

基于菲尼克斯脓毒症评分的脓毒症患者预后预测模型的构建与验证

罗永田¹ 孙慧¹ 蒋支贵² 杨珍¹ 鲁承熙¹ 饶璐飞¹

潘婷婷¹ 饶玉薪¹ 李潇¹ 杨红兰³

¹ 贵州医科大学附属医院 PICU, 贵阳 550000; ² 习水县人民医院儿科, 遵义 564600;

³ 贵州医科大学附属医院儿童血液肿瘤科, 贵阳 550000

通信作者: 杨红兰, Email: yhonglan2021@163.com

【摘要】目的 构建并验证基于菲尼克斯脓毒症评分(PSS)的脓毒症患者预后预测模型。**方法** 采用回顾性病例系列研究方法,收集 2022 年 1 月至 2024 年 4 月贵州医科大学附属医院儿童重症监护病房(PICU)收治的脓毒症患儿的临床资料,包括一般资料,入 PICU 首个 24 h 内实验室指标的最差值、PSS 评分和儿童危重病例评分(PCIS),以及患儿入院 30 d 生存情况。将单因素 Logistic 回归分析中差异有统计学意义的指标纳入多因素 Logistic 回归分析,筛选影响脓毒症患儿预后的危险因素并构建列线图模型。绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线)评估模型的预测性能;运用 Bootstrap 法进行 1 000 次重复抽样内部验证并绘制模型的校准曲线。**结果** 共纳入 199 例脓毒症患儿,其中入院 30 d 死亡 32 例,存活 167 例。单因素 Logistic 回归分析中差异有统计学意义的指标包括休克、白细胞计数(WBC)、国际标准化比值(INR)、乳酸(Lac)、PSS 评分和 PCIS 评分,将上述指标纳入多因素 Logistic 回归分析,结果显示,休克[优势比(OR)=4.258, 95% 置信区间(95%CI)为 1.049~17.288],WBC(OR=1.124, 95%CI 为 1.052~1.210)和 PSS 评分(OR=1.977, 95%CI 为 1.298~3.012)是脓毒症患儿死亡的独立危险因素(均 $P<0.05$)。以上述 3 个危险因素构建列线图模型,预后预测模型方程 = $-4.809 + 1.449 \times \text{休克} + 0.682 \times \text{PSS 评分} + 0.117 \times \text{WBC}$ 。校准曲线结果显示,模型预测结果与实际观察之间具有高度一致性。ROC 曲线显示,预测模型的约登指数为 0.792 时,敏感度和特异度分别为 90.6%、88.6%,曲线下面积(AUC)达 0.957(95%CI 为 0.930~0.984),高于单独使用休克、WBC 和 PSS 评分的 AUC(分别为 0.808、0.667、0.908)。**结论** 休克、WBC 和 PSS 评分对脓毒症患儿死亡具有一定预测价值,基于上述指标构建的列线图模型对于评估脓毒症患儿预后及指导治疗具有重要的临床意义。

【关键词】 菲尼克斯脓毒症评分; 脓毒症; 儿童; 预后; 预测模型

基金项目: 贵州省卫生健康委科学技术基金项目(gzwbk2024-424)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20241008-00816

Construction and validation of a prognostic prediction model for pediatric sepsis based on the Phoenix sepsis score
Luo Yongtian¹, Sun Hui¹, Jiang Zhigui², Yang Zhen¹, Lu Chengxi¹, Rao Lufei¹, Pan Tingting¹, Rao Yuxin¹, Li Xiao¹, Yang Honglan³

¹Pediatric Intensive Care Unit, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550000, China; ²Department of Pediatrics, Xishui County People's Hospital, Zunyi 564600, China; ³Department of Pediatric Hematology and Oncology, Affiliated Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550000, China

Corresponding author: Yang Honglan, Email: yhonglan2021@163.com

【Abstract】Objective To construct and validate a prognostic prediction model for children with sepsis using the Phoenix sepsis score (PSS). **Methods** A retrospective case series study was conducted to collect clinical data of children with sepsis admitted to the pediatric intensive care unit (PICU) of the Affiliated Hospital of Guizhou Medical University from January 2022 to April 2024. The data included general information, the worst values of laboratory indicators within the first 24 hours of PICU admission, PSS score, pediatric critical illness score (PCIS), and the survival status of the children within 30 days of admission. The statistically significant indicators in univariate Logistic regression analysis were included in multivariate Logistic regression analysis to screen the risk factors affecting the prognosis of children with sepsis and construct a nomogram model. The receiver operator characteristic curve (ROC curve) was drawn to evaluate the predictive performance of the model. The Bootstrap method was used to perform 1 000 repeated sampling internal verification and draw the calibration curve of the model. **Results** A total of 199 children with sepsis were included, of which 32 died and 167 survived 30 days after admission. In the univariate Logistic regression analysis, shock, white blood cell count (WBC), international normalized ratio (INR), lactic acid (Lac), PSS score, and PCIS score were identified as statistically significant predictors. These variables were then included in the multivariate Logistic regression analysis, which demonstrated that shock [odds ratio (OR) = 4.258, 95% confidence interval (95%CI) was 1.049–17.288], WBC (OR = 1.124, 95%CI was 1.052–1.210), and PSS score (OR = 1.977, 95%CI was 1.298–3.012) were independent risk factors for mortality in pediatric patients with sepsis (all $P < 0.05$). A nomogram model was

constructed based on these three risk factors, with the model equation as follows: $-4.809 + 1.449 \times \text{shock} + 0.682 \times \text{PSS score} + 0.117 \times \text{WBC}$. The calibration curve results showed that the model's predictions were highly consistent with the actual observations. The ROC curve showed that when the Youden index of the prediction model was 0.792, the sensitivity and specificity were 90.6% and 88.6%, respectively, and the area under the curve (AUC) was 0.957 (95%CI was 0.930–0.984), which was higher than the AUC of shock, WBC, and PSS score alone (0.808, 0.667, 0.908, respectively). **Conclusions** Shock, WBC, and PSS score have demonstrated certain predictive value for mortality in children with sepsis. The nomogram model based on the above indicators has important clinical significance for evaluating the prognosis and guiding treatment of children with sepsis.

【Key words】 Phoenix sepsis score; Sepsis; Children; Prognosis; Predictive model

Fund program: Guizhou Provincial Health Commission Science and Technology Fund Project (gzwkj2024–424)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430–20241008–00816

小儿脓毒症由人体对感染的异常反应引起,可能导致致命的多器官功能衰竭^[1–4]。该疾病不仅具有高发病率,而且病死率也相当高,对社会经济的影响十分显著^[5–8]。此外,小儿脓毒症是儿童住院治疗中的常见疾病,并且是导致儿童死亡的主要原因之一^[9]。在关于脓毒症的决议中,世界卫生组织特别强调,提升识别、预防及治疗该疾病的策略至关重要。2024 年,美国重症医学会修订了对儿童脓毒症和脓毒性休克的定义,同时引入了一种新的诊断工具,即菲尼克斯脓毒症评分(Phoenix sepsis score, PSS)^[2]。对患有脓毒症的儿童进行早期鉴别、评估相关的预后危险因素并推行分层精细化治疗,对于降低病死率和改善临床预后具有重要的意义。本研究旨在利用多元回归分析,建立基于 PSS 评分的脓毒症患儿预后预测模型,从而为评估脓毒症患儿的预后提供关键的参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象: 采用回顾性病例系列研究方法,选择 2022 年 1 月至 2024 年 4 月贵州医科大学附属医院儿童重症监护病房(pediatric intensive care unit, PICU)收治的脓毒症患儿。

1.1.1 纳入标准: ① 符合 2024 年国际共识指南^[2]中脓毒症的诊断标准;② 年龄为 1 个月~18 岁。

1.1.2 排除标准: ① 住院时间<24 h;② 临床资料不全。

1.2 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准,并已获贵州医科大学附属医院伦理委员会的批准(审批号:20241014),所有治疗和检测均获得过患者或家属的知情同意。

1.3 观察指标: ① 基本信息:涵盖性别、年龄、体质质量指数(body mass index, BMI)、有无休克相关并发症、感染部位及入 PICU 首个 24 h 内 PSS 评分^[2]和儿童危重病例评分(pediatric critical illness score, PCIS)^[11]。② 实验室指标:基于脓毒症的病理生理

机制及现有研究成果^[10],收集入 PICU 首个 24 h 内实验室指标的最差值,包括白细胞计数(white blood cell count, WBC)、血小板计数(platelet count, PLT)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、D-二聚体、国际标准化比值(international normalized ratio, INR)、乳酸(lactate, Lac)及心肌肌钙蛋白 T(cardiac troponin T, cTnT)。③ 预后指标:患儿入院 30 d 生存情况。

1.4 统计学方法: 使用 SPSS 27.0 软件对数据进行统计处理。正态分布的连续变量以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验;非正态分布的连续变量以中位数(四分位数)[$M(Q_1, Q_3)$]表示,采用 Mann-Whitney U 检验。分类变量以频率和百分比表示,采用 χ^2 检验。将单因素 Logistic 回归分析中差异有统计学意义的指标纳入多因素 Logistic 回归分析,筛选影响脓毒症患儿预后的危险因素,并通过 R4.4.1 软件平台构建列线图模型。绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)评估列线图模型的预测性能,评估指标包括曲线下面积(area under the curve, AUC)和约登指数,用于评估模型的敏感度和特异度。运用 Bootstrap 法进行 1 000 次重复抽样内部验证,应用 R 软件绘制模型的校准曲线。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 患者一般资料: 最初纳入 207 例脓毒症患儿,其中 3 例因住院时间<24 h 被排除、5 例因临床资料缺失被排除,最终纳入 199 例患儿。其中男性 129 例,女性 70 例;月龄 36(9, 84)个月;入院 30 d 死亡 32 例,存活 167 例;总体病死率 16.1%(32/199)。死亡组与存活组患儿的休克比例、WBC、IL-6、INR、Lac、cTnT、PSS 评分、PCIS 评分差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),其余指标差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$;表 1)。

表 1 存活组与死亡组脓毒症患儿的一般资料比较

指标	存活组 (n=167)	死亡组 (n=32)	χ^2 / Z 值	P 值	指标	存活组 (n=167)	死亡组 (n=32)	Z 值	P 值
男性[例(%)]	105(62.9)	24(75.0)	1.241	0.265	实验室指标[$M(Q_1, Q_3)$]				
年龄[月, $M(Q_1, Q_3)$]	36.0(12.0, 84.0)	30.0(6.3, 84.0)	1.016	0.310	WBC($\times 10^9/L$)	9.0(2.5, 14.5)	4.6(8.1, 21.5)	0.170	<0.001
BMI [kg/m^2 , $M(Q_1, Q_3)$]	15.63 (14.32, 17.92)	15.95 (15.10, 18.71)	1.410	0.159	PLT($\times 10^9/L$)	222.0(50.0, 340.0)	138.0(40.5, 271.5)	-1.377	0.168
休克[例(%)]	38(22.8)	27(84.4)	43.600	<0.001	PCT($\mu g/L$)	3.4(1.2, 13.3)	6.0(1.1, 55.3)	1.676	0.094
感染部位[例(%)]			3.878	0.060	CRP(mg/L)	52.5(9.0, 126.4)	14.6(3.6, 82.4)	-1.872	0.061
血流感染	37(22.2)	6(18.8)			IL-6(ng/L)	76.3(19.6, 469.2)	281.1(47.4, 3 793.3)	2.348	0.019
呼吸系统	59(35.3)	14(43.8)			D-二聚体(mg/L)	2.7(1.2, 5.7)	3.2(1.3, 14.2)	1.260	0.208
神经系统	12(7.2)	6(18.8)			INR	1.3(1.1, 1.5)	1.6(1.3, 2.1)	4.159	<0.001
消化系统	23(13.8)	1(3.1)			Lac(mmol/L)	1.8(1.1, 3.2)	3.6(1.5, 7.9)	3.557	<0.001
泌尿系统	9(5.4)	0(0)			cTnT($\mu g/L$)	0.011(0.006, 0.028)	0.017(0.009, 0.148)	2.338	0.019
皮肤软组织	11(6.6)	3(9.4)			PSS 评分[分, $M(Q_1, Q_3)$]	3.0(2.0, 3.0)	7.0(5.0, 9.0)	7.611	<0.001
其他	16(9.6)	2(6.3)			PCIS 评分[分, $M(Q_1, Q_3)$]	60.0(54.0, 84.0)	52.0(46.0, 59.5)	-4.065	<0.001

注: BMI 为体质指数, WBC 为白细胞计数, PLT 为血小板计数, PCT 为降钙素原, CRP 为 C-反应蛋白, IL-6 为白细胞介素-6, INR 为国际标准化比值, Lac 为乳酸, cTnT 为心肌肌钙蛋白 T, PSS 为菲尼克斯脓毒症评分, PCIS 为儿童危重病例评分

2.2 多因素 Logistic 回归分析: 将单因素 Logistic 回归分析中差异有统计学意义的指标(包括休克、WBC、INR、Lac、PSS 评分、PCIS 评分)作为预测变量,将入院 30 d 预后作为响应变量,进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,休克、WBC 和 PSS 评分是脓毒症患儿死亡的独立危险因素(均 $P<0.05$; 表 2)。其中,尽管 IL-6 的 $P<0.05$,但由于 95% 置信区间(95% confidence interval, 95%CI)包含 1,表明其对因变量的效应不显著,可能是由于样本量不足或变量的测量精度不足所致,因此未纳入多因素 Logistic 回归分析。

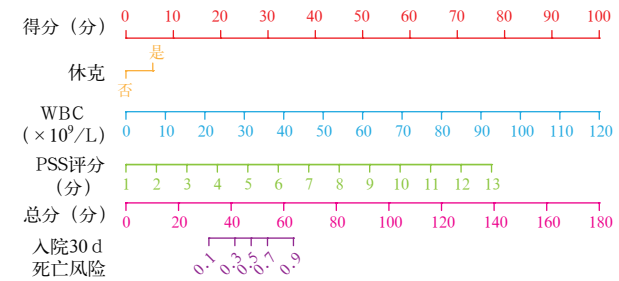
表 2 影响脓毒症患儿入院 30 d 预后的单因素和多因素 Logistic 回归分析

指标	单因素分析			多因素分析		
	OR 值	95%CI	P 值	OR 值	95%CI	P 值
休克	18.332	6.607 ~ 50.863	<0.001	4.258	1.049 ~ 17.288	0.043
WBC	1.075	1.031 ~ 1.122	<0.001	1.124	1.052 ~ 1.210	<0.001
IL-6	1.000	1.000 ~ 1.000	0.030			
INR	1.617	1.033 ~ 2.531	0.036	1.370	0.485 ~ 3.872	0.553
Lac	1.452	1.239 ~ 1.701	<0.001	0.946	0.707 ~ 1.275	0.717
cTnT	0.965	0.760 ~ 1.226	0.773			
PSS 评分	2.402	1.809 ~ 3.188	<0.001	1.977	1.298 ~ 3.012	0.002
PCIS 评分	0.910	0.871 ~ 0.952	<0.001	0.958	0.904 ~ 1.015	0.146

注: WBC 为白细胞计数, IL-6 为白细胞介素-6, INR 为国际标准化比值, Lac 为乳酸, cTnT 为心肌肌钙蛋白 T, PSS 为菲尼克斯脓毒症评分, PCIS 为儿童危重病例评分, OR 为优势比, 95%CI 为 95% 置信区间; 空白代表无此项

2.3 脓毒症患儿预后预测模型的建立: 选取多因素 Logistic 回归分析中优势比(odds ratio, OR) >1 且 $P<0.05$ 的危险因素(包括休克、WBC 和 PSS 评分),建立列线图模型(图 1),脓毒症患儿预后预测

模型方程= $-4.809+1.449\times$ 休克 $+0.682\times$ PSS 评分 $+0.117\times$ WBC。



注: WBC 为白细胞计数, PSS 为菲尼克斯脓毒症评分

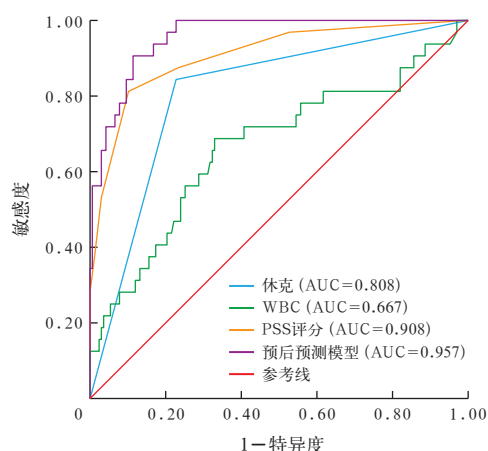
图 1 预测脓毒症患儿入院 30 d 死亡的列线图

2.4 脓毒症患儿预后预测模型的评价与验证: ROC 曲线显示(表 3;图 2),预测模型的约登指数为 0.792 时,敏感度为 90.6%,特异度为 88.6%,AUC 达 0.957(95%CI 为 0.930 ~ 0.984),高于各独立危险因素的 AUC;表明相比单一指标,该预测模型在评估脓毒症患儿入院 30 d 死亡风险方面具有显著优势。校准曲线结果显示,平均绝对误差为 0.027,C 指数达 0.954,表明模型预测结果与实际观察之间具有高度一致性(图 3)。

表 3 各危险因素及预后预测模型对脓毒症患儿入院 30 d 死亡的预测价值

指标	最佳 截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登 指数	AUC	95%CI
休克		84.4	77.2	0.616	0.808	0.726 ~ 0.890
WBC	12.89	68.8	67.1	0.359	0.667	0.554 ~ 0.781
PSS 评分	4.50	81.3	89.8	0.711	0.908	0.847 ~ 0.969
预后预测模型		90.6	88.6	0.792	0.957	0.930 ~ 0.984

注: WBC 为白细胞计数, PSS 为菲尼克斯脓毒症评分, AUC 为曲线下面积, 95%CI 为 95% 置信区间; 空白代表无此项



注: WBC 为白细胞计数, PSS 为菲尼克斯脓毒症评分, AUC 为曲线下面积, ROC 曲线为受试者工作特征曲线

图2 各危险因素及预后预测模型预测脓毒症患儿入院 30 d 死亡的 ROC 曲线

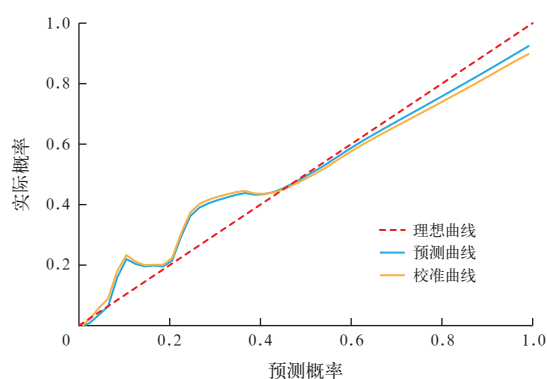


图3 脓毒症患儿入院 30 d 死亡风险预测模型的校准曲线

3 讨论

脓毒症是全球范围内儿童死亡的主要原因之一^[12],其发病率和病死率较高,给全球儿童健康带来了严重威胁^[13-15]。脓毒症在全球范围内每年导致约 330 万名儿童死亡,已成为公共卫生和儿童重症医学领域面临的一项重大挑战^[16]。脓毒症可导致多器官功能障碍,是影响患儿预后的关键因素^[2,17]。尽管脓毒症的诊断和治疗方式在早期阶段已经有所改进,但在实现个体化医疗和评估预后方面仍需进一步完善^[18-22]。因此,开发有效的预后预测工具对改善脓毒症患儿的临床结局至关重要。

我国多项横断面研究表明, PICU 患者的脓毒症发生率为 5.3%,病死率为 11.9%,其中脓毒性休克的病死率达 18.3%^[23]。本研究显示,脓毒症患儿入院 30 d 病死率为 16.1%。脓毒症的病理生理机制错综复杂,涉及免疫系统和非免疫系统的多种反应,这些反应的总体目标是保护机体免受进一步伤害,清除感染源,并启动受损组织的修复过程。如果反应

失衡,可能会引发血管内皮受损、肠道屏障功能问题、微循环灌注不足和休克,最终导致患者死亡^[24]。相关研究表明,在临床实践中,预测脓毒症儿童死亡风险的准确性仍有待提高,而脓毒症患儿的预后通常较差^[25-27]。2024 年美国重症医学会更新了儿童脓毒症的定义,并引入 PSS 评分作为诊断工具,因此,本研究旨在基于 PSS 评分寻求更有效的评估方法,以预测脓毒症患儿的预后。

本研究显示,存活组与死亡组间的年龄、性别、BMI、CRP、PCT 及 D-二聚体水平无显著差异。需要注意的是,部分脓毒症婴幼儿的 PCT 和 CRP 水平偏低,甚至在正常范围内,提示病毒性脓毒症的可能性^[28]。本研究运用单因素 Logistic 回归分析筛选出具有统计学意义的变量,纳入多因素 Logistic 回归分析,结果表明,休克、WBC 和 PSS 评分是预测脓毒症患儿预后的独立危险因素。

2024 年,全球专家对儿童脓毒症及脓毒性休克的标准进行了评审和更新,其中新开发的 PSS 评分包括对呼吸、心血管、凝血和神经系统功能的评估。当 PSS 评分 ≥ 2 分时,可用于识别疑似感染的脓毒症儿童(年龄 < 18 岁,不包含围生期住院的婴儿和早产儿); PSS 心血管评分 ≥ 1 分,同时伴有脓毒症诊断,则提示出现脓毒性休克^[2]。目前,全身炎症反应综合征的标准已不再使用,而严重脓毒症的诊断也已被取消^[2]。本研究中,随着 PSS 评分的升高,患者病情恶化,预后不佳; PSS 评分的截断值为 4.50 分时,敏感度和特异度分别为 81.3%、89.8%, AUC 达 0.908,表明其预测脓毒症患儿预后的性能优秀。

本研究显示,死亡组有 27 例(84.4%)患者发生休克,明显高于存活组;当约登指数处于高点时,休克的敏感度和特异度分别为 84.4%、77.2%, AUC 达 0.808,表明其预测性能较高,是影响脓毒症患儿临床结局的独立变量之一。在脓毒症患儿中,发生休克者的死亡风险是未发生休克者的 4.258 倍,凸显了休克在脓毒症中的关键作用。相关研究显示,脓毒性休克患儿的病死率明显高于不伴休克的脓毒症患儿(约 6 倍),表明脓毒性休克显著增加儿童死亡风险^[29]。休克不仅是预测脓毒症结局的关键危险因素,也使患者病死率大幅提高。因此,快速识别并及时处理休克对于提高脓毒症患儿的疗效极为关键。

WBC 常被用于评估是否有感染存在,并且是脓毒症早期诊断及预后评估的重要指标^[26]。本研究表明,当约登指数达到最高点时, WBC 的敏感度和

特异度分别为 68.8%、67.1%，AUC 为 0.667，与之前的研究结果一致^[30]。当机体感染或组织受损时，WBC 水平快速升高，集中并吞噬侵入的病原微生物。尽管 WBC 在不同个体之间差异明显，且易受多种因素影响，但在评估脓毒症患儿预后时仍非常重要^[27]。因此，建议将 WBC 与其他指标结合分析，以便更精准地评估病情。

本研究中预测模型包含的指标在临床易获取，表现出较高的预测性能；与单独使用休克、WBC 和 PSS 评分相比，该模型的预测效能更佳。此模型是早期评估脓毒症患儿预后的关键工具，有助于对死亡风险进行更准确地判断，从而实现了对病情的及时识别与控制，最终降低病死率。

综上所述，本研究表明，休克、WBC 和 PSS 评分是脓毒症患儿死亡的独立危险因素。基于 PSS 评分开发的脓毒症患儿预后预测模型在评估死亡风险方面表现出显著的效果，具有重要的实践价值。尽管如此，本研究仍存在局限性，作为单中心回顾性研究样本量较小，缺乏外部验证过程。因此，建议进行多中心协作的大规模前瞻性研究，以便更深入地验证上述结论，并探讨其在更广泛人群中的应用潜力。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 罗永田：研究设计、方案制定、文章撰写；孙慧：研究设计、方案制定；蒋支贵、杨珍：数据统计、数据分析；鲁承熙、饶璐飞：数据统计；潘婷婷、饶玉新、李潇：数据收集；杨红兰：研究指导、经费支持

参考文献

- [1] 黄翰武, 赵喆, 王义, 等. 2024 年《儿童脓毒症和脓毒性休克的国际共识 Phoenix 标准》解读 [J]. 中国实用儿科杂志, 2024, 39 (6): 409–416. DOI: 10.19538/j.ek2024060602.
- [2] Society of Critical Care Medicine Pediatric Sepsis Definition Task Force. International consensus criteria for pediatric sepsis and septic shock [J]. JAMA, 2024, 331 (8): 665–674. DOI: 10.1001/jama.2024.0179.
- [3] Marchetto L, Comoretto R, Gregori D, et al. Sepsis prognostic scores accuracy in predicting adverse outcomes in children with sepsis admitted to the pediatric intensive care unit from the emergency department: a 10-year single-center experience [J]. Pediatr Emerg Care, 2023, 39 (6): 378–384. DOI: 10.1097/PEC.0000000000002938.
- [4] Jariyasakoolroj T, Chattipakorn SC, Chattipakorn N. Potential biomarkers used for risk estimation of pediatric sepsis-associated organ dysfunction and immune dysregulation [J]. Pediatr Res, 2025, 97 (7): 2243–2257. DOI: 10.1038/s41390-024-03289-y.
- [5] Hongya D, Linfan D, Chunyuan H, et al. Prognostic nutritional index enhances the discriminatory ability of procalcitonin for predicting pediatric sepsis [J]. Glob Pediatr Health, 2024, 11: 2333794X241245277. DOI: 10.1177/2333794X241245277.
- [6] Guo LL, Wang YZ, Qiu XD, et al. Identification of diagnostic biomarkers related to the efferocytosis pathway and immune cell infiltration characteristics in pediatric sepsis by bioinformatics analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2025, 104 (6): e41267. DOI: 10.1097/MD.00000000000041267.
- [7] Lautz AJ, Wong HR, Ryan TD, et al. Pediatric sepsis biomarker risk model biomarkers and estimation of myocardial dysfunction in pediatric septic shock [J]. Pediatr Crit Care Med, 2022, 23 (1): e20–e28. DOI: 10.1097/PCC.0000000000002830.
- [8] Improving Pediatric Sepsis Outcomes (IPSO) Collaborative Investigators. Evaluating pediatric sepsis definitions designed for electronic health record extraction and multicenter quality improvement [J]. Crit Care Med, 2020, 48 (10): e916–e926. DOI: 10.1097/CCM.00000000000004505.
- [9] Sediqi MS, Wali A, Ibrahim MA. Prevalence of pediatric sepsis in hospitalized children of Maiwand Teaching Hospital, Kabul, Afghanistan [J]. BMC Pediatr, 2023, 23 (1): 510. DOI: 10.1186/s12887-023-04318-1.
- [10] Piva S, Bertoni M, Gitti N, et al. Neurological complications of sepsis [J]. Curr Opin Crit Care, 2023, 29 (2): 75–84. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001022.
- [11] 小儿危重病例评分试用协作组. 小儿危重病例评分法 (草案) 临床应用的评价 [J]. 中华儿科杂志, 1998, 36 (10): 579. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.1998.10.101.
- [12] Yu SC, Bethausen KD, Gupta A, et al. Comparison of sepsis definitions as automated criteria [J]. Crit Care Med, 2021, 49 (4): e433–e443. DOI: 10.1097/CCM.00000000000004875.
- [13] Sankar J, Thakral V, Bharadwaj K, et al. The microbiome and metabolome of the gut of children with sepsis and septic shock [J]. J Intensive Care Med, 2024, 39 (6): 514–524. DOI: 10.1177/08850666231216361.
- [14] Yuniar I, Hafifah CN, Adilla SF, et al. Prognostic factors and models to predict pediatric sepsis mortality: a scoping review [J]. Front Pediatr, 2023, 10: 1022110. DOI: 10.3389/fped.2022.1022110.
- [15] Mickiewicz B, Thompson GC, Blackwood J, et al. Biomarker phenotype for early diagnosis and triage of sepsis to the pediatric intensive care unit [J]. Sci Rep, 2018, 8 (1): 16606. DOI: 10.1038/s41598-018-35000-7.
- [16] 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32989-7.
- [17] Matics TJ, Sanchez-Pinto LN. Adaptation and validation of a pediatric sequential organ failure assessment score and evaluation of the sepsis-3 definitions in critically ill children [J]. JAMA Pediatr, 2017, 171 (10): e172352. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.2352.
- [18] Chan JC, Menon AP, Rotta AT, et al. Use of speckle-tracking echocardiography in septic cardiomyopathy in critically ill children: a narrative review [J]. Crit Care Explor, 2024, 6 (7): e1114. DOI: 10.1097/CCE.0000000000001114.
- [19] Wang G, Gao Y, Fu YN, et al. A simple nomogram for predicting the mortality of PICU patients with sepsis-associated encephalopathy: a multicenter retrospective study [J]. Front Neurol, 2024, 15: 1418405. DOI: 10.3389/fneur.2024.1418405.
- [20] Bouwman W, Verhaegh W, van de Stolpe A. Androgen receptor pathway activity assay for sepsis diagnosis and prediction of favorable prognosis [J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 767145. DOI: 10.3389/fmed.2021.767145.
- [21] Liu X, Huang JY. Clinical significance of lncRNA NNT-AS1 in the diagnosis, deterioration and prognosis of sepsis [J]. Tohoku J Exp Med, 2025, 265 (1): 21–27. DOI: 10.1620/tjem.2024.J053.
- [22] Li Q, Zeng R, Sun YX, et al. Amyloid A and lactic acid as a predictor in patients with sepsis in patients with liver cirrhosis [J]. BMC Gastroenterol, 2024, 24 (1): 227. DOI: 10.1186/s12876-024-03326-4.
- [23] Jorgensen AL. Nurse influence in meeting compliance with the centers for medicare and medicaid services quality measure: early management bundle, severe sepsis/septic shock (SEP-1) [J]. Dimens Crit Care Nurs, 2019, 38 (2): 70–82. DOI: 10.1097/DCC.0000000000000340.
- [24] Gao J, Chen SL, Kong TY, et al. The relationship between soluble CD73 and the incidence of septic shock in severe sepsis patients: a cross-sectional analysis of data from a prospective FINNAKI study [J]. Ann Transl Med, 2022, 10 (6): 302. DOI: 10.21037/atm-22-371.
- [25] Tang ZS, Qin DJ, Tao MF, et al. Examining the utility of the CD64 index compared with other conventional indices for early diagnosis of neonatal infection [J]. Sci Rep, 2018, 8 (1): 9994. DOI: 10.1038/s41598-018-28352-7.
- [26] Li CH, Seak CJ, Chau CH, et al. Comparison of the diagnostic accuracy of monocyte distribution width and procalcitonin in sepsis cases in the emergency department: a prospective cohort study [J]. BMC Infect Dis, 2022, 22 (1): 26. DOI: 10.1186/s12879-021-06999-4.
- [27] Li DK, Wei YF, Zhang CF, et al. Value of SOFA score, APACHE II score, and WBC count for mortality risk assessment in septic patients: a retrospective study [J]. Medicine (Baltimore), 2025, 104 (20): e42464. DOI: 10.1097/MD.00000000000042464.
- [28] 刘春峰. 儿童病毒性脓毒症——我们不应该忽视的问题 [J]. 中国小儿急救医学, 2024, 31 (1): 2–7. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4912.2024.01.001.
- [29] Falk GE, Rogers J, Lu LQ, et al. Sepsis, septic shock, and differences in cardiovascular event occurrence [J]. J Intensive Care Med, 2022, 37 (11): 1528–1534. DOI: 10.1177/08850666221083644.
- [30] Cardall T, Glasser J, Guss DA. Clinical value of the total white blood cell count and temperature in the evaluation of patients with suspected appendicitis [J]. Acad Emerg Med, 2004, 11 (10): 1021–1027. DOI: 10.1197/j.aem.2004.04.011.

(收稿日期: 2024-10-08)

(本文编辑: 张耘菲)