

# 应激性高血糖比值与脓毒症患者院内死亡风险的关系

韩旭 牛凯 刘斌

[蚌埠医科大学附属阜阳医院(阜阳市人民医院)呼吸与危重症医学科,安徽省阜阳市 236000]

**【摘要】** 目的 探讨应激性高血糖比值(SHR)与脓毒症患者院内死亡风险的关系。方法 从重症医学数据库IV(MIMIC-IV V2.2)中提取1986例首次入住ICU的脓毒症患者的临床资料,并根据患者的院内死亡情况将患者分为存活组和死亡组。构建Logistic回归模型探讨脓毒症患者院内死亡的危险因素;通过受试者工作特征(ROC)曲线评估SHR对脓毒症预后的预测能力;根据性别、年龄、合并症等因素,对SHR与院内死亡率之间的关系进行亚组分析,进一步探究SHR与分层变量之间的交互作用。结果 共有305例患者发生院内死亡,死亡率为15.4%。死亡组年龄、入院血糖、SHR、未合并高血压患者比例、感染合并序贯性器官衰竭评价(SOFA)评分、简化急性生理功能评估系统II(SAPSII)评分、机械通气时间、ICU住院天数高于或长于存活组( $P<0.05$ );多因素Logistic回归分析结果显示,SHR升高时脓毒症患者院内死亡风险增加( $P<0.05$ )。SHR联合SAPSII评分预测脓毒症患者院内死亡的曲线下面积为0.667,高于SHR单独预测的0.570( $P<0.05$ )。亚组分析结果显示,在男性亚组、女性亚组、年龄 $<65$ 岁亚组、机械通气亚组、SHR $\geq 1.10$ 亚组、未应用糖皮质激素亚组、合并糖尿病亚组、未合并糖尿病亚组、未合并低血糖亚组、未合并高血压亚组、未合并心衰亚组中,SHR升高与脓毒症患者院内死亡风险增加相关( $P<0.05$ )。交互作用结果显示,在合并糖尿病与未合并糖尿病、合并高血压与未合并高血压的人群中,SHR与脓毒症患者院内死亡率之间的关系差异有统计学意义( $P_{交互作用}<0.05$ )。结论 SHR升高与脓毒症患者院内死亡风险增加密切相关,SHR升高是影响脓毒症患者院内死亡的独立危险因素,SHR与SAPSII评分联合可以更好地评估脓毒症患者的预后,对于脓毒症患者的临床治疗和决策具有重要参考价值。

**【关键词】** 脓毒症;应激性高血糖比值;重症监护室;预后;简化急性生理功能评估系统II

**【中图分类号】** R 193.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 0253-4304(2024)07-1021-06

DOI:10.11675/j.issn.0253-4304.2024.07.12

## Relation between stress hyperglycemia ratio and risk of in-hospital death in patients with sepsis

HAN Xu, NIU Kai, LIU Bin

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Affiliated Fuyang Hospital of Bengbu Medical University[Fuyang People's Hospital], Fuyang 236000, Anhui, China)

**【Abstract】** **Objective** To explore the relation between stress hyperglycemia ratio (SHR) and in-hospital death risk in patients with sepsis. **Methods** The clinical data of 1986 patients with sepsis who were firstly admitted to ICU were extracted from the critical care medical database IV (MIMIC-IV V2.2). Patients were assigned to survival group or death group according to patients' in-hospital death states. The Logistic regression model was established to explore the risk factors for in-hospital death in patients with sepsis. The prediction ability of SHR on prognosis of sepsis was evaluated by employing the receiver operating characteristic (ROC) curve. According to the factors in terms of gender, age, comorbidities, etc., a subgroup analysis was performed on the relation between SHR and in-hospital mortality, and then the interaction effect between SHR and stratification variables was further explored. **Results** A total of 305 patients were dead in hospital, with the incidence rate of death in 15.4%. The death group exhibited higher age, blood glucose at admission, SHR, proportion of patients without concomitant hypertension, infection and concomitant Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) score, Simplified Acute Physiology System II (SAPSII) score, and longer mechanical ventilation duration, length of ICU stays as compared with the survival group ( $P<0.05$ ). The results of multivariate Logistic regression analysis revealed that when SHR was elevated, in-hospital death risk of patients with sepsis was increased ( $P<0.05$ ). Area under the curve of SHR combined with SAPSII score for predicting in-hospital death of

第一作者简介:韩旭,在读硕士研究生,研究方向为呼吸与危重症。

通信作者简介:刘斌,硕士,主任医师,研究方向为呼吸与危重症。

patients with sepsis was 0.667, which was higher than that of SHR single prediction (0.570,  $P<0.05$ ). The results of subgroup analysis indicated that in the male subgroup, the female subgroup, age $<65$  years old subgroup, mechanical ventilation subgroup, SHR $\geq 1.10$  subgroup, non-administration of glucocorticoids subgroup, concomitant diabetes mellitus subgroup, non-concomitant diabetes mellitus subgroup, non-concomitant hypoglycemia subgroup, non-concomitant hypertension subgroup, non-concomitant heart failure subgroup, SHR elevation correlated with increased risk of in-hospital death in patients with sepsis ( $P<0.05$ ). The results of interaction effect depicted that in concomitant and non-concomitant diabetes mellitus, concomitant and non-concomitant hypertension populations, there was a statistically significant difference in relation between SHR and in-hospital mortality in patients with sepsis ( $P_{\text{interaction effect}}<0.05$ ). **Conclusion** SHR elevation is closely related to increased risk of in-hospital death in patients with sepsis, and SHR elevation is the independent risk factor for affecting in-hospital death in patients with sepsis. The combination of SHR and SAPSII score can preferably evaluate prognosis of patients with sepsis, exerting crucial reference values for clinical treatment and decision on patients with sepsis.

**【Key words】** Sepsis, Stress hyperglycemia ratio, Intensive care unit, Prognosis, Simplified Acute Physiology System II

脓毒症是一种因宿主对感染反应失调而引起的疾病,会导致身体出现多种异常,并可能导致多器官功能障碍和死亡<sup>[1]</sup>。随着老年人口及肿瘤患者数量的不断增加,全球脓毒症的发病率也在不断上升<sup>[2]</sup>。脓毒症是ICU患者常见的死因之一,其住院病死率为20%~50%,且其社会负担及经济负担较重<sup>[3]</sup>。近年来,学者们对脓毒症的机理及治疗进行深入研究,但其高病死率仍然无法完全解决<sup>[4]</sup>。因此,早期准确评估和预测病情对脓毒症患者的预后十分重要。应激性高血糖(stress hyperglycemia, SH)是指由于急症或应激反应导致患者血糖暂时升高,常与炎症反应相关,多见于重症患者<sup>[5]</sup>。应激性高血糖比值(stress hyperglycemia ratio, SHR)是基于入院血糖和HbA1c的计算结果<sup>[6]</sup>,其兼顾患者长期血糖升高和即时血糖升高的情况,无论患者是否合并糖尿病,都可以采用SHR来评估SH相对变化。研究显示,SHR与心肌梗死<sup>[7]</sup>、缺血性卒中<sup>[8]</sup>、糖尿病<sup>[9]</sup>等疾病死亡风险有关,但目前关于SHR与脓症患者死亡风险的相关性研究较为缺乏。因此,本研究旨在探讨SHR与脓症患者死亡风险的关系。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料** 资料来源于重症医学数据库IV(MIMIC-IV V2.2),MIMIC-IV是一个公共数据库,由美国贝斯以色列女执事医疗中心(Beth Israel Deaconess Medical Center, BIDMC)收集而成,该数据库已被豁免伦理及知情同意。本研究已获得数据库的使用权限(ID:12834332),收集MIMIC-IV 2008—2019年收录的首次入住ICU的脓毒症患者的临床资料。脓毒症诊断标准参照脓毒症3.0国际诊断共识:感染合并序

贯性器官衰竭评价(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)评分 $\geq 2$ 分。病例纳入标准:(1)首次入住ICU;(2)年龄 $\geq 18$ 岁且被诊断为脓毒症。排除标准:(1)入院时间 $<24$ h;(2)入住ICU 24h内没有监测血糖或者缺失研究所需数据。

**1.2 研究方法** 使用PostgreSQL数据库管理系统获取患者的年龄、性别、糖皮质激素应用情况、机械通气情况、机械通气时间、ICU住院天数、合并症(低血糖、糖尿病、高血压、心力衰竭)、简化急性生理功能评估系统II(Simplified Acute Physiology Score II, SAPSII)评分、SOFA评分、入院血糖(入住ICU 24h内检测的首次血糖值)、HbA1c、SHR。低血糖定义为入院后24h内血糖值 $<72$ mg/dL。使用Nathan等<sup>[10]</sup>推导的公式计算SHR,  $SHR = \text{入院血糖}(\text{mg/dL}) / [28.62 \times \text{HbA1c}(\%) - 46.62]$ ,并将SHR按照百分位数分为Q1(0~ $<50\%$ )、Q2(50%~100%)两组。主要研究终点为院内死亡。

**1.3 统计学分析** 使用SPSS 26.0软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用两独立样本 $t$ 检验;非正态分布的计量资料以 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验。计数资料以例数(百分比)表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用多因素Logistic回归模型分析脓症患者院内死亡的影响因素。通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估SHR对脓毒症预后的预测能力。使用DeLong检验来比较ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)的差异。根据性别、年龄、合并症等因素,对SHR与脓症患者院内死亡率之间的关系进行亚组分析,并进一步探究SHR与分层变量之间的交互作用。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

2.1 脓毒症患者的临床基线资料 本研究共纳入1 986例脓毒症患者,男性1 199例、女性787例,年龄67.00(56.00, 77.00)岁,其余临床基线资料见表1。其中,有305例(15.4%)患者发生院内死亡,纳入死亡

组,其余1 681例未发生院内死亡患者纳入存活组。

2.2 存活组和死亡组患者临床资料的比较 死亡组患者的年龄、入院血糖、SHR、未合并高血压患者比例、SOFA评分、SAPSII评分、机械通气时间、ICU住院天数高于或长于存活组( $P<0.05$ ),见表1。

表1 存活组和死亡组患者临床资料的比较

临床特征	总体(n=1 986)	存活组(n=1 681)	死亡组(n=305)	$\chi^2/z$ 值	P值
性别[n(%)]					
男性	1 199(60.4)	1 015(60.4)	184(60.3)	0.000	0.986
女性	787(39.6)	666(39.6)	121(39.7)		
年龄[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),岁]	67.00(56.00, 77.00)	67.00(56.00, 77.00)	70.00(57.00, 81.00)	-2.256	0.024
入院血糖[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),mg/dL]	143.00(112.00, 205.00)	142.00(112.00, 202.00)	150.00(118.00, 222.00)	-2.257	0.024
HbA1c[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),%]	5.95(5.50, 6.90)	6.00(5.50, 6.90)	5.90(5.40, 6.70)	-1.669	0.095
SHR[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ )]	1.10(0.90, 1.40)	1.10(0.90, 1.40)	1.20(1.00, 1.70)	-3.914	<0.001
糖皮质激素[n(%)]					
应用	302(15.2)	247(14.7)	55(18.0)	2.232	0.135
未应用	1 684(84.8)	1 434(85.3)	250(82.0)		
合并症[n(%)]					
糖尿病	775(39.0)	671(39.9)	104(34.1)	-1.916	0.055
低血糖	31(1.6)	25(1.5)	6(2.0)	-0.622	0.711
高血压	898(45.2)	782(46.5)	116(38.0)	-2.739	0.006
心力衰竭	741(37.3)	625(37.2)	116(38.0)	-0.283	0.777
SOFA评分[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),分]	3.00(2.00, 4.00)	3.00(2.00, 4.00)	3.00(2.00, 5.00)	-4.561	<0.001
SAPSII评分[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),分]	38.00(31.00, 46.00)	37.00(30.00, 45.00)	42.00(35.00, 53.00)	-7.692	<0.001
机械通气[n(%)]	1 776(89.4)	1 512(89.9)	264(86.6)	3.136	0.077
机械通气时间[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),h]	64.29(23.94, 139.00)	60.95(23.00, 131.01)	85.37(29.88, 187.49)	-3.152	0.002
ICU住院天数[M( $P_{25}$ , $P_{75}$ ),d]	5.17(2.89, 9.78)	4.97(2.81, 9.58)	6.21(3.75, 11.36)	-8.223	<0.001

2.3 脓毒症患者院内死亡的影响因素分析 以是否发生院内死亡作为因变量(赋值:死亡=1,存活=0),以2.2中差异具有统计学意义的指标作为自变量(高血压:有=1,无=0;年龄、入院血糖、SHR、SOFA评分、

SAPSII评分、机械通气时间、ICU住院天数以实测值纳入),纳入Logistic回归模型进行分析,结果显示,调整多种变量后,SHR升高是脓毒症患者院内死亡的独立危险因素( $P<0.05$ ),见表2。

表2 脓毒症患者院内死亡的影响因素分析

变量	$\beta$ 值	SE值	Wald $\chi^2$ 值	OR值(95% CI)	P值
年龄	0.142	0.140	1.021	1.152(0.875, 1.516)	0.312
高血压	-0.261	0.132	3.909	0.770(0.595, 0.998)	0.048
入院血糖	-0.002	0.001	4.256	0.998(0.996, 1.000)	0.039
SHR	0.743	0.190	15.235	2.102(1.447, 3.052)	<0.001
SOFA评分	0.037	0.035	1.123	1.038(0.969, 1.111)	0.289
SAPSII评分	0.032	0.005	36.527	1.033(1.022, 1.043)	<0.001
机械通气时间	0.000	0.001	0.343	1.000(0.999, 1.002)	0.558
ICU住院天数	0.011	0.014	0.613	1.011(0.983, 1.040)	0.434

2.4 ROC 曲线分析 分别以 SHR、SAPS II 评分、SHR+SAPS II 评分作为自变量,是否发生院内死亡作为因变量进行 ROC 曲线分析。结果提示,SHR 联合 SAPS II 评分及 SAPS II 评分单独预测脓毒症患者院内

死亡风险的 AUC 高于 SHR 单独预测的 AUC ( $Z=4.123, P<0.001; Z=2.739, P=0.006$ ),但 SHR 与 SAPS II 评分联合预测与 SAPS II 评分单独预测的 AUC 差异无统计学意义 ( $Z=1.506, P=0.132$ ),见表 4、图 1。

表 4 SHR、SAPS II 评分单独与联合预测脓毒症患者院内死亡风险的价值

变量	AUC(95% CI)	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳截断值	P 值
SHR	0.570(0.534,0.607)	42.3	70.9	1.343	<0.001
SAPS II 评分	0.638(0.605,0.671)	67.9	53.1	37.00	<0.001
SHR+SAPS II 评分	0.667(0.635,0.699)	64.9	57.6	0.141	<0.001

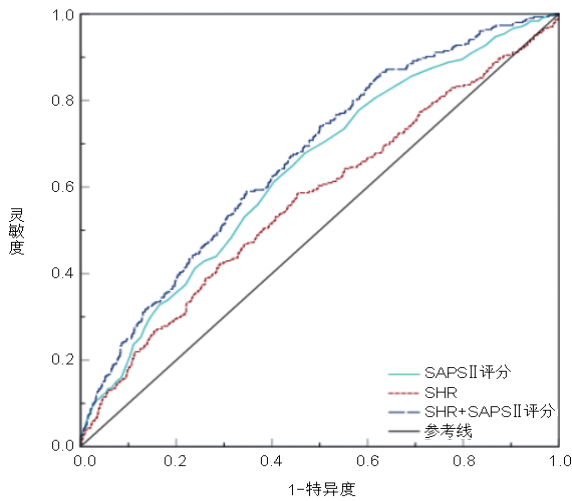


图 1 ROC 曲线图

2.5 亚组分析 在男性亚组、女性亚组、年龄<65岁亚组、机械通气亚组、SHR≥1.10亚组、未应用糖皮质激素亚组、合并糖尿病亚组、未合并糖尿病亚组、未合并低血糖亚组、未合并高血压亚组、未合并心衰亚组中,SHR 升高与脓毒症患者院内死亡风险增加相关 ( $P<0.05$ )。交互作用结果显示,在合并糖尿病与未合并糖尿病、合并高血压与未合并高血压的人群中,SHR 与脓毒症患者院内死亡率之间的关系差异有统计学意义 ( $P_{交互作用}<0.05$ ),见图 2。

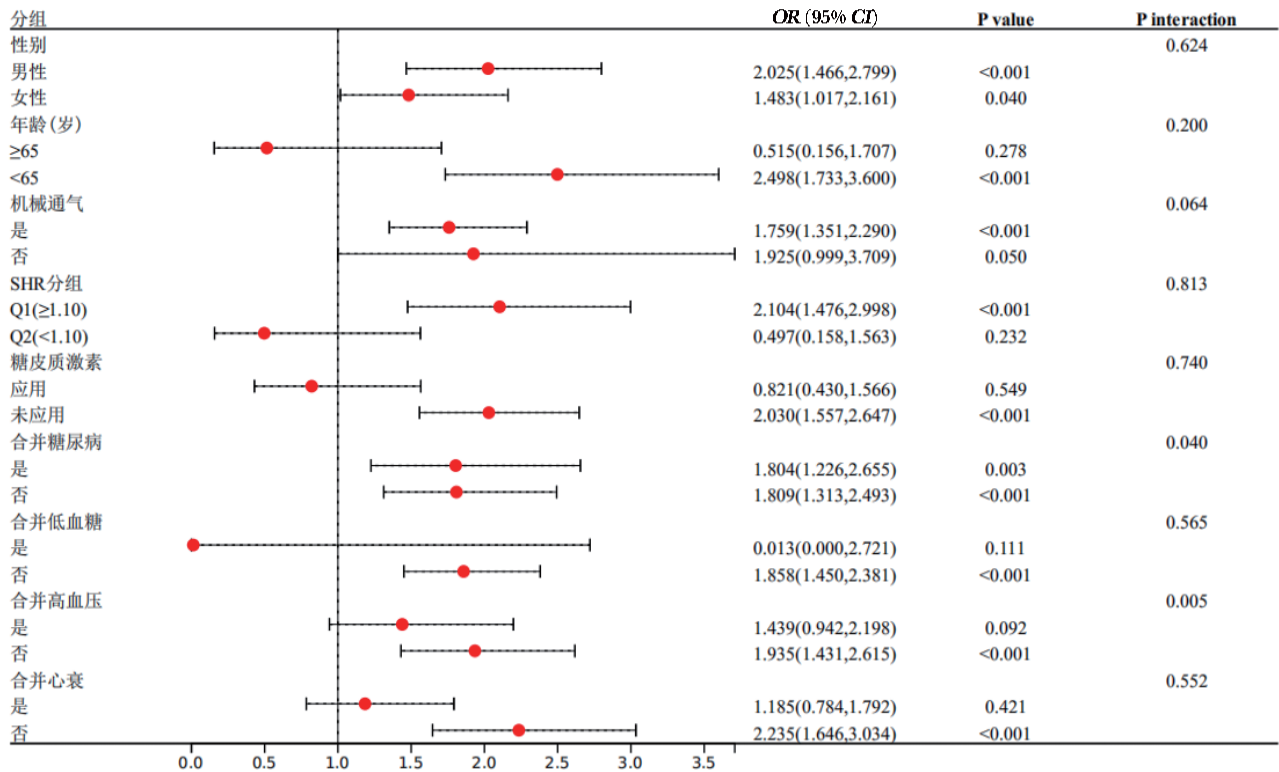


图 2 亚组分析森林图

### 3 讨论

脓毒症是一种炎症反应介导的全身器官组织损伤疾病,据统计,全球每年因脓毒症死亡的人数约占总死亡人数的19.7%<sup>[2]</sup>。SH与炎症反应有关,但目前对SH出现的原因仍存在许多争论<sup>[11-14]</sup>。严重脓毒症会导致机体代谢亢进,进而影响蛋白质、脂质和碳水化合物的吸收与代谢,一方面可能与内源性糖异生的增加有关,另一方面可能是由于胰岛素抵抗导致糖的利用受阻<sup>[15]</sup>。这种高代谢状态与患者死亡率增加有关,应激引发的神经-内分泌反应会导致糖代谢紊乱,使血糖迅速升高,而糖异生增加会导致机体内循环代谢紊乱,胰岛素抵抗则导致机体不能很好地利用外源性营养,因而脓毒症合并SH的患者常预后不良<sup>[16]</sup>。SHR通过测量患者的HbA1c来计算其基础血糖水平,这可以校正应激状态下的血糖水平,以便更好地了解应激状态下血糖水平较非应激状态的相对改变<sup>[6]</sup>。既往研究显示,SH可能会导致部分ICU患者死亡率增加<sup>[17]</sup>,故本研究探讨SHR与脓毒症患者院内死亡的关系及其对预后的预测价值,为改善患者的预后提供参考。

本研究结果显示,SHR是影响脓毒症患者预后的独立危险因素( $P<0.05$ )。Liu等<sup>[18]</sup>发现,SHR与糖尿病合并肺炎患者的不良临床结果存在非线性关联。Lee等<sup>[19]</sup>的研究表明,SHR与急性心肌梗死合并糖尿病和非合并糖尿病患者不良预后之间的关系是相似的。本研究交互作用结果显示,合并糖尿病和未合并糖尿病人群中,SHR升高引起脓毒症患者院内死亡的发生率不同( $P_{交互作用}<0.05$ ),但两者OR值较为接近(分别为1.804和1.809),这表明是否合并糖尿病对SHR升高引起脓毒症患者院内死亡的影响并不显著。因此,无论脓毒症患者是否合并糖尿病,均可采用SHR进行病情及预后的评估。其原因可能是SHR的计算过程中包含入院血糖和HbA1c,直接将患者在急性发病期间的即时血糖控制情况与基础血糖水平联系起来,进而能反映出个体差异。但是,本研究作为一项回顾性研究,研究结果受到患者预后生存时间短、脓毒症合并糖尿病患者病理生理机制复杂等多种因素影响,未来还需进一步研究证实。

Lee等<sup>[20]</sup>的研究表明,SHR联合急性生理学与慢性健康状况系统II评分可提高对重症患者预后的评

估能力。SAPSII评分是由Le Gall等<sup>[21]</sup>通过对12 997例ICU住院患者进行研究后总结提出的可用于预测患者死亡风险的指标。李涛等<sup>[22]</sup>的研究表明,SHR联合SAPSII评分对重症急性肾损伤患者院内死亡的预测能力较好( $AUC=0.742$ ,95%  $CI:0.686\sim0.798$ )。本研究结果显示,SHR单独预测脓毒症患者院内死亡风险的AUC为0.570,低于SHR联合SAPSII评分及SAPSII评分单独预测的AUC(分别为0.667、0.638, $P<0.05$ ),提示SHR对脓毒症患者院内死亡有一定的预测价值,但预测效能较低,联合SAPSII评分可提高预测效能。

目前,SHR数值范围的界定仍存在争论。有学者评估SHR与糖尿病合并脓毒症患者预后之间的关系,发现SHR $>1.14$ 的患者预后较差<sup>[23]</sup>。Ji<sup>[24]</sup>对4 460例脓毒症患者进行分析,发现SHR=1.08是预测患者预后的最佳截断值,而本研究将SHR按照中位数1.10分为Q1组和Q2组,亚组分析结果显示,Q1组(SHR $\geq 1.10$ )患者院内死亡风险更高[OR(95%  $CI$ ):2.104(1.476,2.998), $P<0.001$ ]。既往研究表明,风险因素在研究人群中的分布情况显著影响特定风险因素与预后结果之间的U型或J型关系<sup>[25]</sup>。因此,未来需要进一步扩大研究规模以明确SHR的最低值和有利的范围,使其更好地预测脓毒症患者的不良临床结局。

本研究仍存在一些局限性:(1)本研究为单中心、回顾性研究,其结果适用性可能会受限,其结论需要更多前瞻性、多中心研究来验证;(2)一些缺失记录的患者将无法纳入,研究数据可能会存在一定的偏倚;(3)本研究为观察性研究,研究结论不能证实SHR与脓毒症患者死亡风险之间是否存在因果关系,还需要在未来的前瞻性研究中进一步验证。

综上所述,SHR升高与脓毒症患者院内死亡风险增加存在相关性,SHR是影响脓毒症患者院内死亡的独立危险因素,SHR与SAPSII评分联合可以更好地评估脓毒症患者的预后情况,对于脓毒症患者的临床治疗和决策具有重要参考价值。

### 参 考 文 献

- [1] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021[J]. Intensive Care Med, 2021, 47(11): 1181-1247.

- [2] Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, et al. Global, regional, and National sepsis incidence and mortality, 1990–2017: analysis for the Global Burden of Disease Study [J]. *Lancet*, 2020, 395(10219):200–211.
- [3] Darba J, Epidemiology MA. Management and costs of sepsis in Spain (2008–2017): a retrospective multicentre study [J]. *Curr Med Res Opin*, 2020, 36(7):1089–1095.
- [4] SepNet Critical Care Trials Group. Incidence of severe sepsis and septic shock in German intensive care units: the prospective, multicentre INSEP study [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(12):1980–1989.
- [5] Schmidt AM. Highlighting diabetes mellitus: the epidemic continues [J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2018, 38(1):e1–e8.
- [6] Roberts GW, Quinn SJ, Valentine N, et al. Relative hyperglycemia, a marker of critical illness: introducing the stress hyperglycemia ratio [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2015, 100(12):4490–4497.
- [7] Liao W, Chen YW, Gao QY, et al. Impact of stress hyperglycemia ratio, derived from glycated albumin or hemoglobin A1c, on mortality among ST-segment elevation myocardial infarction patients [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2023, 22(1):334.
- [8] Guo W, Zhu JJ, Liu WX. Stress hyperglycemia ratio: an Independent predictor for in-hospital major adverse cardiovascular and cerebrovascular events in patients with ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2023, 23(1):195.
- [9] Sia CH, Chan MHH, Zheng HL, et al. Optimal glucose, HbA1c, glucose-HbA1c ratio and stress-hyperglycaemia ratio cut-off values for predicting 1-year mortality in diabetic and non-diabetic acute myocardial infarction patients [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1):211.
- [10] Nathan MD, Kuenen J, Borg R, et al. Translating the A1C assay into estimated average glucose values [J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(8):1473–1478.
- [11] 尹春彪,姚明明,舒 适. sRAGE与重症肺炎患者病情程度、应激性高血糖的关系 [J]. *中国现代医学杂志*, 2020, 30(12):45–50.
- [12] Chen HY, Ko ML, Chan HL. Effects of hyperglycemia on the TGF- $\beta$  pathway in trabecular meshwork cells [J]. *Biochim Biophys Acta Gen Subj*, 2024, 1868(2):130538.
- [13] Li L, Ding LG, Zheng LH, et al. Relationship between stress hyperglycemia ratio and acute kidney injury in patients with congestive heart failure [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2024, 23(1):29.
- [14] Luna-Marco C, Iannantuoni F, Hermo-Argibay A, et al. Cardiovascular benefits of SGLT2 inhibitors and GLP-1 receptor agonists through effects on mitochondrial function and oxidative stress [J]. *Free Radic Biol Med*, 2024, 213:19–35.
- [15] Wu C, Wang XY, Yu WK, et al. Hypermetabolism in the initial phase of intensive care is related to a poor outcome in severe sepsis patients [J]. *Ann Nutr Metab*, 2015, 66(4):188–195.
- [16] Aleman L, Guerrero J. Sepsis hyperglycemia in the ICU: from the mechanism to the clinic [J]. *RevMed Chil*, 2018, 146(4):502–510.
- [17] 汪雨欣,邓宇含,谭银亮,等. 应激性血糖升高对重症监护病房患者28 d全因死亡风险的预测价值 [J]. *北京大学学报(医学版)*, 2023, 55(3):442–449.
- [18] Liu B, Chen Y, Yu LP, et al. Stress hyperglycemia ratio is associated with systemic inflammation and clinical outcomes in diabetic inpatients with pneumonia on admission [J]. *J Diabetes*, 2023, 15(7):545–556.
- [19] Lee TF, Burt MG, Heilbronn LK, et al. Relative hyperglycemia is associated with complications following an acute myocardial infarction: a post-hoc analysis of HI-5 data [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2017, 16(1):157.
- [20] Lee TF, Drake SM, Roberts GW, et al. Relative hyperglycemia is an independent determinant of in-hospital mortality in patients with critical illness [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(2):e115–e122.
- [21] Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPSII) based on a European/North American multicenter study [J]. *JAMA*, 1993, 270(24):2957–2963.
- [22] 李 涛,管仁苹,何 阳,等. 应激性血糖升高比值与重症急性肾损伤患者院内死亡风险的关系 [J]. *中国急救医学*, 2023, 43(5):356–360.
- [23] Fabbri A, Marchesini G, Benazzi B, et al. Stress hyperglycemia and mortality in subjects with diabetes and sepsis [J]. *Crit Care Explor*, 2020, 2(7):e0152.
- [24] Ji Y. Stress hyperglycemia has a J-shaped association with mortality among critically ill patients with sepsis [J]. *J Crit Care*, 2024, 80:154503.
- [25] Shah R, Thabane L, Gerstein HC. Are U-shaped relationships between risk factors and outcomes artifactual? [J]. *J Diabetes*, 2022, 14(12):815–821.

(收稿日期:2024-04-10 修回日期:2024-06-15)