

老年 AMI 患者 PCI 术后新发心力衰竭风险预测模型的构建

闫广有^{1,2}, 齐贺文², 高景芳³

1. 唐山弘慈医院, 河北唐山 063000; 2. 唐山南湖医院, 河北唐山 063000; 3. 唐山工人医院, 河北唐山 063000

[摘要] **目的** 构建预测老年急性心肌梗死(AMI)患者行经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后新发心力衰竭的模型,并评估其有效性。**方法** 回顾性选择因 AMI 接受 PCI 的老年患者 193 例,根据是否出现新发心力衰竭分为对照组($n=139$)及心力衰竭组($n=54$)。收集两组患者临床基线特征、共患病史、既往病史、实验室指标与治疗结果。通过 Stepwise 逐步回归筛选与新发心力衰竭相关的变量,采用多因素 Logistic 回归分析新发心力衰竭的影响因素,并构建预测列线图。通过受试者工作特征(ROC)曲线和决策曲线分析(DCA)对模型的预测能力进行评估。**结果** 与对照组相比,心力衰竭组年龄更大,合并原发性高血压占比、既往心肌梗死占比、左主干病变占比和心肌肌钙蛋白 I(c-TnI)水平较高;而预后营养指数(PNI)水平更低($P<0.05$)。年龄、原发性高血压、既往心肌梗死、左主干病变是新发心力衰竭的危险因素;PNI 是新发心力衰竭的保护因素($P<0.05$),并成功构建了预测老年 AMI 患者 PCI 后新发心力衰竭的列线图模型,该模型预测能力良好,模型预测值与实际观察值具有高度拟合和一致性,该模型在临床应用中展现了良好的净获益。**结论** 该预测模型可用于初步评估老年 AMI 患者 PCI 后新发心力衰竭的风险,帮助早期识别高风险患者,并制定个性化的治疗方案。

[关键词] AMI; 预后营养指数; PCI; 新发心力衰竭; 预测模型

[中图分类号] R542.22

[文献标识码] A

Risk prediction model for new-onset heart failure in elderly patients with AMI after PCI

YAN Guangyou^{1,2}, QI Hewen², GAO Jingfang³

1. Tangshan Hongci Hospital, Tangshan 063000, Hebei, China; 2. Tangshan Nanhu Hospital, Tangshan 063000, Hebei, China; 3. Tangshan Gongren Hospital, Tangshan 063000, Hebei, China

[ABSTRACT] **Aim** To develop and validate a prediction model for new-onset heart failure in elderly patients with acute myocardial infarction (AMI) after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A retrospective study included 193 elderly AMI patients who underwent PCI. Patients were divided into a control group ($n=139$) and a heart failure group ($n=54$) based on the occurrence of new-onset heart failure. Clinical baseline characteristics, comorbidities, medical history, laboratory indicators, and treatment outcomes were collected from both groups. Stepwise regression was used to screen variables associated with new-onset heart failure, and multivariate Logistic regression analysis was employed to identify influencing factors and construct a predictive nomogram. The model's predictive performance was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis and decision curve analysis (DCA). **Results** Compared with the control group, the heart failure group had higher age, greater proportions of hypertension, previous myocardial infarction, left main coronary artery disease, and higher cardiac troponin I (c-TNI) levels, while the prognostic nutritional index (PNI) was significantly lower ($P<0.05$). Age, hypertension, previous myocardial infarction, and left main coronary artery disease were identified as risk factors for new-onset heart failure, while PNI was a protective factor ($P<0.05$). A nomogram prediction model was successfully developed which demonstrated good predictive performance, with high consistency between predicted and observed values. The model showed favorable net benefit in clinical application. **Conclusion** This prediction model can be used for initial assessment of new-onset heart failure risk in elderly AMI patients after PCI, facilitating early identification of high-risk patients and development of personalized treatment plans.

[KEY WORDS] AMI; prognostic nutritional index; PCI; new-onset heart failure; prediction model

[收稿日期] 2025-01-07

[修回日期] 2025-09-25

[基金项目] 河北省医学科学研究计划项目(20191565)

[作者简介] 闫广有,主治医师,研究方向为心血管内科疾病的诊治,E-mail 为 yanguangyou123123@163.com。通信作者高景芳,硕士,副主任医师,研究方向为心血管内科疾病的诊治,E-mail 为 gjfxn2@163.com。

急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)是威胁中国老年人群健康的主要心血管事件之一,其发病率与死亡率近年来逐渐升高^[1]。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)为AMI的标准治疗方案,能有效恢复冠状动脉血运并降低AMI病死率,但老年患者PCI术后新发心力衰竭(heart failure, HF)的风险仍然较高,严重影响其远期预后^[2]。新发HF的发生常与心肌损伤、微循环障碍、代谢异常及合并症等多种因素相关^[3]。尽管已有研究探讨AMI后HF的危险因素,但针对老年AMI患者PCI术后的综合风险预测模型仍较为缺乏^[4]。近年来,预后营养指数(prognostic nutritional index, PNI)作为评估营养与免疫状态的重要指标,被证实与心血管疾病预后密切相关,低PNI水平提示炎症反应增强和不良临床结局风险增加^[5]。有研究显示,PNI与AMI患者死亡率、再住院以及新发HF显著相关^[6]。因此,本研究旨在整合PNI、临床特征及合并症等信息,构建适用于老年AMI患者PCI术后新发HF的风险预测模型,以辅助临床早期识别高危个体并制定针对性干预策略。

1 资料和方法

1.1 研究人群

本研究为单中心回顾性研究,选取本院2020年4月—2024年4月因AMI接受PCI的老年患者为研究对象。纳入标准:①符合文献[7]中AMI诊断标准;②年龄 ≥ 65 岁;③接受PCI治疗。排除标准:①既往有心力衰竭病史;②缺乏血清白蛋白或外周血淋巴细胞计数数据;③合并严重肝肾功能不全、恶性肿瘤、活动性传染性疾病或其他可能显著影响预后的严重合并症;④关键临床或实验室指标缺失率超过15%;⑤患者或家属明确拒绝将临床资料用于科学研究。经上述标准筛选后,最终共193例患者纳入分析。所有患者PCI术后至3个月内,根据美国衰竭协会牵头制定的共识声明^[8],评估是否出现新发心力衰竭,根据是否出现新发心力衰竭将患者分为对照组($n=139$)及心力衰竭组($n=54$)。

1.2 数据收集

数据均来源于患者入院后的首次检查记录,若同一指标在住院期间多次检测,则以首次测量值为准。从患者病历系统中收集的基本资料包括年龄、性别、心率、体质指数,合并症(高血压、2型糖尿病、心房颤动)及既往史(卒中、心肌梗死);实验室指标包括白蛋白、淋巴细胞总数、白细胞计数、血红蛋

白、血小板计数、心肌肌钙蛋白I(cardiac troponin I, c-TnI)、总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDLC)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDLC)、随机血糖及PNI。同时记录冠状动脉病变血管(左主干、前降支、回旋支、右冠状动脉)及置入支架数量。 $PNI = \text{血清白蛋白} + 5 \times \text{淋巴细胞总数}$ ^[9]。

1.3 统计学方法

符合正态分布的连续变量以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 t 检验;非正态分布的连续变量以 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,采用Mann-Whitney U 检验。分类变量以例(%)表示,采用卡方检验。通过Stepwise逐步回归筛选与新发心力衰竭相关的变量,采用多因素Logistic回归分析新发心力衰竭的影响因素,并构建预测列线图。根据样本量公式^[10]计算得到本研究最小样本量为470例,本研究实际纳入193例,样本量低于估算值,存在过拟合风险,故进一步采用Bootstrap法(重复抽样1000次)进行内部验证,并绘制校准曲线。同时利用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评估区分度,采用决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价临床实用性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。数据分析使用R软件(版本4.4.2)完成。

2 结果

2.1 两组临床基线资料的比较

与对照组相比,心力衰竭组年龄更大,合并原发性高血压占比、既往心肌梗死占比、左主干病变占比和c-TNI水平较高;而PNI水平更低($P < 0.05$;表1);其余指标组间差异无显著性($P > 0.05$;表1)。

表1 两组患者临床基线资料的比较

指标	对照组($n=139$)	心力衰竭组($n=54$)
年龄/岁	71.5 \pm 4.7	72.7 \pm 3.9 ^a
女性/[例(%)]	37(26.62)	14(25.93)
体质指数/(kg/m ²)	25.0 \pm 3.2	24.6 \pm 2.8
心率/(次/min)	72.2 \pm 10.5	75.1 \pm 11.6
合并症/[例(%)]		
原发性高血压	75(53.96)	40(74.07) ^a
2型糖尿病	50(35.97)	17(31.48)
心房颤动	8(5.76)	5(9.26)
既往卒中史/[例(%)]	14(10.07)	5(9.26)
既往心肌梗死史/[例(%)]	12(8.63)	12(22.22) ^a
白细胞计数/($\times 10^9/L$)	7.5 \pm 2.3	7.9 \pm 2.6
血红蛋白/(g/L)	135.3 \pm 15.3	131.2 \pm 19.6

续表

指标	对照组(n=139)	心力衰竭组(n=54)
血小板计数/($\times 10^9/L$)	215.9 \pm 61.7	200.6 \pm 79.4
c-TnI/($\mu g/L$)	0.07(0.01,1.73)	2.76(2.03,8.27) ^a
总胆固醇/(mmol/L)	4.0 \pm 0.9	3.9 \pm 0.8
甘油三酯/(mmol/L)	1.5 \pm 0.9	1.4 \pm 1.0
LDLC/(mmol/L)	2.4 \pm 0.8	2.4 \pm 0.7
HDLc/(mmol/L)	1.1 \pm 0.2	1.0 \pm 0.3
血糖/(mmol/L)	7.1 \pm 2.5	7.3 \pm 2.4
PNI	48.7 \pm 3.6	47.9 \pm 3.3 ^a
病变血管[例(%)]		
左主干	36(25.90)	23(42.59) ^a
前降支	101(72.66)	43(79.63)
回旋支	94(67.63)	32(59.26)
右冠状动脉	99(71.22)	38(70.37)
支架数量/个	3.5 \pm 1.5	3.4 \pm 1.7

注:a 为 $P < 0.05$, 与对照组比较。

2.2 新发心力衰竭影响因素的 Logistic 回归分析

通过 Stepwise 逐步回归对表 1 变量进行初步筛选,建立 Stepwise 逐步回归模型后,对初步筛选出的变量进一步进行多因素 Logistic 回归分析发现,年龄、原发性高血压、既往心肌梗死、左主干病变是新发心力衰竭的危险因素;PNI 是新发心力衰竭的保

护因素($P < 0.05$;表 2)。

表 2 新发心力衰竭影响因素的 Logistic 回归分析

变量	OR(95% CI)	SE	Z	P
年龄	1.15(1.05~1.25)	0.05	3.14	0.002
原发性高血压	3.92(1.77~8.69)	1.59	3.37	0.001
既往心肌梗死史	5.15(1.94~13.64)	2.56	3.30	0.001
PNI	0.88(0.79~0.98)	0.05	-2.37	0.018
左主干病变	3.50(1.59~7.71)	1.41	3.12	0.002

2.3 新发心力衰竭风险列线图模型的构建及预测能力评价

基于多因素 Logistic 回归分析的结果,构建了预测老年 AMI 患者 PCI 后新发心力衰竭的列线图模型(图 1A)。ROC 曲线分析表明,该模型预测能力良好,其 AUC 为 0.771,灵敏度为 64.8%,特异度为 81.3%(图 1B)。通过重复抽样 1 000 次的内部验证绘制校准曲线(图 1C),结果显示,模型预测值与实际观察值具有高度拟合和一致性,表明模型具有可靠的预测效能。决策曲线分析进一步证明,该模型在临床应用中展现了良好的净获益(图 1D)。

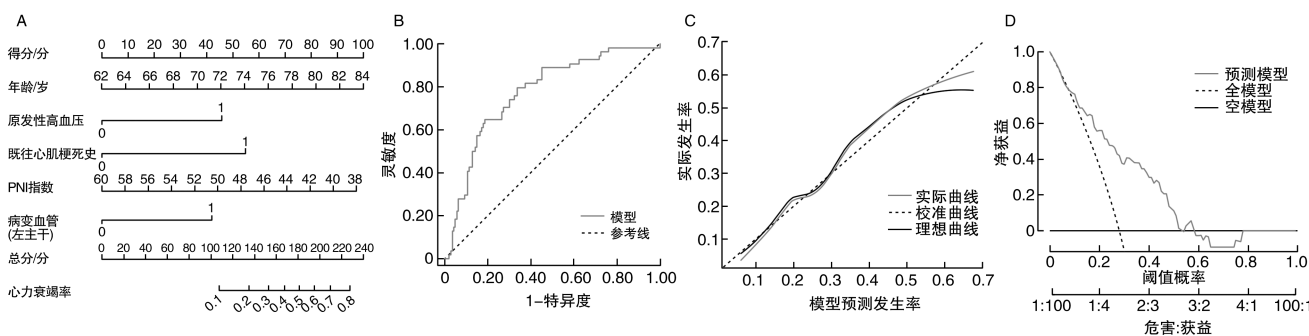


图 1 新发心力衰竭风险列线图模型的构建及预测能力评价

A 为列线图模型;B 为 ROC 曲线;C 为校准曲线;D 为临床决策曲线。

3 讨论

急性心肌梗死患者 PCI 后新发心力衰竭是影响长期预后的重要因素,特别是在老年人群中更为突出,构建有效的风险预测模型对实现早期干预、改善患者结局具有重要临床意义。本研究基于老年 AMI 患者的临床特征,成功建立了一个包含 5 个关键指标的预测模型,为临床个体化风险评估提供了实用工具。

本研究结果显示,与未发生心力衰竭的患者相比,心力衰竭组患者年龄更大,合并高血压、既往心肌梗死和左主干病变占比更高,心肌损伤标志物 c-

TNI 水平也明显升高,而反映营养和免疫状态的 PNI 水平则显著降低。这些发现与既往研究结果高度一致:高龄是心力衰竭的独立危险因素,其病理生理机制主要与年龄相关的心肌细胞再生能力下降、心脏储备功能减退以及 β -肾上腺素能反应性降低有关^[11];长期高血压可通过诱导左心室向心性肥厚、心肌纤维化和心脏重构等多个途径显著增加心力衰竭发生风险^[12]。

本研究通过多因素 Logistic 回归分析发现,年龄、原发性高血压、既往心肌梗死和左主干病变是新发心力衰竭的独立危险因素,而 PNI 则是保护因

素。这一发现拓展了传统风险预测模型的范畴,将营养免疫指标纳入老年 AMI 患者心力衰竭风险评估体系。从病理生理机制角度分析,左主干病变由于影响左心室大部分心肌的血液供应,对心脏泵血功能的损害尤为显著^[13];而 PNI 作为同时反映营养状态和炎症水平的综合指标,其保护作用可能因为良好的营养状态可为心肌修复提供必要的代谢底物;而通过调节炎症反应、减轻氧化应激损伤,亦可延缓心脏重构进程^[14-15]。

本研究发现,基于上述独立因素构建的列线图模型展现出良好的预测性能。模型校准曲线分析表现良好,预测发生率与实际发生率高度一致,决策曲线分析进一步证实其具有临床应用的净获益。与既往仅依赖心功能指标和传统风险因素的预测模型相比^[16-17],本模型通过整合营养免疫状态评估,提供了更为全面的风险评估视角,有助于临床医生更准确地识别高危患者,制定个体化防治策略。

值得注意的是,PNI 作为本模型中的保护性因素,其临床意义值得深入探讨。PNI 既能反映机体的营养状况,也能体现免疫炎症状态。在 AMI 后的心脏修复过程中,足够的营养储备为心肌细胞修复提供能量基础,而适度的免疫反应则有助于清除坏死组织并促进组织修复。已有研究表明,低 PNI 与冠状动脉病变严重程度独立相关,也可能是全身性炎症反应的标志,而炎症反应在心力衰竭的发生发展中起着关键作用^[18]。因此,将 PNI 纳入预测模型不仅丰富了评估维度,也为临床干预提供了潜在靶点。

综上所述,本研究成功构建并初步验证了一个整合营养免疫指标和传统危险因素预测模型,该模型能有效评估老年 AMI 患者 PCI 术后新发心力衰竭的风险,为临床早期识别高危患者和制定个体化防治策略提供了实用工具。作为单中心回顾性研究,尽管本研究存在一定的局限性,但模型展现出良好的预测效能和临床适用性,未来需要通过更大规模的前瞻性研究进一步验证其临床应用价值。

[参考文献]

[1] 王子硕,陈仪,李晓乐,等. 基于心脏磁共振的心外膜脂肪体积对急性 ST 段抬高型心肌梗死经皮冠状动脉介入术后患者急性期心肌损伤和恢复期左心室收缩功能的影响[J]. 临床放射学杂志, 2025, 44(10): 1872-1879.

[2] 祁珊珊,李博涵,童睿,等. 甘油三酯-葡萄糖指数对急性心肌梗死患者合并心律失常的预测价值[J]. 陕西医学杂志, 2025, 54(10): 1337-1342.

[3] 胡琼,杨力,杨倩,等. 组织蛋白酶 K 和分泌型卷曲相关蛋白 2 与高龄急性心肌梗死患者术后心室重构的关系[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2025, 27(10): 1326-1329.

[4] 吴小娟,谢晴,郑小叶,等. 左室心肌做功参数预测急性心肌梗死 PCI 术后主要不良心血管事件发生的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2025, 27(9): 765-770.

[5] 许薇,吴超,环小琴. 序贯性器官功能衰竭评估、急性生理学和慢性健康状况评分系统 II 评分及血淀粉酶、预后营养指数、C 反应蛋白与白蛋白的比值水平对患者心肺复苏后死亡的预测研究[J]. 陕西医学杂志, 2025, 54(10): 1390-1394.

[6] 赵忠帅,薛玉峰,赵传斌,等. 预后营养指数与成年人群冠心病的相关性: 基于 2017—2020 年 NHANES 数据的横断面分析[J]. 心血管康复医学杂志, 2025, 34(4): 497-503.

[7] MAIR J, JAFFE A, LINDAHL B, et al. The clinical approach to diagnosing peri-procedural myocardial infarction after percutaneous coronary interventions according to the fourth universal definition of myocardial infarction - from the study group on biomarkers of the European society of cardiology (ESC) association for acute cardiovascular care (ACVC)[J]. Biomarkers, 2022, 27(5): 407-417.

[8] BOZKURT B, COATS A J S, TSUTSUI H, et al. Universal definition and classification of heart failure: a report of the heart failure society of America, heart failure association of the European society of cardiology, Japanese heart failure society and writing committee of the universal definition of heart failure; endorsed by the Canadian heart failure society, heart failure association of India, cardiac society of Australia and New Zealand, and Chinese heart failure association[J]. Eur J Heart Fail, 2021, 23(3): 352-380.

[9] DEMIRTAS I S, SUNMAN H, NUR O I A, et al. The role of prognostic nutritional index in patients with non-ST segment elevation acute coronary syndrome[J]. Kardiologia, 2021, 61(1): 59-65.

[10] GAUDERMAN W J. Sample size requirements for association studies of gene-gene interaction[J]. Am J Epidemiol, 2002, 155(5): 478-484.

[11] OBOKATA M, SORIMACHI H, HARADA T, et al. And therapy of heart failure with preserved ejection fraction in Japan[J]. J Card Fail, 2023, 29(3): 375-88.

[12] JENČA D, MELENOVSKÝ V, STEHLIK J, et al. Heart failure after myocardial infarction: incidence and predictors[J]. ESC Heart Fail, 2021, 8(1): 222-237.

[13] PAGLIARO B R, CANNATA F, STEFANINI G G, et al. Myocardial ischemia and coronary disease in heart failure[J]. Heart Fail Rev, 2020, 25(1): 53-65.

[14] 赖茵,李思敏,廖秋凤,等. 预后营养指数对成人经导管冠状动脉介入术后住院时间延长的预测价值[J]. 医药前沿, 2025, 15(20): 126-129, 134.

[15] 刘赛,张凯文,郭金成,等. 预后营养指数与老年 ST 段抬高型心肌梗死冠状动脉介入后不良事件风险的研究[J]. 心血管病杂志, 2025, 44(5): 443-449, 532.

[16] SHETTY M K, KUNAL S, GIRISH M P, et al. Machine learning based model for risk prediction after ST-elevation myocardial infarction: insights from the North India ST elevation myocardial infarction (NORIN-STEMI) registry[J]. Int J Cardiol, 2022, 362: 6-13.

[17] FUENTES-ABOLAFIO I J, STUBBS B, PÉREZ-BELMONTE L M, et al. Physical functional performance and prognosis in patients with heart failure: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2020, 20(1): 512.

[18] LI H, CEN K, SUN W, et al. Prognostic value of geriatric nutritional risk index in elderly patients with heart failure: a meta-analysis[J]. Aging Clin Exp Res, 2021, 33(6): 1477-1486.

(此文编辑 朱雯霞)