

临床与基础
桥接研究Clinical and Basic
Bridging Research感染对 ST 段抬高型心肌梗死患者预后影响的
临床研究Clinical trial on effects of infection on prognosis of patients
with ST segment elevation myocardial infarction朱立杉¹, 高雯鑫¹, 李佳莹¹,
梁 静²(1. 解放军总医院 第二医学中心 心血管内科/
老年医学研究所, 北京 100143; 2. 首都医科大学
附属北京安贞医院 老年心血管病科, 北京
100029)ZHU Li - shan¹, GAO Wen - xin¹,
LI Jia - ying¹, LIANG Jing²(1. Department of Cardiovascular
Medicine/Institute of Gerontology, The
Second Medical Center of PLA General
Hospital, Beijing 100143, China;
2. Beijing Anzhen Hospital, Capital
Medical University, Beijing 100029,
China)基金项目:国家重点研发计划“重大慢性非传染
性疾病防控研究”重点专项基金资助
项目(2018YFC1312500)作者简介:朱立杉(1998 -),女,主治医师,主
要从事心肌梗死方面的临床工作和
研究

通信作者:高雯鑫,主治医师

Tel: (010) 86003288

E - mail: dor_301@163. com

摘要:目的 开发并验证一个简单的评分系统以预测接受经皮冠状动脉介入治
疗(PCI)患者在急性心肌梗死(AMI)后发生感染的风险。**方法** 将本院就诊的
连续接受 PCI 的 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者按照队列法分为训练集和
验证集,所有患者均接受口服瑞舒伐他汀钙片每日 10 ~ 20 mg,联合依洛尤单抗
注射液 140 mg 注射治疗。主要终点为住院期间的 AMI 后感染,次要终点为全
因死亡和主要不良心血管事件(MACE)。计算受试者工作特征曲线下面积
(AUC)以及预测感染风险与观察感染风险的校准。选择向后逐步逻辑回归模
型来开发风险评分。**结果** 共纳入 359 例患者,其中训练集 217 例,验证集
142 例,研究过程中未发生脱落。开发了 1 个 24 分的风险评分系统,感染风险
在最低和最高评分的患者中分别为 0.70% 至 99.60%。年龄、Killip 分级、胰岛
素使用、白细胞计数、血清白蛋白、利尿剂及经股动脉途径 7 个变量被纳入模型。
该模型在开发和验证队列中均达到了同样高的区分度(C 统计量:0.85),并在
2 个数据集中显示出良好的校准。在开发队列和验证队列中,心肌梗死后感染
的发生率在风险评分组中稳步增加。此外,该风险评分在这些患者中对感染、住
院全因死亡和主要不良心血管事件(MACE)表现出良好的预测能力。**结论** 本
研究建立了一种简单的床边工具用于评估接受 PCI 的 STEMI 患者发生感染及其他
住院结果的风险评分系统。临床医生可以利用该风险评分系统评估感染风险,并据
此做出基于证据的决策。

关键词:瑞舒伐他汀钙片;依洛尤单抗注射液;经皮冠状动脉介入治疗;急性心肌
梗死;医院感染

DOI:10.13699/j.cnki.1001-6821.2025.17.002

中图分类号:R972 文献标志码:A

文章编号:1001-6821(2025)17-2407-05

Abstract: Objective To develop and validate a simple scoring system
for predicting the risk of infection after acute myocardial infarction
(AMI) in patients undergoing percutaneous coronary intervention (PCI).

Methods Continuous patients with ST - segment elevation myocardial
infarction (STEMI) who received PCI in our hospital were divided into
training set and validation set using a cohort approach. All patients
received oral rosuvastatin calcium tablets 10 - 20 mg per day combined
with evolocumab injection therapy 140 mg. The primary endpoint was
post - AMI infection during hospitalization, while all - cause mortality
and major adverse cardiovascular events (MACE) were considered
secondary endpoints. The area under the curve (AUC) and the
calibration between predicted and observed infection risks were

calculated. A backward stepwise logistic regression model was selected to develop the risk score. **Results** A total of 359 patients were included, with 217 in the training set and 142 in the validation set, and no patient dropout occurred during the study. A 24-point risk scoring system was developed, with infection risks ranging from 0.70% to 99.60% in patients with the lowest and highest scores, respectively. Seven variables including age, Killip class, insulin use, white blood cell count, serum albumin, diuretics and transfemoral approach were incorporated into the model. The model achieved equally high discrimination in both the development and validation cohorts (C-statistic: 0.85) and demonstrated good calibration in both datasets. In both development and validation cohorts, the incidence of post-myocardial infarction infection increased steadily across risk score groups. Additionally, this risk score exhibited good predictive ability for infection, in-hospital all-cause mortality. **Conclusion** This study established a simple bedside tool, a risk scoring system for assessing the risk of infection and other in-hospital outcomes in STEMI patients undergoing PCI. Clinicians can utilize this risk scoring system to evaluate infection risk and make evidence-based decisions accordingly.

Key words: rosuvastatin calcium tablet; evolocumab injection; percutaneous coronary intervention; acute myocardial infarction; hospital-acquired infection

住院期间感染是急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)患者的严重并发症,增加了死亡风险,延长了住院时间,并增加了医疗费用^[1]。由于相当一部分感染被认为是可预防的,因此迫切需要准确高效地识别 AMI 患者感染的风险,并制定感染的预防和干预措施^[2]。迄今为止,已有数个用于 ST 段抬高型心肌梗死(ST segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者的死亡风险评分体系,然而,较少有经过验证用于预测 STEMI 后感染的评分模型^[3]。虽然一些其他风险评分被开发用于预测心脏手术后的感染,但建立简化评分模型来评估 STEMI 患者在心导管插入术后感染的个体风险仍需进一步研究^[4]。因此,本研究旨在开发并验证一个简单易用的风险模型,以识别有发生感染风险的 STEMI 患者。

材料、对象和方法

1 病例选择

2019年8月至2024年7月以本院就诊的经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)术后感染的 STEMI 患者入选为研究对象,本研究经解放军总医院第二医学中心伦理委员会批准(伦理批号:20240127)。所有患者均签署知情同意书。

诊断与入选标准 符合 DE BOER 等^[5]研究中关于 STEMI 的诊断标准,即出现典型胸痛及伴随症状持续时间 ≥ 30 min 且 < 12 h,同时在 ≥ 2 个连续导联中 ST 段抬高 ≥ 1 mm,或伴随 ≥ 2 倍增高的肌钙蛋白 I 或 T 的左束支传导阻滞(新发或不明确持续时间);患者基本资料完整。

排除标准 有肿瘤或慢性炎症性疾病者,因慢性肾衰竭在入院时接受血液透析者,接受紧急心脏手术者,入院后 24 h 内死亡者,缺少计算风险评分所需的变量者,在入院前被诊断为感染者。

2 药品

依洛尤单抗注射液,规格:每支 1 mL/140 mg,批号:1167160,注册证号:国药准字 SJ20180021,美国 Amgen Manufacturing Limited LL 生产;瑞舒伐他汀钙片,规格:每片 10 mg,批号:72312223,批准文号:国药准字 H20143338,浙江海正药业股份有限公司生产。

3 分组与治疗方法

将符合纳排标准入组的患者按队列法分为训练集和验证集。2 组患者均给予口服瑞舒伐他汀钙片,初始剂量为每日 10 mg,若患者的低密度脂蛋白胆固醇水平超过 $1.4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,则剂量增加至每日 20 mg;同时联合依洛尤单抗注射 140 mg,腹部皮下注射,每 2 周给药 1 次。患者均连续治疗 6 个月。

4 观察指标与疗效判定

住院期间发生的感染^[6] 其定义为需要使用抗生素的感染(反映了感染对临床影响的必要性),为主要终点。

住院期间的全因死亡及事件 其定义为全因死亡及主要不良心血管事件(major adverse cardiac events, MACE),包括中风、全因死亡、靶血管再血管化及复发性心肌梗死,为次要终点。

临床疗效评价 疗效判定按文献[7]的方法进行评价,分为显效、有效和无效。显效为患者胸部疼痛等症状完全消失,心电图 ST 段抬高恢复至基线或 Q 波减轻,心肌损伤标志物接近正常,心绞痛症状消

失,运动耐力恢复;有效为症状明显缓解但仍有不适,心电图 ST 段部分恢复,标志物下降明显但未正常,心绞痛发作频率和持续时间减少,活动耐力提高;无效为症状无缓解或加重,ST 段持续抬高,标志物无下降趋势,心绞痛频繁发作且持续时间无改善。总有效率 = (显效例数 + 有效例数) / 总例数 × 100%。

安全性评价 观察并记录患者治疗期间药物不良反应的发生情况。

变量识别与预测风险评分开发 本研究选择向后逐步逻辑回归模型来开发风险评分。所有列出的候选预测变量均被纳入模型开发,且缺失值比例 ≥ 10% 的变量被排除。对于缺失数据的情况,我们假设缺失比例 ≤ 5% 的患者数据是随机发生的,依据临床变量进行多重插补。此外,用自助法筛选出最佳的风险因子集^[8]。综合参考文献的逻辑回归分析,最终纳入的 7 个变量,包括:年龄、Killip 分级、白细胞计数、血清白蛋白、胰岛素使用、利尿剂使用以及经股动脉途径。随后,基于这些变量构建了风险评分,命名为心肌梗死后感染评分 (infection score after myocardial infarction, PAMIIS),并为每个变量赋予相应的积分。

预测风险评分的外部验证^[7] 模型的预测准确性通过 C 统计量 (用于评估判别能力)、Hosmer – Lemeshow χ^2 统计量及校准曲线 (用于评估校准性能) 进行评估。分别在训练集和验证集中进行外部验证及亚组分析,以进一步检验风险评分的稳健性。为了评估风险评分的临床实用性,本研究进行了决策曲线分析。若较高的净收益在所有临床适用且可接受的概率阈值范围内,则表明模型具有更好的临床价值^[9]。

5 统计学处理

用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较用独立样本 *t* 检验;计数资料以率 (%) 表示,组间比较用 χ^2 检验。

结 果

1 一般资料

本研究共回顾性纳入 359 例,其中训练集 217 例,验证集 142 例,入组患者严格遵守纳排标准,研究过程中无脱落。2 组患者的年龄、性别、血压、体质量指数、心率、东部肿瘤协作组体力状态评分 (Eastern Cooperative Oncology Group, ECOG) 评分等指标比较,在统计学上差异均无统计学意义 (均 *P* > 0.05),见表 1。

2 2 组患者的临床疗效评价

治疗后,训练集和验证集患者的总有效率比较,在统计学上差异无统计学意义 (*P* > 0.05),见表 2。

3 安全性评价

训练集发生胃肠道反应 19 例次、白细胞减少症 14 例次、蛋白尿 6 例次、高血压 5 例次、肝功能异常 3 例次、感染 2 例次,总药物不良反应发生率为 16.13% (35 例/217 例);验证集发生肝功能异常 21 例次、胃肠道反应 20 例次、白细胞减少症 19 例次、高血压 6 例次、蛋白尿 4 例次、感染 3 例次,总药物不良反应发生率为 18.30% (26 例/142 例)。2 组比较,在统计学上差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。

4 变量识别与风险评分开发分析

训练集包含 217 个感染病例。PAMII 模型评分可以预测感染发生的概率范围为 0.70% ~ 99.60%,评分范围为 0 ~ 24 分。评分分级:低风险 (0 ~ 3 分),中风险 (3 ~ 6 分),高风险 (6 ~ 12 分),极高风险 (12 ~ 24 分)。该风险评分显示出良好的区分能力,C 统计量为 0.85,95% 置信区间 (confidence interval, CI) 为 0.82 ~ 0.87,并且在 Hosmer – Lemeshow 检验中表现出良好的校准能力 (*P* = 0.34)。同时,用自助法进行的内部验证也得出了类似的结果,C 统计量为 0.85,偏差校正后的 95% CI 为 0.83 ~ 0.87。在验证

表 1 2 组患者一般资料的比较

Table 1 Comparison of general information in two groups

Item	Training (n = 217)	Validation (n = 142)
Sex (male/female)	105/112	70/72
Age (year, $\bar{x} \pm s$)	65.47 ± 7.66	66.74 ± 7.15
BMI (kg · m ⁻² , $\bar{x} \pm s$)	21.43 ± 2.21	22.07 ± 2.36
SBP (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	109.41 ± 10.81	110.77 ± 11.56
DBP (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	72.87 ± 4.92	72.43 ± 5.62
HR (beats · min ⁻¹ , $\bar{x} \pm s$)	71.40 ± 6.41	72.37 ± 5.01
Smoking (n, %)		
Yes	69 (31.80)	43 (30.28)
No	148 (68.20)	99 (69.72)
ECOG scores (n, %)		
0	8 (3.69)	2 (1.41)
1	72 (33.18)	40 (28.17)
2	137 (63.13)	100 (70.42)

BMI: Body mass index; HR: Heart rate; SBP: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure; ECOG: Eastern Cooperative Oncology Group.

表 2 2 组患者临床疗效的比较 (n, %)

Table 2 Comparison of clinical efficacy in two groups (n, %)

Item	Training (n = 217)	Validation (n = 142)
Excellent	98 (45.16)	62 (43.66)
Effective	104 (47.93)	70 (49.30)
Invalid	15 (6.91)	10 (7.04)
Total effective rate	202 (93.09)	132 (92.96)

集中,该模型与训练集具有相似的良好区分能力和校准性, C 统计量为 0.85, 95% CI 为 0.81 ~ 0.88 ($P=0.65$),见图 1。

5 风险评分模型验证分析

为进行外部验证,同期 142 个感染病例作为验证集。预测与观察到的心肌梗死后感染发生率与风险评分的校准图得到了较好的确认效果,观察到的心肌梗死后感染发生率与预测值高度一致($P>0.05$),见表 3。

表 3 训练集和验证集中心肌梗死后感染发生率的观测值和预测值

Table 3 Observed and predicted incidence of infection after myocardial infarction in the training and validation sets

Scoring segment (score)	Training($n=217$)	Validation($n=142$)	
	Observation	Observation	Prediction
0-4	2.1%	2.9%	2.7%
5-8	16.7%	17.8%	17.3%
9-12	29.9%	31.1%	31.0%
>13	51.6%	52.7%	51.9%

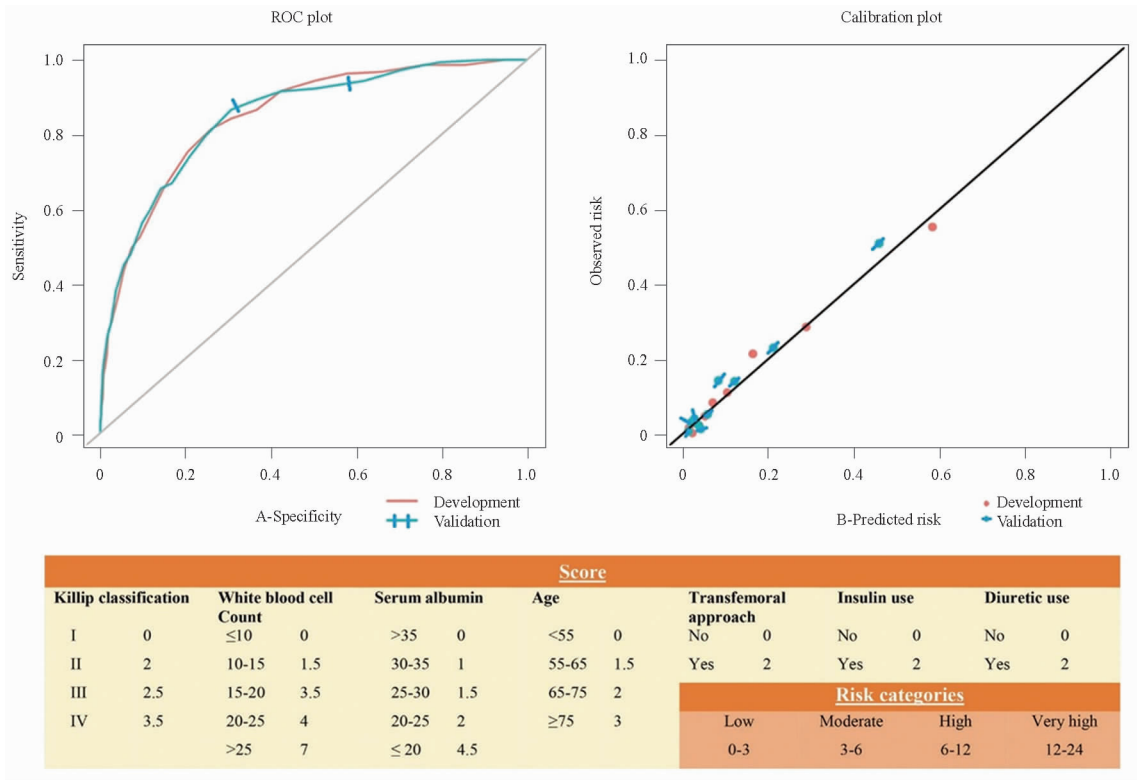


图 1 急性心肌梗死后感染风险评分的接收者操作特征曲线(A)及校准图(B)

Figure 1 Receiver operating characteristic curve(A) and calibration chart of infection risk score(B) after acute myocardial infarction

讨 论

本研究开发出一种易于实施、简单且稳健的风险评分系统,该系统包含 7 个易于获取的参数,用于 STEMI 患者的 AMI 后感染风险的评估,该风险评分在独立的验证集中得到了验证。在本研究中,AMI 后感染的发生率为 11.8%,略高于之前报道的 10% 和 3.9%^[9],感染率的升高可能与中位重症监护病房住院时间延长有关。然而,该发生率低于一项针对接受初次 PCI 的老年患者研究(28.9%)。在这方面,不同的感染定义和研究人群可能导致了这一差异^[10]。

目前,已有几项研究报告了心脏手术或危重病患

者的感染预测标志物或建立了风险评分^[3, 10]。有研究识别并验证了一种包含 12 个变量的风险模型,以检测心脏手术患者中高风险重大感染的个体^[11]。此外,已有多个预测模型被验证用于评估危重病患者的感染风险,例如重症监护感染评分。然而,关于 STEMI 患者的感染预测模型的研究相对较少。尽管之前的研究验证并比较了几种临床风险评分 AMI 后感染的预测意义,这些评分的区分能力相对较差,并未专门针对感染建立^[12]。本研究开发并验证了一个用于预测此类患者感染的风险模型,并在广泛的患者亚组中表现良好。

本研究发现,DM 是 STEMI 患者感染的重要风险因素。然而,接受胰岛素治疗的 DM 患者对 AMI 后感

染的预测价值优于单纯的 DM,这一观察与之前的结果一致,即接受胰岛素治疗的患者感染风险更高^[13]。因此,胰岛素使用被纳入最终风险模型,而非单纯的 DM^[2]。为了更好地理解潜在机制,需进一步研究以详细评估胰岛素治疗与感染之间的关系。此外,通过多变量分析显著与感染相关的多个风险因素(如年龄和白细胞计数等)与先前识别的风险因素大致相似^[13]。血清白蛋白水平作为一种易于获取的生物标志物,已被证明与术后感染相关^[11]。此外,系统评价显示,在 STEMI 患者中,用 PCI 治疗显著减少了重大出血及穿刺部位出血,并缩短了住院时间,而这些与感染风险相关^[14]。越来越多的研究表明,心力衰竭与感染之间存在复杂而恶性的相互作用^[15]。心脏功能的下降引起肺压升高,进而导致肺水肿和与肺炎相关病原体(如衣原体或肺炎链球菌)的积累,这反过来对呼吸道感染产生有害影响^[13]。目前的风险评分基于简单的二分因素,因此可以在临床实践中快速、轻松地计算。血清白蛋白水平和经股动脉 PCI 方法可以进行调整,同时,需更为严格地使用利尿药物,并频繁监测血糖,以最小化感染风险^[15]。此外,该风险评分可能有助于在未来的研究中选择高风险患者,以测试减少这些患者感染的干预措施^[14]。

本研究构建并验证了一种易于使用的风险评分,结合了广泛可用的临床变量,用于评估接受经皮冠状动脉介入治疗后 ST 段抬高型心肌梗死患者的感染风险,且可在临床常规中应用。该评分模型可能有助于感染的风险分层,并促使未来研究最佳策略以减少或预防感染的发展。

参考文献:

- [1] KONG S, YU S, HE W, *et al.* Serum albumin – to – creatinine ratio: A novel predictor of pulmonary infection in patients with ST – segment elevation myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention[J]. *J Atheroscler Thromb*, 2024,31(12): 1680—1691.
- [2] YOSHIOKA G, TANAKA A, NODE K. Predicting pulmonary infection in acute myocardial infarction: Total care of cardiovascular and non – cardiovascular outcomes [J]. *J Atheroscler Thromb*, 2024,31(12): 1662—1663.
- [3] NGUYEN T Q, VLASENKO D, SHETTY A N, *et al.* Laboratory – confirmed respiratory viral infection triggers for acute myocardial infarction and stroke: Systematic review protocol [J/OL]. *PLoS One*, 2024,19(7): e302748. 2024 – 07 – 10 [2025 – 03 – 05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38985724/>.
- [4] WICAKSONO R B, ALSAGAFF M Y, NUGRAHA R A. Myocardial injury mimicking acute myocardial infarction due to coronavirus infection in adults with pre – existing apical hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Pak Med Assoc*, 2024,74 (Supple – 6): S69—S72.
- [5] DE BOER A R, RIEZEBOS – BRILMAN A, VAN HOUT D, *et al.* Influenza infection and acute myocardial infarction [J/OL]. *NEJM Evid*, 2024,3(7): EVIDoa2300361. 2024 – 06 – 25 [2025 – 03 – 25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10.1056/evidoa2300361/>.
- [6] GRUBER M, UZEL R, SPIEGL M, *et al.* Simultaneous breast implant infection and acute myocardial infarction – a tricky combination [J/OL]. *JPRAS Open*, 2024, 41: 173—178. 2024 – 06 – 19 [2025 – 03 – 05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39050742/>.
- [7] ZHOU X, FENG L. The association between influenza infection and acute myocardial infarction: A comprehensive systematic review and Meta – analysis [J/OL]. *Virus Res*, 2025,358: 199594. 2025 – 06 – 09 [2025 – 06 – 20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40499619/>.
- [8] PEDICINO D, VOLPE M. Weekly journal scan: Increased incidence of acute myocardial infarction in patients with laboratory – confirmed influenza infection [J]. *Eur Heart J*, 2024, 45 (47): 5102—5103.
- [9] REEVE N F, BEST V, CANNINGS – JOHN R, *et al.* Risk of myocardial infarction and stroke following microbiologically confirmed urinary tract infection: A self – controlled case series study using linked electronic health data [J/OL]. *BMJ Open*, 2025,15 (6): e97754. 2025 – 06 – 01 [2025 – 06 – 20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/097754/>.
- [10] SPRAY L, MCINTOSH A, MCCARTNEY P J, *et al.* Latent cytomegalovirus infection is associated with impaired left ventricular function after st segment elevation myocardial infarction [J/OL]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14 (16): e40584. 2025 – 08 – 12 [2025 – 08 – 15]. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/JAHA.124.040584>.
- [11] LIU Z, GU Z, PENG L, *et al.* Impact of pulmonary infection and antibiotic use on recurrent myocardial infarction in patients with myocardial infarction [J]. *Sci Rep*, 2025,15(1): 14954.
- [12] UNDERWOOD J, REEVE N, BEST V, *et al.* Risk of myocardial infarction and stroke following bloodstream infection: A population – based self – controlled case series [J]. *Open Heart*, 2025,12(1): 113—118.
- [13] CHEN W, SHIH H, LEE Y, *et al.* Risk of acute myocardial infarction in patients with non – typhoidal *Salmonella* infection: A nationwide matched population – based cohort study [J]. *Public Health*, 2025,242(11): 406—412.
- [14] HAO Y, LI B, TIAN W, *et al.* The m5C reader alyref regulates cardiac remodeling post – myocardial infarction by modulating extracellular matrix protein synthesis in cardiac fibroblasts [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Res*, 2025,1872(7): 120011.
- [15] LIU J, LI Y, WU S, *et al.* Hyperbaric oxygen upregulates Mst1 to activate Keap1/Nrf2/HO – 1 pathway resisting oxidative stress in a rat model of acute myocardial infarction [J]. *Mol Biotechnol*, 2025, 67(1): 284—293.

(收稿日期 2025 – 08 – 15)