·临床研究·

老年脓毒症患者住院 28 d 死亡风险列线图模型构建与验证

童惠静，陈钢，滕旭升，丁颖威，徐凌虹

【摘要】目的　构建并验证老年脓毒症患者住院 28 d 死亡风险列线图模型。**方法**　本研究为回顾性队列研究。选取 2023 年 1 月至 2024 年 12 月金华市中心医院收治的 120 例老年脓毒症患者（建模集），根据入院后 28 d 预后情况分为生存组和死亡组。另选 2025 年 1—6 月收治的 60 例老年脓毒症患者（验证集）进行验证。收集患者临床基线资料、降钙素原与白蛋白比值（PAR）、前蛋白转化酶枯草溶菌素 9（PCSK9）及简明急性生理学评分Ⅱ（SAPS-Ⅱ）。采用多因素 Logistic 回归分析探究影响老年脓毒症患者住院 28 d 死亡的因素，基于影响因素构建列线图模型；采用受试者工作特征（ROC）曲线及校准曲线评估模型对预后的效能与一致性。**结果**　死亡组机械通气占比、C 反应蛋白（CRP）、序贯器官衰竭评估（SOFA）评分、急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ（APACHEⅡ）评分、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分均高于生存组，血小板计数低于生存组，入住重症监护室时间短于生存组（均 $P < 0.05$）。Logistic 回归分析显示 SOFA 评分、机械通气、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分均是老年脓毒症患者 28 d 死亡的独立影响因素（均 $P < 0.05$）。基于上述因素构建列线图模型，经 ROC 曲线分析显示，列线图模型在建模集（*AUC* 为 0.956，95%*CI*：0.918 ～ 0.994）和验证集（*AUC* 为 0.894，95%*CI*：0.800 ～ 0.989）中均表现出良好的区分度；校准曲线分析表明，建模集和验证集中的实际概率与预测概率有良好的一致性。**结论**　基于 SOFA 评分、机械通气、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分构建的列线图模型对老年脓毒症患者 28 d 死亡风险的预测效能良好，有助于早期识别高危患者，为临床调整用药方案提供依据。

【关键词】　脓毒症；老年人；死亡；降钙素原与白蛋白比值；前蛋白转化酶枯草溶菌素 9；简化急性生理学评分Ⅱ
DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2026.04.009
【中图分类号】　R631　**【文献标志码】**　A　**【文章编号】**　1671-0800(2026)04-0380-05

脓毒症是感染导致的宿主免疫失衡综合征，其可在短时间内急剧加重，发展为脓毒症休克或多器官衰竭，是重症监护室（ICU）非心脏病患者死亡的主要原因[1-2]。据报道[3]，脓毒症占 ICU 患者短期死亡原因的 30%～ 50%。老年人由于组织器官生理储备功能下降、免疫功能减退及自身基础疾病多，脓毒症的发病率和病死率相对较高；因此，探索简便、快速、无创的预后评估指标对降低患者病死率尤为重要。降钙素原（PCT）与白蛋白（Alb）分别作为全身炎症和营养状态的标志物，前者水平随感染加重而升高，后者可在急性炎症时降低。PCT 与 Alb 比值（procalcitonin-to-albumin ratio，PAR）作为炎症与营养的协同指标，相比单一指标，具有更优的预后评估价值[4]。前蛋白转化酶枯草溶菌素 9（proprotein convertase subtilisin/kexin type 9，PCSK9）可通过抑制细菌内毒素清除加剧炎症反应。简明急性生理学评分Ⅱ（simplified acute physiology score II，SAPS-Ⅱ）广泛用于预测危重症患者死亡风险，其评分越高预示预后越差。考虑到脓毒症的发病与免疫、炎症、营养等多种因素有关，本研究拟探究 PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分在预测老年脓毒症患者住院 28 d 死亡风险的价值，现报道如下。

1　资料与方法

1.1　一般资料　本研究为回顾性队列研究。选取 2023 年 1 月至 2024 年 12 月金华市中心医院收治的老年脓毒症患者 120 例为建模集，另选 2025 年 1—6 月本院收治的 60 例老年脓毒症患者为验证集。纳入标准：（1）符合 Sepsis-3 诊断标准[5]；（2）入院前没有接受过其他抗菌药物治疗；（3）年龄≥60 岁，依从性良好。排除标准：（1）近期使用过抗凝药物、免疫抑制剂或降脂药物者；（2）恶性肿瘤、自身免疫性疾

基金项目：　金华市科技计划项目（2024-4-091）
作者单位：　321000 金华，金华市中心医院
通信作者：　陈钢，Email：947927654@qq.com

病者；(3)严重精神障碍、无法完成评分者；(4)入院 24 h 内死亡者。建模集患者根据入院后 28 d 预后情况分为生存组（81 例）和死亡组（39 例）。本研究经金华市中心医院伦理委员会批准同意[（研）2024-伦理审查-267]，免除知情同意。

1.2　方法　(1)基线资料收集：收集患者年龄、性别、生命体征、感染部位、机械通气、入住 ICU 时间、基础疾病、总胆固醇、三酰甘油、高/低密度脂蛋白、白细胞计数、血小板计数（PLT）、急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ（APACHEⅡ）、序贯器官衰竭评估（SOFA）及 C 反应蛋白（CRP）等。(2) SAPS-Ⅱ评分：于入院时 24 h 内对患者进行 SAPS-Ⅱ评估，该量表包括性别、年龄、体质量指数及既往史等 15 项内容，每项 0 ～ 26 分，分值越高则病情越重、预后越差 [6]。(3) PAR、PCSK9 检测：入院 24 h 内采集外周静脉血，1 500 r/min 离心 12 min 制备血清，采用迈瑞 BS-1000M 全自动生化分析仪测定 PCT、Alb，通过酶联免疫吸附法测定 PCSK9 水平，具体按试剂盒[翌圣生物科技（上海）股份有限公司，货号：97045ES96]说明书操作。

1.3　统计方法　采用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析，计量资料以均数±标准差表示，组间比较采用 t 检验；计数资料以例数和百分比表示，组间比较采用 χ^2 检验；采用 Logistic 回归分析探究影响脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素。采用 R 4.2.1 软件构建列线图模型。采用受试者工作特征（ROC）曲线、校准曲线分析评估模型效能与临床一致性。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　两组基线资料比较　死亡组机械通气占比、CRP、SOFA 评分、APACHEⅡ评分均高于生存组，PLT 低于生存组，入住 ICU 时间短于生存组（均 $P < 0.05$），见表 1。

2.2　两组 PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分比较　死亡组 PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分均高于生存组（均 $P < 0.05$），见表 2。

表 1　两组老年脓毒症患者临床基线资料比较

指标		生存组（n=81）	死亡组（n=39）	t（χ^2）值	P 值
年龄（岁）		70.0±7.4	70.5±7.2	0.33	＞0.05
男性[例（%）]		55（67.90）	24（61.54）	（0.47）	＞0.05
体温（℃）		37.89±1.07	38.21±1.13	1.51	＞0.05
收缩压（mmHg）		131.82±15.69	132.21±14.61	0.13	＞0.05
舒张压（mmHg）		95.54±9.82	96.65±10.36	0.57	＞0.05
呼吸（次/min）		24.09±4.33	25.35±4.62	1.46	＞0.05
机械通气[例（%）]		24（29.63）	21（53.85）	（6.69）	＜0.05
感染部位[例（%）]	肺部	21（25.93）	8（20.51）	（1.25）	＞0.05
	腹腔	27（33.33）	14（35.90）		
	泌尿系统	14（17.28）	5（12.82）		
	其他	19（23.46）	12（30.77）		
基础疾病[例（%）]	冠心病	15（18.52）	10（25.64）	（0.81）	＞0.05
	高血压	18（22.22）	12（30.77）	（1.03）	＞0.05
	糖尿病	19（23.46）	11（28.21）	（0.32）	＞0.05
	高脂血症	11（13.58）	9（23.08）	（1.71）	＞0.05
入住 ICU 时间（d）		11.81±3.39	8.26±2.23	5.94	＜0.05
总胆固醇（mmol/L）		4.55±0.82	4.41±0.83	0.87	＞0.05
三酰甘油（mmol/L）		1.20±0.23	1.23±0.24	0.66	＞0.05
高密度脂蛋白（mmol/L）		1.28±0.25	1.20±0.23	1.68	＞0.05
低密度脂蛋白（mmol/L）		2.49±0.42	2.54±0.37	0.64	＞0.05
白细胞计数（$\times10^9$/L）		11.42±2.36	11.96±2.25	1.19	＞0.05
PLT（$\times10^9$/L）		174.35±31.14	161.26±32.38	2.13	＜0.05
APACHEⅡ评分（分）		7.11±2.21	10.69±2.56	7.34	＜0.05
SOFA 评分（分）		7.23±1.82	9.57±2.29	5.66	＜0.05
CRP（mg/L）		66.23±11.19	82.25±15.67	6.42	＜0.05

注：ICU 为重症监护室，PLT 为血小板计数，APACHEⅡ为急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ，SOFA 为序贯器官衰竭评估，CRP 为 C 反应蛋白，1 mmHg≈0.133 kPa

2.3　影响老年脓毒症患者 28 d 预后的影响因素　以患者预后为因变量，纳入机械通气占比、CRP、SOFA 评分、APACHEⅡ评分、PLT、入住 ICU 时间、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分等自变量，进行多因素分析。结果显示，SOFA 评分、机械通气、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分均是老年脓毒症患者 28 d 死亡的独立影响因素（均 $P < 0.05$），见表 3。

2.4　列线图模型的构建及验证　基于 SOFA 评分、机械通气、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分构建列线图预测模型，见图 1。ROC 曲线分析显示，预测模型在建模集（*AUC* 为 0.956，95%*CI*：0.918 ～ 0.994）和验证集（*AUC* 为 0.894，95%*CI*：0.800 ～ 0.989）中均表现出良好的区分度，见图 2。校准曲线显示，建模集和验证集中的预测概率与脓毒症死亡风险具有良好的一致性，见图 3。

表 2　两组老年脓毒症患者 PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分比较

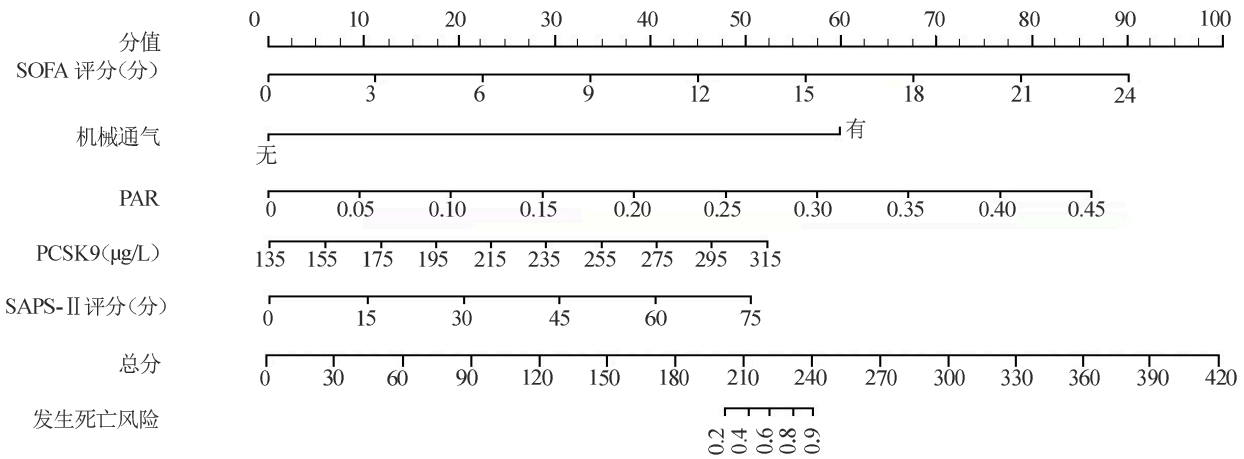
组别	*n*	PAR	PCSK9（μg/L）	SAPS-Ⅱ评分（分）
生存组	81	0.19±0.05	203.52±38.85	29.31±6.30
死亡组	39	0.29±0.09	249.97±42.27	41.35±8.84
t 值		7.82	7.15	8.56
P 值		＜ 0.05	＜ 0.05	＜ 0.05

注：PAR 为降钙素原与白蛋白比值，PCSK9 为前蛋白转化酶枯草溶菌素 9，SAPS-Ⅱ为简明急性生理学评分Ⅱ

表 3　影响老年脓毒症患者 28 d 预后的 Logistic 回归分析

变量	*β* 值	*SE* 值	Waldχ^2 值	*OR* 值	95%*CI*	*P* 值
SOFA 评分	0.369	0.148	6.216	1.446	1.082 ～ 1.933	＜ 0.05
机械通气	0.159	0.057	7.781	1.172	1.048 ～ 1.311	＜ 0.05
PAR	0.659	0.241	7.477	1.933	1.205 ～ 3.100	＜ 0.05
PCSK9	0.509	0.201	6.413	1.664	1.122 ～ 2.467	＜ 0.05
SAPS-Ⅱ评分	1.146	0.468	5.996	3.146	1.257 ～ 7.872	＜ 0.05

注：SOFA 为序贯器官衰竭评分，PAR 为降钙素原与白蛋白比值，PCSK9 为前蛋白转化酶枯草溶菌素 9，SAPS-Ⅱ为简明急性生理学评分Ⅱ



注：SOFA 为序贯器官衰竭评分，PAR 为降钙素原与白蛋白比值，PCSK9 为前蛋白转化酶枯草溶菌素 9，SAPS-Ⅱ为简明急性生理学评分Ⅱ

图 1　老年脓毒症患者 28 d 死亡列线图预测模型

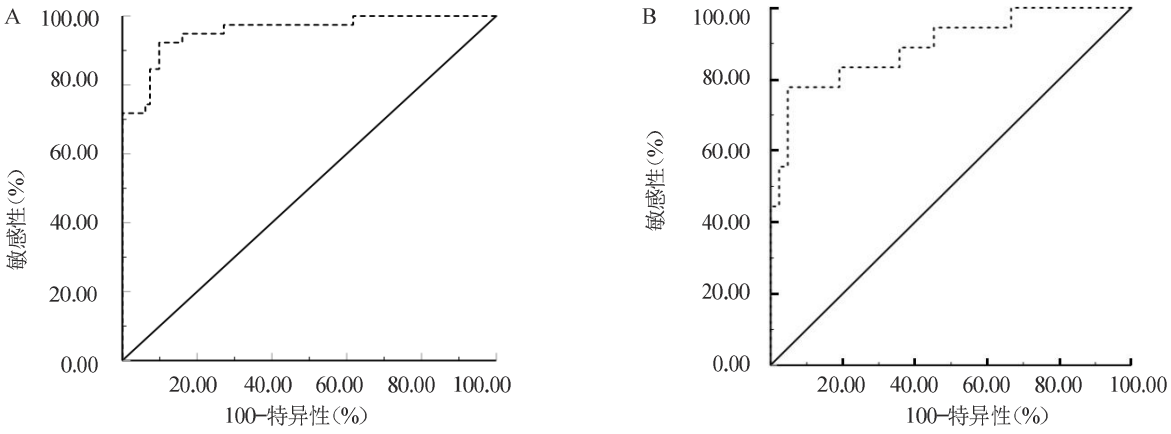


图 2　老年脓毒症患者 28 d 死亡预测模型在建模集（A）和验证集（B）的 ROC 曲线

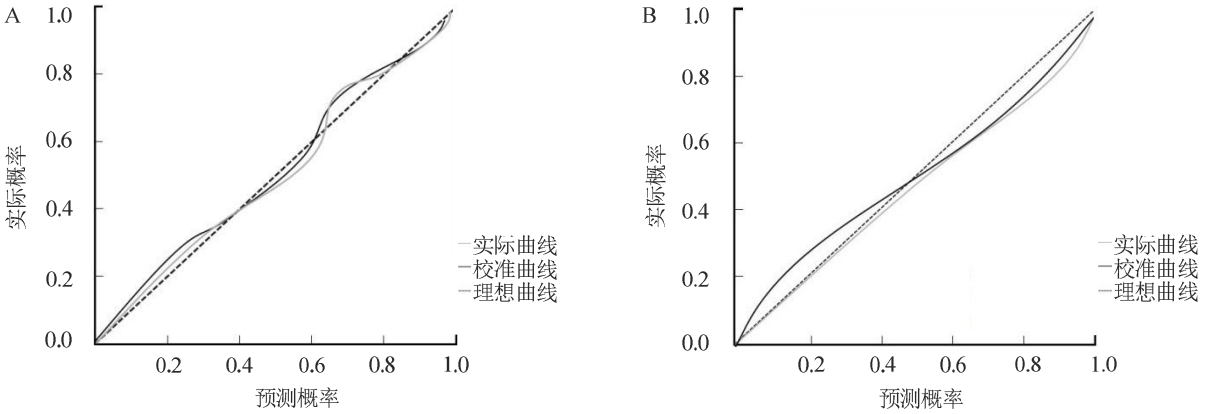


图 3　老年脓毒症患者 28 d 死亡预测模型在建模集（A）和验证集（B）的校准曲线

3　讨论

脓毒症发病机制涉及炎症反应失调和免疫失衡等多个方面，老年患者个体异质性强，预后判断困难。目前常用的感染指标如 CRP 和白细胞计数特异性较差。PCT 可有效反映细菌感染情况，但老年患者对感染的应激反应较弱，单一 PCT 预测效能可能有限[7]。Alb 作为营养及炎症标志物，其降低与不良预后相关[8]。PAR 作为一个复合比值，其值升高反映了感染加重，能够更综合地评估脓毒症患者病情严重程度及预后[9-10]。有研究[11]指出，PAR 数值每增加 1 个单位，不良预后发生的风险将增加 1.9 倍。本研究结果显示，死亡组 PAR 高于生存组，且 PAR 是老年脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素，与多数研究[12]结论一致。机制上，严重感染时内毒素及细胞因子刺激 PCT 大量分泌，同时 Alb 合成减少、分解增加及内皮渗漏导致低白蛋白血症，血清杀菌活性下降，负氮平衡加剧，最终导致不良预后[13-14]。

陈祥梅等[15]研究表明，PCSK9 为原蛋白转化酶基因家族成员，可以影响胆固醇稳态并增加炎症和不良的细胞反应，其可通过促进低密度脂蛋白受体表达下调增加死亡风险[16]。本研究结果显示，死亡组 PCSK9 高于生存组，且 PCSK9 是老年脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素，这可能是因为炎症刺激 PCSK9 表达增加，可与低密度脂蛋白受体结合并介导其降解，从而影响脂蛋白对脂多糖的吸收，加重脓毒症的病情[17]。PCSK9 还可通过 Toll 样受体激活核因子-κB 通路，促进促炎细胞因子分泌，放大机体炎症[18]。另外，研究发现，PCSK9 水平升高与血小板反应性增高相关，参与脓毒症相关血小板活化及微血栓形成[19]。

SAPS-Ⅱ评分系统整合了多个急性生理参数，客观量化患者全身性生理紊乱的严重程度是，评估患者急性生理学改变的重要工具[20]。本研究结果显示，SAPS-Ⅱ评分在死亡组中更高，且其是老年脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素，与既往研究一致[21-22]。SOFA 评分是评估器官功能障碍的核心工具。机械通气作为反映呼吸系统衰竭需要高级生命支持的标志，与呼吸机相关肺损伤、院内感染等并发症风险增加相关。在单因素分析中，APACHEⅡ与 SOFA 存在强共线性（*VIF* ＞ 10），CRP 与 PAR 亦存在共线性，故本研究模型中仅纳入 SOFA 与 PAR，以保证模型稳定性。此外，本研究 ROC 曲线分析显示，预测模型在建模集（*AUC* 为 0.956）和验证集（*AUC* 为 0.894）中均表现出良好的区分度，这表明该预测模型在预测老年脓毒症患者 28 d 死亡风险方面具有更优的区分能力。

综上所述，基于 SOFA 评分、机械通气、PAR、PCSK9 及 SAPS-Ⅱ评分构建的列线图模型对老年脓毒症患者 28 d 死亡风险具有良好的预测效能，有助于早期识别高危患者。但本研究仍存在若干局限性，样本来源于单一中心且样本量有限，可能导致模型过度拟合；未纳入药物治疗方案等潜在混杂因素；外部验证仅使用本院后续病例，未进行多中心验证；PCSK9 检测成本较高，限制模型的推广应用。未来研究将致力于扩大样本量，展开多中心的前瞻性研究并纳入更多元的临床变量以优化模型。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　童惠静：酝酿和设计实验，实施研究，采集数据，分析/解释数据，起草文章，统计分析，获取研究经费，支持性贡献；陈钢：对

文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持，指导：滕旭升：对文章的知识性内容作批评性审阅，行政、技术或材料支持，支持性贡献：丁颖威，徐凌虹：采集数据，分析/解释数据，统计分析

参 考 文 献

[1] Liu L L, Ni S S, Zhang L N, et al. Molecular insights and clinical implications of DNA methylation in sepsis-associated acute kidney injury: A narrative review[J]. BMC Nephrol, 2025, 26(1): 253.

[2] Al-Kadi A, El-Daly M, El-Tahawy N F G, et al. Angiotensin aldosterone inhibitors improve survival and ameliorate kidney injury induced by sepsis through suppression of inflammation and apoptosis[J]. Fundam Clin Pharmacol, 2022, 36(2): 286-295.

[3] 戎建宁,高国生,荀凯,等.基于临床常用指标的 Nomogram 模型对脓毒症患者短期预后的预测价值[J].现代实用医学,2023,35(11):1438-1442.

[4] 王娜,刘波,王加平,等.降钙素原与白蛋白比值对老年脓毒症患者死亡风险的预测价值[J].中国感染与化疗杂志,2025,25(5):511-516.

[5] Singer M, Deutschman C S, Seymour C W, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3)[J]. JAMA, 2016, 315(8): 801-810.

[6] le Gall J R, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study[J]. JAMA, 1993, 270(24): 2957-2963.

[7] Devia Jaramillo G, Ibánez Pinilla M. Quick sequential organ failure assessment, sequential organ failure assessment, and procalcitonin for early diagnosis and prediction of death in elderly patients with suspicion of sepsis in the emergency department, based on sepsis-3 definition[J]. Gerontology, 2022, 68(2): 171-180.

[8] Liu Q, Zheng H L, Wu M M, et al. Association between lactate-to-albumin ratio and 28-days all-cause mortality in patients with acute pancreatitis: A retrospective analysis of the MIMIC-IV database[J]. Front Immunol, 2022, 13: 1076121.

[9] 贺丽玲,温继兰,马天龙,等.血清降钙素原与白蛋白比值联合序贯器官衰竭评估对脓毒症患者预后的预测价值[J].中华老年多器官疾病杂志,2021,20(11):844-847.

[10] Keskin A, Aci R. Procalcitonin to albumin ratio as a biomarker for predicting mortality in sepsis[J]. J Coll Physicians Surg Pak, 2024, 34(3): 360-363.

[11] 安稳,刘倩倩,周庆博.PAR 联合 NRS 2002 对医养结合模式下肺部感染老年人预后的评估价值[J].中华全科医学,2024,22(12):2025-2028,2152.

[12] 董妍妍,尹鑫,廖鹏达,等.降钙素原与白蛋白比值对脓毒症患者短期预后的预测价值[J].中国医药导报,2025,22(3):14-19.

[13] Turcato G, Zaboli A, Sibilio S, et al. Albumin as a prognostic marker of 30-day mortality in septic patients admitted to the emergency department[J]. Intern Emerg Med, 2023, 18(8): 2407-2417.

[14] 刘娟,左园弋,张丹,等.降钙素原/白蛋白比值与老年重症肺炎患者纤支镜肺泡灌洗治疗预后的关系[J].中国老年学杂志,2024,44(2):301-304.

[15] 陈祥梅,黄潇,田焕焕,等.PCSK9 及血脂对脓毒症患者预后的预测价值[J].中华危重病急救医学,2022,34(6):614-619.

[16] Takahashi N, Campbell K R, Nakada T A, et al. Decreased clearance of low-density lipoprotein cholesterol is causally associated with increased mortality of septic shock[J]. Crit Care Med, 2025, 53(10): e2033-e2042.

[17] 张梅香,左志刚,刘秀娟.血清 IL-35、PCSK9、miR-155 联合检测对脓毒症继发多器官功能障碍综合征的预测价值[J].国际检验医学杂志,2025,46(18):2231-2236.

[18] 祝青,郭琪,吴颖,等.前蛋白转化酶枯草溶菌素 9 对革兰阴性菌脓毒症预后的评估价值[J].国际检验医学杂志,2021,42(8):907-911.

[19] 高煜茹,王静,黄潇,等.前蛋白转化酶枯草溶菌素 9 对脓毒症相关血小板活化的作用研究[J].中华危重病急救医学,2023,35(8):807-812.

[20] 姜雪娇,张凤香.SAPS-Ⅱ评分联合不同时刻乳酸清除率对脓毒症患者死亡的预测研究[J].中国呼吸与危重监护杂志,2023,22(9):629-633.

[21] 杨帮国,叶孟奇,白洁.急性心肌梗死合并心源性休克病人的临床特征及短期死亡的危险因素分析[J].中西医结合心脑血管病杂志,2025,23(17):2654-2658.

[22] 沈瑞环,王旭,鲁中原.疾病严重程度评分在心脏术后脓毒症诊断及远期预后预测中的价值[J].中国胸心血管外科临床杂志,2022,29(2):219-227.

收稿日期：2025-12-02

（本文编辑：孙海儿）