

# ROX-HR 指数对于脓毒症患者死亡率的预测价值

曹卫健<sup>1</sup> 王言理<sup>1</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨 ROX-HR 指数对于脓毒症患者 28 d 死亡率的预测价值。**方法:**选取我院 2022 年 10 月—2023 年 10 月收治的 178 例脓毒症患者和 79 例脓毒性休克患者,进行回顾性研究。通过入院后 2 h 内所记录的呼吸、心率、氧饱和度、吸入氧浓度计算 ROX-HR 指数及 ROX 指数。记录 2 h 内最差的 ROX-HR 指数及 ROX 指数。采用 logistic 回归模型确定与脓毒症 28 d 死亡率相关的独立预测因素。采用受试者工作特征(receiver operator characteristic,ROC)曲线评价 ROX-HR 指数对脓毒症患者的预测价值。用约登指数确定 ROX-HR 指数对脓毒症患者死亡率的预测价值。根据约登指数确定的 ROX-HR 指数最佳截点值(6.3),将所有脓毒症患者分为高 ROX-HR 指数组(ROX-HR 指数 $\geq$ 6.3)和低 ROX-HR 指数组(ROX-HR 指数 $<$ 6.3),绘制 Kaplan-Meier 生存曲线分析 ROX-HR 指数与两组患者生存状态的关系。**结果:**通过 logistic 回归分析提示更高的 APACHE II 评分、乳酸及更低的 ROX-HR 指数与脓毒症患者的 28 d 死亡率发生独立相关。通过 ROC 的结果得出,ROX-HR 指数、APACHE II 评分、乳酸和 ROX 指数的 ROC 曲线下面积(area under curve,AUC)分别为 0.722(95%CI:0.641~0.802)、0.758(95%CI:0.685~0.830)、0.674(95%CI:0.585~0.762)和 0.684(95%CI:0.600~0.768)。通过 Kaplan-Meier 生存曲线分析显示,高 ROX-HR 指数组累计生存率明显高于低 ROX-HR 指数组(79.37% vs 34.62%, $P<$ 0.01)。ROX-HR 指数与脓毒性休克患者的 28 d 死亡率的 AUC 为 0.607。**结论:**ROX-HR 指数在死亡组中明显低于存活组,ROX-HR 指数 $<$ 6.3 是脓毒症患者 28 d 死亡风险的独立预测因素。ROX-HR 指数对于脓毒性休克患者的预测能力较差。

**[关键词]** 脓毒症;ROX 指数;ROX-HR 指数

**DOI:**10.13201/j.issn.1009-5918.2024.05.004

**[中图分类号]** R459.7 **[文献标志码]** A

## Predictive value of the ROX-HR index for mortality in patients with sepsis

CAO Weijian WANG Yanli

(Department of Emergency Medicine, the Affiliated Lianyungang Hospital of Xuzhou Medical University, the First People's Hospital of Lianyungang, Lianyungang, Jiangsu, 222000, China)

Corresponding author: WANG Yanli, E-mail: lyyjzkwyl@163.com

**Abstract Objective:** To investigate the predictive value of the ROX-HR index for 28-day mortality in sepsis patients. **Methods:** A total of 178 patients with sepsis admitted to our hospital from October 2022 to October 2023 were selected for this retrospective study. ROX-HR index and ROX index were calculated from respiration, heart rate, oxygen saturation, and inspired oxygen concentration recorded within 2 hours after admission. The worst ROX-HR index and ROX index within 2 hours were recorded. Logistic regression modeling was used to determine the independent predictors associated with 28-day mortality in sepsis patients. The predictive value of the ROX-HR index for sepsis patients was evaluated using the Receiver operator characteristic(ROC) curve. The predictive value of ROX-HR index for mortality in sepsis patients was determined using the Youden index. Based on the optimal cut-off value of ROX-HR index determined by the Youden index, all sepsis patients were divided into the high ROX-HR index group and the low ROX-HR index, and the Kaplan-Meier survival curves were plotted to analyze the relationship between ROX-HR index and the survival status of the two groups of patients. **Results:** Higher APACHE II score, higher lactate and lower ROX-HR index were suggested to be independently associated with the 28-day mortality in sepsis patients by logistic regression analysis. The results of area under curve (AUC) of ROX-HR index, APACHE II, lactate and ROX index were 0.722(95%CI: 0.641-0.802), 0.758(95%CI: 0.685-0.830), 0.674(95%CI: 0.585-0.762) and 0.684(95%CI: 0.600-0.768), respectively. Patients were categorized into high and low ROX-HR groups based on the best cut-off value(6.3) of ROX-HR for predicting 28-day mortality in sepsis patients, and analysis of the Kaplan-Meier curves showed that the cumulative survival rate in the high ROX-HR index group was significantly higher than that in the low ROX-HR index group (79.37% vs 34.62%, $P<$ 0.01). The AUC of ROX-HR index for patients with septic shock was 0.607. **Conclu-**

<sup>1</sup>徐州医科大学附属连云港医院(连云港市第一人民医院)急诊医学科(江苏连云港,222000)

通信作者:王言理,E-mail:l yyjzkwyl@163.com

tion: ROX-HR index was significantly lower in the death group than in the survival group, and ROX-HR index < 6.3 was an independent predictor of 28-day mortality in sepsis patients. The ROX-HR index has poor predictive value in patients with septic shock.

**Key words** sepsis; ROX index; ROX-HR index

脓毒症是由于机体对感染的反应失调导致危及生命的器官功能障碍<sup>[1]</sup>,是重症监护室中常见的急性危重病症,具有较高的医院负担和死亡率,是全世界的主要死亡原因之一<sup>[2-4]</sup>。在脓毒症的发病过程中,一些生物指标会发生相应的变化。正确使用这些指标有可能帮助临床医生早期识别脓毒症的严重程度,提高临床医生的关注度,并改善预后<sup>[5-7]</sup>。

ROX-HR 指数由 Goh 等<sup>[8]</sup>在 2020 年提出,是改良后的呼吸频率-氧合(respiratory rate-oxygenation, ROX)指数。ROX 指数是 2016 年由西班牙的 Roca 等<sup>[9]</sup>提出用于预测发生急性低氧性呼吸衰竭的肺炎患者接受经鼻高流量氧疗治疗(high-flow nasal cannula, HFNC)的成功率,计算方式为:血氧饱和度/吸入氧体积分数与呼吸频率的比值。ROX-HR 指数定义为 ROX 指数与心率的比值乘以系数 100。

因 ROX 指数计算使用的均为无创变量且易于在床边应用,所以近几年该指数在临床上的应用越来越广泛并且用途也得到了拓展<sup>[10-14]</sup>。有研究表明 ROX 指数是脓症患者死亡率的独立预测因素<sup>[15]</sup>。本研究探讨联合心率的 ROX-HR 指数对于脓症患者死亡率是否会有更好的预测价值。

## 1 资料和方法

### 1.1 临床资料

选取我院 2022 年 10 月—2023 年 10 月收治的脓毒症及脓毒性休克患者,研究期间共纳入了符合 SEPSIS 3.0 诊断的脓症患者 178 例及脓毒性休克患者 79 例。脓症患者中,男 108 例,女 70 例;年龄 20~89 岁,平均(64.1±14.2)岁;感染来源:肺部感染共 77 例,泌尿系统感染 55 例,腹腔感染 37 例,皮肤软组织感染 14 例,其他部位感染(导管相关性感染、神经系统、感染源未明确)10 例,感染部位 2 个及以上的患者共 15 例。79 例脓毒性休克患者中,男 44 例,女 35 例;年龄 64.0~78.0 岁,平均 72 岁。

纳入标准:①首次入 ICU 或 EICU 的患者;②年龄≥18 岁;③符合 SEPSIS3.0 的诊断标准。排除标准:①非第一次入 ICU 或 EICU 的患者;②年龄<18 岁;③入 ICU 或 EICU 时间<48 h;④计算 ROX-HR 指数所需变量数据不完整的患者。

### 1.2 资料收集

收集所有患者的一般资料,包括性别、年龄、入院后 2 h 内的血氧饱和度、吸入氧体积分数、呼吸

频率、心率、APACHE II 评分、SOFA 评分、可疑感染部位、乳酸、GCS 评分等。通过计算后,采用入院后 2 h 内最差的 ROX-HR 指数和 ROX 指数。

### 1.3 统计学方法

连续变量为非正态分布,以  $M(Q_1, Q_3)$  表示,分类变量以例(%)表示。连续变量的组间比较采用  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验,分类变量的组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。采用单因素及多因素 logistic 回归模型确定与脓毒症 28 d 死亡率相关的独立预测因素。以 ROX-HR 指数作为连续变量进行相关性分析,采用受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线评价 ROX-HR 指数对脓毒症患者的预测价值。用约登指数确定 ROX-HR 指数对脓症患者死亡率的预测价值。根据约登指数确定的 ROX-HR 指数最佳截点值,将所有脓症患者分为高 ROX-HR 指数组和低 ROX-HR 指数组,绘制 Kaplan-Meier 生存曲线分析 ROX-HR 指数与两组患者生存状态的关系。采用 R 软件 4.1.2 版进行,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者基线特征比较

178 例脓症患者根据 28 d 生存情况分为存活组(118 例)与死亡组(60 例),两组基线特征比较见表 1。两组患者的年龄、性别、基础疾病和感染部位(肺部感染、腹腔感染、皮肤软组织感染、其他)等进行比较,均差异无统计学意义( $P > 0.05$ );两组患者的 APACHE II 评分、SOFA 评分、GCS 评分、IL-6、IL-10、心率、吸入氧浓度、乳酸水平、ROX 指数、ROX-HR 指数等进行比较,均差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。

### 2.2 单因素与多因素 logistic 回归分析

单因素 logistic 回归分析结果见表 2。再将 APACHE II、SOFA 评分、GCS、IL-6、乳酸、ROX 指数、ROX-HR 指数等变量纳入多因素 logistic 回归分析,结果提示更高的 APACHE II 评分、乳酸及更低的 ROX-HR 指数与脓毒症患者的 28 d 死亡率发生独立相关,见图 1。

### 2.3 预后能力评估

通过 ROC 的结果得出,ROX-HR 指数、APACHE II、乳酸和 ROX 指数的 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)分别为 0.722(95%CI: 0.641~0.802)、0.758(95%CI: 0.685~0.830)、0.674(95%CI: 0.585~0.762)和 0.684(95%CI:

0.600~0.768),见图 2。ROX-HR 指数的预测效能优于乳酸和 ROX 指数。并且通过 ROC 分析得

出,ROX-HR 预测脓毒症患者 28 d 死亡率的最佳截断值为 6.3。

表 1 生存组和死亡组患者基线资料比较

变量	生存组(118 例)	死亡组(60 例)	P
年龄/岁	66.0(56.0~73.0)	69.0(60.0~76.0)	0.182
性别/例(%)			0.684
男	70(59.32)	38(62.29)	
女	48(40.68)	22(37.71)	
基础疾病/例(%)			
高血压	34(28.81)	21(35.00)	0.401
糖尿病	37(31.36)	26(43.33)	0.116
慢性肾疾病	16(13.56)	9(15.00)	0.796
冠心病	11(9.32)	5(8.33)	0.747
脑卒中	4(3.39)	2(3.33)	0.830
COPD	3(2.54)	2(3.33)	0.768
其他	39(33.05)	16(26.67)	0.386
感染部位/例(%)			
肺部感染	46(38.98)	31(51.67)	0.108
腹腔感染	23(19.49)	14(23.33)	0.553
泌尿系统感染	42(35.59)	13(21.67)	0.031
皮肤软组织感染	6(5.08)	8(14.81)	0.054
其他	9(7.63)	1(1.67)	0.104
APACHE II 评分/分	15.0(10.0~22.0)	25.0(18.0~30.0)	<0.001
SOFA 评分/分	8.0(4.0~11.0)	12.0(9.0~15.0)	<0.001
GCS 评分/分	15.0(9.0~15.0)	8.0(3.0~9.0)	<0.001
IL-6/(pg·mL <sup>-1</sup> )	165.6(47.6~1177.6)	3296.2(283.4~13765.6)	<0.001
IL-10/(pg·mL <sup>-1</sup> )	11.0(4.8~91.6)	206.6(24.6~979.4)	<0.001
乳酸/(mmol·L <sup>-1</sup> )	2.3(1.5~3.7)	3.6(2.1~8.8)	<0.001
呼吸频率/(次·min <sup>-1</sup> )	20.0(17.0~25.0)	25.0(18.0~32.0)	0.030
心率/(次·min <sup>-1</sup> )	88.0(76.0~100.0)	106.0(90.0~133.0)	<0.001
吸入氧浓度/%	41.0(41.0~50.0)	50.0(41.0~60.0)	0.017
ROX 指数	11.89(7.90~14.17)	6.31(4.66~11.07)	<0.001
ROX-HR 指数	13.27(8.84~18.49)	5.37(3.99~10.98)	<0.001

表 2 单因素 logistic 回归分析

变量	OR	95%CI	P
年龄	0.991	0.961~1.021	0.189
APACHE II	1.120	1.076~1.172	<0.001
SOFA	1.202	1.118~1.303	<0.001
GCS	0.754	0.687~0.820	<0.001
IL-6	1.000	1.000~1.000	0.001
IL-10	1.000	1.000~1.000	0.103
乳酸	1.250	1.136~1.392	<0.001
ROX 指数	0.848	0.781~0.914	<0.001
ROX-HR 指数	0.842	0.786~0.896	<0.001

根据该最佳截断值,将所有脓毒症患者分为高 ROX-HR 指数组(ROX-HR 指数 ≥ 6.3)和低 ROX-HR 指数组(ROX-HR 指数 < 6.3),两组患者

基线特征见表 3。两组患者的年龄、性别、基础疾病和感染部位(腹腔感染、皮肤软组织感染、其他)等进行比较,均差异无统计学意义(P > 0.05);两组患者的 APACHE II 评分、SOFA 评分、GCS 评分、IL-6、IL-10、乳酸水平、呼吸频率、心率、吸入氧浓度、ROX 指数、ROX-HR 指数等进行比较,均差异有统计学意义(P < 0.01)。

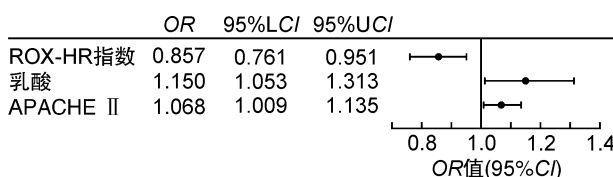


图 1 多因素 logistic 回归分析

Kaplan-Meier 生存曲线分析显示,高 ROX-HR 指数组累计生存率明显高于低 ROX-HR 指数组(79.37% vs 34.62%,  $P < 0.01$ ),见图 3。

### 2.4 ROX-HR 指数与脓毒性休克

79 例脓毒性休克患者中,APACHE II 评分 24.0(19.0~29.0)分;SOFA 评分 11.0(9.0~14.0)分;GCS 评分 9.0(7.0~13.0)分;IL-6 487.8(176.8~7 707.6) pg/mL;IL-10 43.3(7.8~586.5) pg/mL;乳酸 2.8(2.0~5.4) mmol/L;ROX-HR 指数为 9.43(5.10~15.40)。ROX-HR 指数对预测脓毒性休克患者的 ROC 曲线下面积为 0.607(95%CI:0.480~0.735)。见图 4。

### 3 讨论

脓毒症患者死亡率很高,尽量避免患者进入脏器功能衰竭期是治疗的主要目标之一。因此对于脓毒症患者的早期评价以及早期治疗和干预非常重要,不仅可以减少疾病对于脏器功能的损害,还可以降低患者的死亡率。在疾病早期,通过一些临床上容易获取的指标去评价一位患者的病情有较好的可行性<sup>[16]</sup>。ROX 指数最初被提出用于预测 HFNC 治疗急性低氧血症患者的成功率,随后由于

良好的预测能力,它被应用于更多疾病以及不同人群预后的预测,如成人的脓毒症、老年人的重症社区获得性肺炎及儿童下呼吸道感染等<sup>[15,17-18]</sup>。

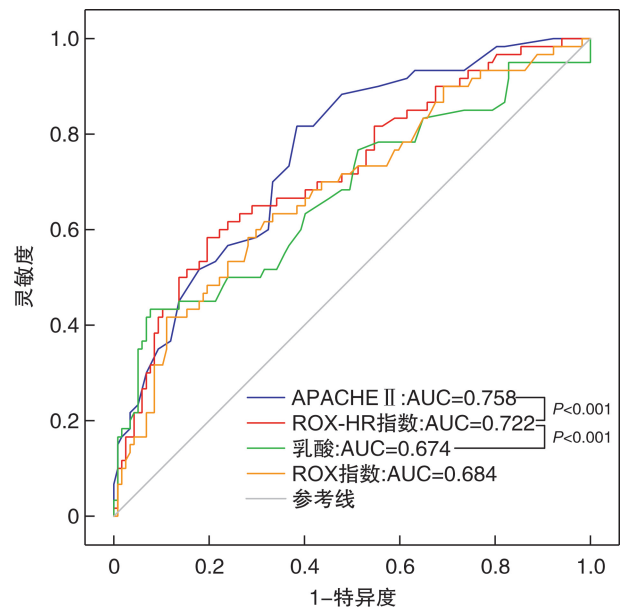


图 2 28 d 死亡率的预测效能

表 3 根据 ROX-HR 指数的截断点分组后的患者基线特征

变量	高 ROX-HR 指数组(126 例)	低 ROX-HR 指数组(52 例)	P
年龄/岁	66.0(55.0~73.0)	69.0(60.0~76.0)	0.182
男性/例(%)	70(59.32)	38(62.29)	0.185
基础疾病/例(%)			
高血压	39(30.95)	16(30.77)	0.982
糖尿病	44(34.92)	19(36.54)	0.839
慢性肾疾病	20(15.87)	5(9.62)	0.278
冠心病	11(9.32)	5(9.62)	0.854
脑卒中	4(3.39)	2(3.85)	0.826
COPD	1(0.79)	4(7.69)	0.012
其他	40(31.75)	15(28.85)	0.706
感染部位/例(%)			
肺部感染	48(38.10)	29(55.77)	0.031
腹腔感染	27(21.43)	10(19.23)	0.749
泌尿系统感染	45(35.71)	10(19.23)	0.031
皮肤软组织感染	8(6.35)	6(11.54)	0.244
其他	10(7.94)	2(3.85)	0.513
APACHE II 评分/分	17.0(11.0~23.0)	23.0(15.0~29.0)	<0.001
SOFA 评分/分	9.0(4.0~12.0)	12.0(8.0~14.0)	<0.001
GCS 评分/分	15.0(9.0~15.0)	8.0(3.0~10.0)	<0.001
IL-6/(pg/mL)	267.3(58.7~4926.3)	1004.9(161.5~14630.1)	<0.001
IL-10/(pg/mL)	18.3(6.6~218.8)	56.7(6.6~1045.5)	<0.001
乳酸/(mmol/L)	2.4(1.5~3.9)	3.4(1.9~8.1)	<0.001
呼吸频率/(次/min)	18.0(16.0~22.0)	32.0(28.0~34.0)	<0.001
心率/(次/min)	87.0(76.0~96.0)	120.0(103.0~140.0)	<0.001
吸入氧浓度/%	41.0(41.0~41.0)	60.0(50.0~60.0)	<0.001
ROX 指数	12.41(9.15~14.20)	4.73(4.26~5.50)	<0.001
ROX-HR 指数	14.55(10.55~18.56)	4.12(3.70~4.83)	<0.001



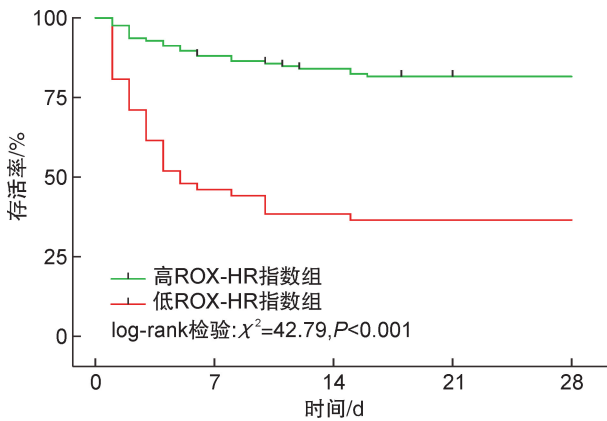


图3 两组患者的28 d Kaplan-Meier生存曲线

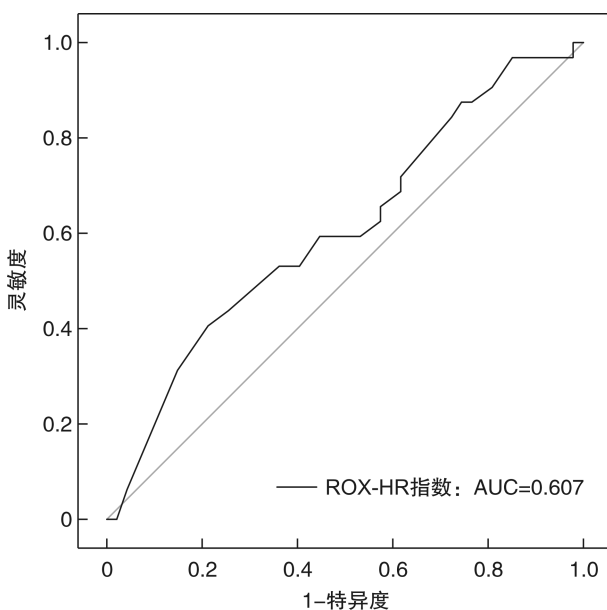


图4 ROX-HR指数预测脓毒性休克患者28 d死亡率的ROC曲线

本研究中,首先通过单因素 logistic 回归初步分析与脓毒症患者 28 d 死亡率相关的因素,如 APACHE II、SOFA 评分、GCS、IL-6、乳酸、ROX 指数、ROX-HR 指数等变量。将这些变量纳入多因素 logistic 回归分析,得出更低的 ROX-HR 指数与脓毒症患者的 28 d 死亡率发生独立相关。ROC 曲线结果提示 ROX-HR 对于脓毒症患者 28 d 死亡率有一定预测价值,且 ROX-HR 指数的预测能力优于 ROX 指数及乳酸。并根据最佳截断点分组后的高 ROX-HR 指数组的死亡率明显低于低 ROX-HR 指数组。

ROX-HR 指数起初被提出用于预测 HFNC 治疗急性低氧性呼吸衰竭患者的结局,且 ROX-HR 指数的预测能力优于 ROX 指数。国外学者的研究指出,ROX-HR 指数大于 6.80 与 HFNC 治疗急性低氧性呼吸衰竭患者的失败可能小有关。脓毒症患者由于机体对于感染的反应失调导致脏器

功能障碍。在疾病的初期,由于发生全身炎症反应综合征,体内会释放大量如 IL-6、肿瘤坏死因子等的促炎因子,从而导致机体表现出呼吸频率加快、心率增快等症状。另外严重的炎症反应一方面导致组织对氧需求增加,另一方面也在一定程度上影响血红蛋白的功能<sup>[19]</sup>,往往会出现更差的血氧饱和度,以及临床上给予更高的吸入氧浓度。因此,本研究认为 ROX-HR 指数越小,脓毒症患者的病情相对更重,28 d 死亡率更高。

在 ROC 曲线的比较中,APACHE II 的 AUC 为 0.758 优于 ROX-HR 指数。但是 APACHE II 所需指标相对较为复杂,ROX-HR 指数仅需无创方法获得的 4 个指标即可计算,在临床上更加易于实施。可进一步探讨该指数对于急诊或抢救室等情况下的应用。

脓毒症与机体对于感染的反应密切相关,但炎症的生物学标志物十分复杂。IL-6 是感染性疾病早期所发生改变的重要生物学标志物,它的升高快于 CRP、PCT 和其他细胞因子。另外也有学者指出,CRP 和 PCT 等指标与脓毒症患者的预后关联不明显,在评估脓毒症患者预后时其价值有限<sup>[20]</sup>。因此本研究纳入了比较有代表性的促炎因子 IL-6。在低 ROX-HR 指数组的 IL-6 明显高于高 ROX-HR 指数组,ROX-HR 指数与脓毒症患者的炎症反应也有一定相关性。

ROX-HR 指数预测脓毒性休克患者的预后效能较低。可能由于当脓毒症发展到脓毒性休克阶段时,其病理生理改变十分复杂,机体的自主神经系统调节障碍,如高浓度的儿茶酚胺可能抑制心肌,降低心率变异<sup>[21]</sup>。并且由于血管张力降低、血压下降、微循环障碍等,各个脏器的灌注受损,使得脓毒性休克涉及更多除心肺以外的器官功能障碍<sup>[22]</sup>。

本研究存在一些不足:本研究只采用了入院后 2 h 内最差的 ROX-HR 指数,没有探讨该指数随时间变化的影响;本研究是一个单中心、小样本研究,需要后续进一步增加样本量来增强可靠性。

#### 4 结论

ROX-HR 指数在死亡组中明显低于存活组,ROX-HR 指数  $<6.3$  是脓毒症患者 28 d 死亡风险的独立预测因素。因此 ROX-HR 指数可以作为判断脓毒症患者预后的指标,并且 ROX-HR 指数的预测能力优于 ROX 指数及乳酸。ROX-HR 指数对于脓毒性休克患者的预测能力较差。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] Weng L, Xu Y, Yin P, et al. National incidence and mortality of hospitalized sepsis in China [J]. *Crit Care*, 2023, 27(1):84.
- [3] Machado FR, Azevedo L. Sepsis: A Threat That Needs a Global Solution[J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(3):454-459.
- [4] Pepper DJ, Sun J, Cui X, et al. Antibiotic-and Fluid-Focused Bundles Potentially Improve Sepsis Management, but High-Quality Evidence Is Lacking for the Specificity Required in the Centers for Medicare and Medicaid Service's Sepsis Bundle (SEP-1) [J]. *Crit Care Med*, 2019, 47(10):1290-1300.
- [5] Pierrakos C, Velissaris D, Bisdorff M, et al. Biomarkers of sepsis: time for a reappraisal [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1):287.
- [6] 陈卫, 石齐芳, 陈嵩, 等. qSOFA 评分联合休克指数评估脓毒症患者预后的价值 [J]. *临床急诊杂志*, 2023, 24(3):126-130.
- [7] 陈正钢, 刘励军. 急诊脓毒症患者早期筛查生物标志物的研究现状与展望 [J]. *临床急诊杂志*, 2023, 24(2):99-104.
- [8] Goh KJ, Chai HZ, Ong TH, et al. Early prediction of high flow nasal cannula therapy outcomes using a modified ROX index incorporating heart rate [J]. *J Intensive Care*, 2020, 8:41.
- [9] Roca O, Messika J, Caralt B, et al. Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: The utility of the ROX index [J]. *J Crit Care*, 2016, 35:200-205.
- [10] Roca O, Caralt B, Messika J, et al. An Index Combining Respiratory Rate and Oxygenation to Predict Outcome of Nasal High-Flow Therapy [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(11):1368-1376.
- [11] Colaianni-Alfonso N, Montiel GC, Castro-Sayat M, et al. ROX index to predict CPAP outcome in hypoxemic respiratory failure due to COVID-19 [J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(12):1818-1819.
- [12] Prower E, Grant D, Bisquera A, et al. The ROX index has greater predictive validity than NEWS2 for deterioration in Covid-19 [J]. *EClinicalMedicine*, 2021, 35:100828.
- [13] Ruangsomboon O, Jirathanavichai S, Phanprasert N, et al. Ratio of Oxygen Saturation to Inspired Oxygen, ROX Index, Modified ROX Index to Predict High Flow Cannula Success in COVID-19 Patients: Multi-center Validation Study [J]. *West J Emerg Med*, 2023, 24(3):511-521.
- [14] Nascimento MS, Zólio BA, Vale LAPA, et al. ROX index as a predictor of failure of high-flow nasal cannula in infants with bronchiolitis [J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1):389.
- [15] Lee CU, Jo YH, Lee JH, et al. The index of oxygenation to respiratory rate as a prognostic factor for mortality in Sepsis [J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 45:426-432.
- [16] 唐瑜, 吕健, 张丽茹, 等. 脓毒症早期识别的研究进展 [J]. *临床急诊杂志*, 2022, 23(7):513-518.
- [17] 王重阳, 王璐, 郭仁楠, 等. ROX 指数预测老年重症社区获得性肺炎患者气管插管的有效性分析 [J]. *临床急诊杂志*, 2022, 23(12):854-858.
- [18] Vasquez-Hoyos P, Jacome-Orozco AL, Rodriguez-Mayorga AP, et al. Can the ROX index predict high-flow nasal cannula failure in children under 2 with lower respiratory tract infection? [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2024, 2024:1-10.
- [19] Jiang Y, Jiang FQ, Kong F, et al. Inflammatory anemia-associated parameters are related to 28-day mortality in patients with sepsis admitted to the ICU: a preliminary observational study [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9(1):67.
- [20] Goligorsky MS, Sun D. Glycocalyx in Endotoxemia and Sepsis [J]. *Am J Pathol*, 2020, 190(4):791-798.
- [21] Hoover DB, Ozment TR, Wondergem R, et al. Impaired heart rate regulation and depression of cardiac chronotropic and dromotropic function in polymicrobial sepsis [J]. *Shock*, 2015, 43(2):185-191.
- [22] De Backer D, Hajjar L, Monnet X. Vasoconstriction in septic shock [J]. *Intensive Care Med*, 2024, 50(3):459-462.

(收稿日期:2024-02-16)

(上接第 228 页)

- [22] Williams BS, Huynh TA, Mahmoud A. Gastric, Duodenal, and Small Bowel Emergencies [J]. *Surg Clin North Am*, 2023, 103(6):1097-1112.
- [23] Gaidarski Iii AA, Ferrara M. The Colorectal Anastomosis: A Timeless Challenge [J]. *Clin Colon Rectal Surg*, 2023, 36(1):11-28.
- [24] Lee JS, Kim JY, Kang BM, et al. Clinical outcomes of laparoscopic versus open surgery for repairing colonic perforation: a multicenter study [J]. *Surg Today*, 2021, 51(2):285-292.
- [25] Fugazzola P, Ceresoli M, Coccolini F, et al. The WSES/SICG/ACOI/SICUT/AcEMC/SIFIPAC guidelines for diagnosis and treatment of acute left colonic diverticulitis in the elderly [J]. *World J Emerg Surg*, 2022, 17(1):5.
- [26] Thompson EV, Snyder JR. Recognition and Management of Colonic Perforation following Endoscopy [J]. *Clin Colon Rectal Surg*, 2019, 32(3):183-189.

(收稿日期:2023-11-23)