1-2]</sup>。液体复苏是现阶段临床改善循环衰竭的手段之一,合理的补液能控制病情进展,改善患者组织灌注;但过量的补液会加重器官功能损伤,增加肾损害、肺水肿等并发症风险<sup>[3]</sup>。因此,临床需准确、迅速预测患者容量反应性,以减少过量液体复苏造成的不良风险。临床曾采用有创检测方法评估机体容量反应性,但存在监测不及时、操作难度较高、并发症多等缺陷<sup>[4]</sup>。重症超声是临床评估容量反应性的重要方法,具有操作便捷、无创、可重复等特点<sup>[5]</sup>。左室流出道速度时间积分(VTI)是评估血流量的指标,通过超声对血流速度探查进行积分计算<sup>[6]</sup>。校正血流时间(FTc)通过颈动脉多普勒血流频谱追踪获取颈动脉血流时间,有报道认为其可作为可靠的静态参数预测患者液体反应性<sup>[7]</sup>。基于此,本研究探讨休克患者快速补液试验前后应用重症超声检测 VTI 及 FTc 的临床意义,旨在为容量反应性评估提供参考,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选择我院 2020 年 1 月—2022 年 3 月 80 例休克患者作为研究对象。纳入标准:满足《急性循环衰竭中国急诊临床实践专家共识》<sup>[8]</sup>标准;无快速补液试验禁忌;患者家属签署同意书;临床及影像学资料完整。排除标准:由于消瘦等原因超声无法有效评估心脏界面者;妊娠或哺乳期妇女;合并严重心脏衰竭、心律失常、房颤及心脏瓣膜病者;疾病终末期预计 1 d 内死亡者;合并自身免疫系统疾病、精神疾病者。医院伦理委员会批准本研究。定义补液试验前后每搏量(SV)增加值( $\Delta SV$ ) $<15\%$ 为无容量反应性,根据容量反应情况将 80 例患者分为无反应组( $n=34$ )及有反应组( $n=46$ ), $\Delta SV=(SV_{\text{补液试验后}}-SV_{\text{补液试验前}})/SV_{\text{补液试验前}}\times 100\%$ 。

### 1.2 方法

**1.2.1 资料收集** 通过查询病历收集患者性别、年龄、体质量指数(BMI)、既往病史、休克类型、ASA 分级、SOFA 评分、APACHE II 评分、血管活性药物使用情况等临床资料。

**1.2.2 快速补液试验** 将患者床头抬高  $30^\circ$ ,使患者处于半卧位,经中心静脉在 1 min 内快速注入 100 mL 生理盐水,随后在 20 min 内注入 200 mL 生理盐水,在整个试验过程中患者体位、呼吸机参数及镇静镇痛药物剂量保持不变。

**1.2.3 重症超声检查** 患者取左侧卧位,将相控阵探头固定于心尖处,声束朝向右肩,获得心脏四腔心切面,向下压低探头,得到心脏五腔心切面,通过超声在胸骨旁左室长轴切面测得主动脉瓣环内

径(D)、在主动脉瓣环水平测得左室流出道速度时间积分(VTI),通过公式计算得到 SV $[SV=(D/2)^2\pi VTI]$ 。患者取仰卧位,将左侧颈部暴露,线阵探头于甲状软骨下缘水平颈总动脉横截面,旋转探头至长轴断面,以彩色多普勒获取颈动脉血流频谱,测量循环时间(CT)、血流时间(ST),通过公式计算得到 FTc( $FTc=ST/\sqrt{CT}$ )。连续测量 3 次取平均值。所有参数测量均由 1 名经验丰富的超声科医生及 1 名获得中国重症超声研究组规范化培训考试合格证书的医师完成。

### 1.3 观察指标

血流动力学指标:统计并比较 2 组快速补液试验前后平均动脉压(MAP)、心率(HR)、SV、VTI 及 FTc 等指标。 $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$ 、 $\Delta SV$ :比较 2 组快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$ 、 $\Delta SV$ ,其中  $\Delta VTI=VTI_{\text{补液试验后}}-VTI_{\text{补液试验前}}$ , $\Delta FTc=FTc_{\text{补液试验后}}-FTc_{\text{补液试验前}}$ 。分析  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  与  $\Delta SV$  的相关性。休克患者快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  预测容量反应性的价值。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据统计分析。计数资料以例(%)表示,组间行  $\chi^2$  检验;符合正态分布的计量资料以  $\bar{X}\pm S$  表示,组间比较行  $t$  检验;采用 Pearson 系数分析快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  与  $\Delta SV$  的相关性;采用受试者工作特征(ROC)曲线及曲线下面积(AUC)分析休克患者快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  预测容量反应性的价值。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2 组患者一般资料比较

2 组患者性别、年龄、BMI、既往病史、休克类型、ASA 分级、SOFA 评分、APACHE II 评分、血管活性药物使用情况比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

### 2.2 2 组患者快速补液试验前后血流动力学指标比较

2 组患者快速补液试验前 MAP、HR、SV、VTI 及 FTc 比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。有反应组快速补液试验后 SV、VTI 及 FTc 均高于快速补液试验前( $P<0.05$ )。见表 2。

### 2.3 2 组患者快速补液试验前后 $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$ 、 $\Delta SV$ 比较

有反应组快速补液试验后  $\Delta SV$ 、 $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  均高于无反应组( $P<0.05$ )。见表 3。

### 2.4 快速补液试验前后 $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$ 与 $\Delta SV$ 的相关性分析

Pearson 相关性分析显示,快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  与  $\Delta SV$  均呈正相关( $P<0.05$ )。见表 4。

表 1 2 组患者一般资料比较

一般资料	有反应组(n=46)	无反应组(n=34)	$\chi^2/t$	P	例(%)
性别			0.389	0.533	
男	28(60.87)	23(67.65)			
女	18(39.13)	11(32.35)			
年龄/岁	59.23±7.75	58.10±8.24	0.628	0.532	
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	21.84±1.35	22.19±1.56	1.073	0.287	
既往病史					
冠心病	5(10.87)	3(8.82)	0.091	0.763	
高血压	10(21.74)	6(17.65)	0.205	0.651	
糖尿病	7(15.22)	4(11.76)	0.197	0.658	
休克类型			1.921	0.383	
感染性休克	23(50.00)	17(50.00)			
失血性休克	22(47.83)	14(41.18)			
创伤性休克	1(2.17)	3(8.82)			
ASA 分级			0.068	0.794	
Ⅱ级	12(26.09)	8(23.53)			
Ⅲ级	34(73.91)	26(76.47)			
SOFA 评分/分	17.56±3.29	16.47±2.84	1.551	0.125	
APACHEⅡ评分/分	19.62±3.67	21.09±4.25	1.656	0.102	
血管活性药物			0.108	0.742	
使用	24(52.17)	19(55.88)			
未使用	22(47.83)	15(44.12)			

表 2 2 组患者快速补液试验前后血流动力学指标比较

组别	时间	MAP/mmHg	HR/(次·min <sup>-1</sup> )	SV/mL	VTI/cm	FTc/ms
有反应组(n=46)	试验前	70.84±7.74	102.63±16.57	52.69±7.06	18.63±3.29	346.06±33.72
	试验后	72.97±8.92	99.43±13.06	64.25±10.14 <sup>1)</sup>	20.74±2.24 <sup>1)</sup>	364.75±25.07 <sup>1)</sup>
无反应组(n=34)	试验前	71.55±7.13	105.07±17.69	54.01±8.82	18.59±3.09	343.95±35.08
	试验后	73.65±8.26	101.94±15.82	57.05±9.49	19.57±2.67	353.54±21.96

注:1 mmHg=0.133 kPa;与快速补液试验前比较,<sup>1)</sup>P<0.05。

表 3 2 组患者快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc、 $\Delta$ SV 比较

组别	例数	$\Delta$ SV/%	$\Delta$ VTI/cm	$\Delta$ FTc/ms
有反应组	46	21.84±3.38	2.15±0.61	18.75±5.06
无反应组	34	5.72±1.05	1.22±0.34	10.92±3.02
t		26.830	13.701	12.585
P		<0.001	<0.001	<0.001

表 4 快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 与  $\Delta$ SV 的相关性分析

指标	$\Delta$ SV	
	r	P
$\Delta$ VTI	0.763	<0.001
$\Delta$ FTc	0.728	<0.001

2.5 休克患者快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 预测容量反应性的价值

由 ROC 曲线可知,休克患者快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 联合预测容量反应性的 AUC 为 0.925,高于两者单独预测的 0.848、0.812 (P<0.05)。见图 1、表 5。

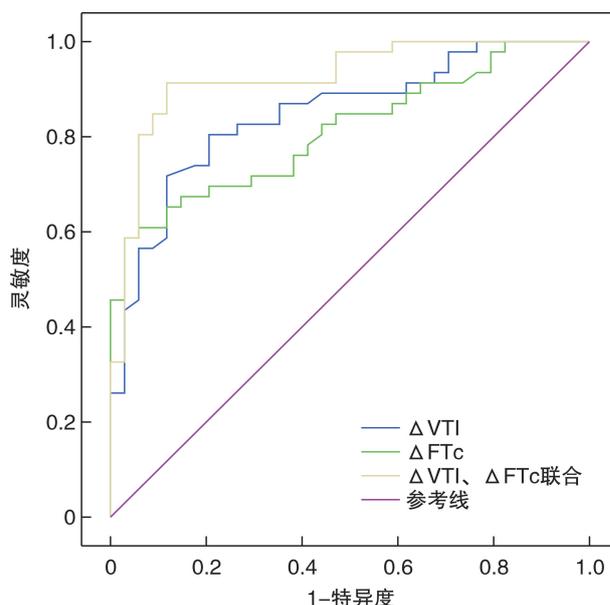


图 1 休克患者快速补液试验前后  $\Delta$ VTI、 $\Delta$ FTc 预测容量反应性的 ROC 曲线

表 5 休克患者快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  预测容量反应性的价值

指标	AUC	95%CI	P	截断值	特异度/%	灵敏度/%
$\Delta VTI$	0.848	0.750~0.918	<0.05	1.63	88.24	71.74
$\Delta FTc$	0.812	0.709~0.891	<0.05	15.48	97.06	58.70
两者联合	0.925	0.843~0.972	<0.05		88.24	91.30

### 3 讨论

休克患者伴有血流动力学异常、有效循环容量相对不足,在初期急救阶段尽可能维持循环稳定是救治的关键<sup>[9]</sup>。液体复苏可以改善组织循环及供氧,是现阶段促进循环功能恢复的常用手段<sup>[10]</sup>。临床研究发现,部分休克患者接受液体复苏时可能出现容量无反应性现象,影响治疗效果<sup>[11]</sup>。因此,液体复苏前评估休克患者容量反应性尤为重要。临床曾根据患者尿量减少、心动过速及血压降低等临床体征变化判断容量无反应性,但研究发现仅依靠体征变化评估的特异度及灵敏度相对较低<sup>[12]</sup>。中心静脉压等传统心脏静态前负荷指标常用于评估前负荷状况,但其易受静脉血管张力、瓣膜反流及左心室功能等不同因素的影响<sup>[13]</sup>。每搏变异度、脉压变异度等心肺交互作用的动态前负荷指标能有效评估机体容量反应性,但其要求控制通气,且不能存在心律失常,限制了在临床中的应用<sup>[14]</sup>。

超声由于可重复性好、操作简单、无创等优点广泛用于临床,能准确鉴别循环障碍的原因、评估重症容量状态及容量反应性,从而指导液体复苏治疗。本研究结果显示,有反应组快速补液试验后 SV、VTI 及 FTc 均高于快速补液试验前,提示 SV、VTI 及 FTc 等血流动力学指标对评估休克患者容量反应性具有一定的参考价值。进一步对比 2 组快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$ 、 $\Delta SV$  发现,有反应组高于无反应组,说明血流动力学指标变化越大,患者容量反应性越好。VTI 是重症超声监测的常规指标,与机体心排量密切相关,血液由左心室射入圆柱体形动脉,可通过圆柱体血液高度计算心排量<sup>[15]</sup>。现阶段临床多用 VTI 评估血流动力学异常患者的容量反应性。既往研究也指出,VTI 变化与休克患者补液前后心功能变化存在相关性<sup>[16]</sup>。超声检测 FTc 是一种新型非侵入性的容量测量方法,通过超声血流频谱追踪获取颈动脉血流时间,有研究认为超声检测 FTc 评估休克患者容量反应性具有较高的可行性<sup>[17]</sup>。临床研究发现,FTc 随容量状态变化而变化,在快速补液试验后升高<sup>[18]</sup>,本研究结果与之相符。本研究结果显示,休克快速补液试验前后  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  与  $\Delta SV$  均呈正相关,表明  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  可为临床评估休克患者容量反应性提供参考。进一步的 ROC 曲线显示, $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  预测容量反应性的 AUC 分别为 0.848、0.812,证明了  $\Delta VTI$ 、 $\Delta FTc$  对休克患者容

量反应性具有良好的预测价值,而两者联合预测的 AUC 高于单独预测,提示两者联合可以优势互补,提高预测价值。因此,临床可通过重症超声检测获得血流动力学参数,以预测患者容量反应性。

综上所述,重症超声检测快速补液试验引起的 VTI 和 FTc 变化,能准确预测休克患者的容量反应性,可作为指导容量治疗的参考指标。本研究仍存在一定不足:①本研究对 BMI 未进行分类细化,未分类统计 BMI  $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup> 及  $< 24$  kg/m<sup>2</sup> 患者的 SV、VTI 及 FTc,后续将收集更多 BMI  $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup> 患者的样本数据,分析 BMI 对其的影响,使本研究更加严谨,数据更加精准。②本研究纳入病例均来自同一中心,后续需进行多中心的研究验证本研究结论。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突。

### 参考文献

- [1] 张向阳,陈旭岩.《急性循环衰竭中国急诊临床实践专家共识》解读[J]. 中国实用内科杂志,2016,36(8):668-670.
- [2] Zhao HT, Long L, Wang ZK, et al. Successful treatment of acute circulatory failure of unknown cause using critical ultrasound-guided reverse fluid resuscitation: a case report [J]. Medicine, 2020, 99(51):e23594.
- [3] 李根,邵敏.不同剂量容量负荷试验在感染性休克老年患者容量反应性评估中的应用价值[J]. 医学研究生学报,2020,33(12):1288-1291.
- [4] 成爱琴,朱超云,蒋宝虎,等.下腔静脉直径塌陷指数和左室流出道速度-时间积分变异度联合被动抬腿试验对急性循环衰竭老年病人容量反应性的预测价值[J]. 实用老年医学,2021,35(7):738-740.
- [5] 单丽红,沈珏,柳开忠.小剂量容量负荷试验联合超声用于评估肿瘤重症休克患者容量反应性的临床应用[J]. 浙江临床医学,2020,22(12):1750-1752.
- [6] 於江泉,郑瑞强,朱进,等.速度时间积分指导慢性阻塞性肺疾病合并感染性休克患者液体治疗的临床研究[J]. 中国全科医学,2021,24(23):2945-2949.
- [7] 邵雪波,陈琪,唐卫东,等.颈动脉超声联合被动抬腿试验对危重患者容量反应性的预测价值[J]. 中华危重病急救医学,2021,33(9):1105-1109.
- [8] 中国医师协会急诊医师分会.急性循环衰竭中国急诊临床实践专家共识[J]. 中华急诊医学杂志,2016,25(2):146-152.
- [9] 杨婷,黄惠斌,翁利,等.有效动脉弹性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,2021,33(3):269-275.

- [10] 亢春苗,牛丹,穆靓,等.迷你容量负荷试验联合床旁超声心动图快速评估重症机械通气患者容量反应性[J].宁夏医科大学学报,2021,43(8):824-828.
- [11] 程礼川,何修玉,吴泽华.重症超声联合被动抬腿试验在感染性休克患者液体复苏中的指导价值分析[J].中国医学装备,2019,16(4):62-66.
- [12] Liu TY, Xu C, Wang M, et al. Reliability of pleth variability index in predicting preload responsiveness of mechanically ventilated patients under various conditions: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Anesthesiol, 2019, 19(1): 67.
- [13] 杨娜,谢永鹏,刘克喜.颈动脉校正血流时间及颈动脉峰流速变异度预测感染性休克病人容量反应性的研究[J].安徽医药,2021,25(12):2416-2420.
- [14] 陈势,杨坤,陶真,等.颈动脉校正血流时间在ICU重症患者血容量评估价值分析[J].广东医学,2021,42(9):1136-1138.
- [15] 韩魁,王小智,王金忠,等.左室流出道血流速率时间积分预测老年感染性休克患者容量反应性的应用价值[J].中国老年学杂志,2019,39(15):3622-3624.
- [16] 任志慧.超声联合小剂量容量负荷试验对感染性休克患者容量反应性的评估价值[J].内科急危重症杂志,2020,26(1):50-51.
- [17] 钱晓波,张盼盼,李晨杰,等.颈动脉校正血流时间评估老年患者容量反应性的有效性[J].临床麻醉学杂志,2021,37(9):972-974.
- [18] 马倩,石雪花,季晶晶,等.颈动脉校正血流时间和下腔静脉呼吸变异度预测术后患者容量反应性的比较[J].徐州医科大学学报,2021,41(8):564-569.
- (收稿日期:2022-09-22)

(上接第 5 页)

- [16] Habaybeh D, de Moraes MB, Slee A, et al. Nutritional interventions for heart failure patients who are malnourished or at risk of malnutrition or cachexia: a systematic review and meta-analysis[J]. Heart Fail Rev, 2021, 26(5): 1103-1118.
- [17] Cheng YL, Sung SH, Cheng HM, et al. Prognostic nutritional index and the risk of mortality in patients with acute heart failure[J]. J Am Heart Assoc, 2017, 6(6): e004876.
- [18] Shirakabe A, Hata N, Kobayashi N, et al. The prognostic impact of malnutrition in patients with severely decompensated acute heart failure, as assessed using the Prognostic Nutritional Index(PND) and Controlling Nutritional Status(CONUT) score[J]. Heart Vessels, 2018, 33(2): 134-144.
- [19] 张彩霞,潘满冬,杜鹏辉,等.预后营养指数和 $\gamma$ -谷氨酰转氨酶/白蛋白比值与老年急性冠脉综合征患者短期预后的相关性[J].临床急诊杂志,2022,23(6):378-383.
- [20] Delcea C, Buzea CA, Dan GA. The neutrophil to lymphocyte ratio in heart failure: a comprehensive review[J]. Rom J Intern Med, 2019, 57(4): 296-314.
- [21] Kałuzna-Oleksy M, Krysztofiak H, Migaj J, et al. Relationship between nutritional status and clinical and biochemical parameters in hospitalized patients with heart failure with reduced ejection fraction, with 1-year follow-up[J]. Nutrients, 2020, 12(8): 2330.
- [22] Hong XF, Yan J, Xu LY, et al. Relationship between nutritional status and frailty in hospitalized older patients[J]. Clin Interv Aging, 2019, 14: 105-111.
- (收稿日期:2022-10-25)