

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2025.24.016

血清 MMP-3、FGF21 联合检测对慢性心力衰竭患者预后的预测价值

耿涛<sup>1,2</sup>, 王佳<sup>3</sup>, 韩松<sup>3</sup>, 赖杰<sup>3</sup>, 李长新<sup>3</sup>, 吴迪<sup>1</sup>, 宋昕<sup>3△</sup>

1. 应急总医院心血管内科, 北京 100028; 2. 香港中文大学李嘉诚健康科学研究所  
心脏影像和 3D 打印实验室, 香港; 3. 应急总医院综合医疗科, 北京 100028

**摘要:**目的 探讨血清基质金属蛋白酶-3(MMP-3)、成纤维细胞生长因子 21(FGF21)对慢性心力衰竭患者预后的预测价值。**方法** 选择 2021 年 8 月至 2023 年 8 月在应急总医院治疗的慢性心力衰竭患者 72 例, 随访 1 年, 将发生心源性死亡和再次心力衰竭的患者纳入预后不良组, 其余患者纳入预后良好组。采用 Pearson 相关分析预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 间的相关性, 采用多因素 Logistic 分析慢性心力衰竭患者预后不良的影响因素, 采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 MMP-3、FGF21 对慢性心力衰竭患者预后不良的预测价值。**结果** 预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平高于预后良好的慢性心力衰竭患者( $P<0.05$ )。预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3 水平与 FGF21 水平呈正相关( $r=0.390, P=0.027$ )。不同预后慢性心力衰竭患者氨基末端脑钠肽前体水平比较, 差异有统计学意义( $t=3.491, P<0.05$ )。血清 MMP-3、FGF21 水平升高是慢性心力衰竭患者预后不良的危险因素( $OR=2.563, 1.387, P<0.05$ ); 血清 MMP-3 预测慢性心力衰竭患者预后不良的曲线下面积(AUC)为 0.798(95%CI: 0.691~0.906), 灵敏度、特异度分别为 78.12%、82.50%, 血清 FGF21 预测慢性心力衰竭患者预后不良的 AUC 为 0.786(95%CI: 0.673~0.898), 灵敏度、特异度分别为 75.00%、87.50%, 血清 MMP-3、FGF21 联合预测慢性心力衰竭患者预后不良的 AUC 为 0.912(95%CI: 0.849~0.976), 灵敏度、特异度分别为 93.75%、77.50%。2 项联合对慢性心力衰竭患者预后不良的预测价值高于单独评估( $Z_{2项联合-MMP-3}=2.010, P=0.044, Z_{2项联合-FGF21}=2.162, P=0.031$ )。**结论** 预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平升高, 是其预后不良的危险因素。二者联合检测对评估慢性心力衰竭患者预后具有潜在应用价值。

**关键词:**慢性心力衰竭; 基质金属蛋白酶-3; 成纤维细胞生长因子 21; 预后; 预测价值  
**中图法分类号:**R541.6; R446.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2025)24-3398-06

Predictive value of combined detection of serum MMP-3 and FGF21 on the prognosis of patients with chronic heart failure

GENG Tao<sup>1,2</sup>, WANG Jia<sup>3</sup>, HAN Song<sup>3</sup>, LAI Jie<sup>3</sup>, LI Changxin<sup>3</sup>, WU Di<sup>1</sup>, SONG Xin<sup>3△</sup>

1. Department of Cardiology, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China; 2. Cardiac Imaging and 3D Printing Laboratory, Li Ka Shing Institute of Health Sciences, the Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China; 3. Department of General Medicine, Emergency General Hospital, Beijing 100028, China

**Abstract: Objective** To investigate the prognostic value of serum matrix metalloproteinase-3 (MMP-3) and fibroblast growth factor 21 (FGF21) in patients with chronic heart failure. **Methods** A total of 72 patients with chronic heart failure who were treated at the Emergency General Hospital from August 2021 to August 2023 were selected and followed up for one year. Patients who experienced cardiogenic death or recurrent heart failure were assigned to the poor prognosis group, while the remaining patients were assigned to the good prognosis group. Pearson correlation analysis was used to assess the relationship between serum levels of MMP-3 and FGF21 in patients with poor prognosis. Multivariate Logistic regression analysis was employed to identify independent factors influencing poor prognosis. The predictive values of serum levels of MMP-3 and FGF21 for poor prognosis were analyzed using receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** Serum

**作者简介:**耿涛,男,主治医师,主要从事结构性心脏病、瓣膜性心脏病、超声心动图、老年疾病诊疗方向的研究。△ **通信作者,** E-mail: song0418xin@126.com.

**引用格式:**耿涛,王佳,韩松,等. 血清 MMP-3、FGF21 联合检测对慢性心力衰竭患者预后的预测价值[J]. 检验医学与临床, 2025, 22(24): 3398-3402.

levels of MMP-3 and FGF21 in patients with poor prognosis of chronic heart failure were higher than those in patients with good prognosis ( $P < 0.05$ ). Serum level of MMP-3 was positively correlated with FGF21 level in patients with poor prognosis of chronic heart failure ( $r = 0.390, P = 0.027$ ). The NT-proBNP level differed significantly between patients with different prognoses of chronic heart failure ( $t = 3.491, P < 0.05$ ). Elevated serum levels of MMP-3 and FGF21 were identified as risk factors for poor prognosis in chronic heart failure patients ( $OR = 2.563, 1.387, P < 0.05$ ). The area under the curve (AUC) for serum MMP-3 in predicting poor prognosis in chronic heart failure patients was 0.798 (95% CI: 0.691–0.906), with a sensitivity of 78.12% and specificity of 82.50%. The AUC for serum FGF21 in predicting poor prognosis was 0.786 (95% CI: 0.673–0.898), with a sensitivity of 75.00% and specificity of 87.50%. The combined prediction of serum MMP-3 and FGF21 for poor prognosis in chronic heart failure patients had an AUC of 0.912 (95% CI: 0.849–0.976), with a sensitivity of 93.75% and specificity of 77.50%. The predictive value of the two biomarkers combined for poor prognosis in chronic heart failure patients was higher than that of individual assessments ( $Z_{\text{combined-MMP-3}} = 2.010, P = 0.044; Z_{\text{combined-FGF21}} = 2.162, P = 0.031$ ). **Conclusion** Elevated serum levels of MMP-3 and FGF21 are associated with a poor prognosis in patients with chronic heart failure and serve as risk factors for poor outcomes. The combined detection of these biomarkers has potential application value for future prognosis assessment in chronic heart failure patients.

**Key words:** chronic heart failure; matrix metalloproteinase-3; fibroblast growth factor 21; prognosis; predictive value

慢性心力衰竭由多种因素引发,可导致患者心脏结构或功能异常。人口老龄化使慢性心力衰竭的患病率上升<sup>[1]</sup>。慢性心力衰竭患者会表现出呼吸困难、咳嗽、乏力、食欲减退等多种症状,并出现呼吸道感染、血栓、肝淤血等多种并发症。临床可采用超声心动图、X线片检查等多种方式诊断该病,药物治疗可减轻患者心脏负荷,加强心肌收缩力<sup>[2-3]</sup>。然而部分患者治疗后仍易复发,影响其正常生活,降低生活质量<sup>[4]</sup>。现有的常规指标,如氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP),虽然在心力衰竭诊断中具有重要价值,但其特异度相对较低,对病理生理过程的反映有限。而基质金属蛋白酶-3(MMP-3)与心肌纤维化密切相关,可反映炎症状态;成纤维细胞生长因子 21(FGF21)与心力衰竭的多种病理生理过程存在关联,并与不良预后密切相关。二者在反映慢性心力衰竭的病理生理过程和预后评估方面具有独特的优势<sup>[5-7]</sup>。因此,本研究通过分析慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 对患者预后的预测价值,为患者临床治疗提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择 2021 年 8 月至 2023 年 8 月在应急总医院治疗的慢性心力衰竭患者 72 例,其中男 40 例、女 32 例,年龄 51~74 岁、平均(65.92±6.73)岁。纳入标准:(1)符合慢性心力衰竭相关诊断标准<sup>[8]</sup>;(2)近 3 个月内未进行相关治疗;(3)相关临床资料完整。排除标准:(1)合并精神疾病;(2)合并恶性肿瘤;(3)合并自身免疫系统疾病;(4)合并慢性炎

症性疾病;(5)依从性差。本研究通过应急总医院医学伦理委员会审批(审批号:20210702-01),所有研究对象均签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 血清 MMP-3、FGF21 水平检测** 入院次日采集研究对象空腹静脉血 4 mL,室温下静置 30 min,以 3 000 r/min 离心 15 min,取上清液,−20 ℃ 保存待测。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 MMP-3、FGF21 水平,操作严格按照试剂盒说明书进行。人 MMP-3 ELISA 试剂盒购自武汉华美生物工程有限公司(货号:CSB-E04677h-IS);人 FGF21 ELISA 试剂盒购自武汉佰瑞得生物技术有限公司(货号:A-QEK02134-96wells)。

**1.2.2 资料收集** 收集所有研究对象入院时的体质指数、病程、心血管疾病家族史、饮酒史、吸烟史、基础疾病、药物使用情况、美国纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级<sup>[9]</sup>、左心室射血分数(LVEF)、左心室短轴缩短率(LVFS)、NT-proBNP 等资料。

**1.3 随访** 慢性心力衰竭患者均采用常规药物治疗,如血管紧张素转化酶抑制剂(ACEI)/血管紧张素 II 受体拮抗剂(ARB)药物、β 受体阻滞剂等。出院后通过电话、门诊复查的方式进行为期 1 年的随访(每月 1 次),随访率达 100%。将发生心源性死亡、再次心力衰竭(患者出现呼吸困难、乏力等症状,且 NT-proBNP>125 ng/L,同时心脏超声显示 LVEF 降低)的患者纳入预后不良组,其余患者纳入预后良好组。

**1.4 统计学处理** 采用 SPSS23.0 统计软件处理和

分析数据。通过 Shapiro-Wilk 检验判断资料的分布形式。呈正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,2 组间比较采用独立样本  $t$  检验;计数资料以例数或百分率表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验;等级资料比较采用 Kruskal-Wallis  $H$  检验;采用 Pearson 相关分析预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3 水平与 FGF21 水平的相关性;采用多因素 Logistic 回归分析慢性心力衰竭患者预后不良的影响因素;采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 MMP-3、FGF21 对慢性心力衰竭患者预后不良的预测价值,曲线下面积(AUC)的比较采用 DeLong 检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同预后慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平比较 随访 1 年,32 例患者预后不良(预后不良组),40 例患者预后良好(预后良好组)。预后不良组血清 MMP-3、FGF21 水平高于预后良好组( $P < 0.05$ )。见表 1。

2.2 预后不良慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平间的相关性分析 Pearson 相关分析结果显示,预后不良慢性心力衰竭患者血清 MMP-3 水平与 FGF21 水平呈正相关( $r = 0.390, P = 0.027$ )。

2.3 不同预后慢性心力衰竭患者基线资料比较 不同预后慢性心力衰竭患者年龄、性别、体质量指数、病程、心血管疾病家族史、饮酒史、吸烟史、基础疾病、ACEI/ARB 药物及  $\beta$  受体阻滞剂使用情况、NYHA 心功能分级、LVEF、LVFS 比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),NT-proBNP 水平比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 1 不同预后慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 组别       | <i>n</i> | MMP-3( $\mu\text{g/L}$ ) | FGF21( $\text{ng/L}$ ) |
|----------|----------|--------------------------|------------------------|
| 预后不良组    | 32       | 55.98 $\pm$ 9.45         | 279.92 $\pm$ 39.57     |
| 预后良好组    | 40       | 40.73 $\pm$ 8.81         | 206.95 $\pm$ 33.75     |
| <i>t</i> |          | 7.067                    | 8.443                  |
| <i>P</i> |          | <0.001                   | <0.001                 |

表 2 不同预后慢性心力衰竭患者基线资料比较[ $\bar{x} \pm s$  或  $n(\%)$ ]

| 项目                       | <i>n</i> | 预后不良组( <i>n</i> = 32) | 预后良好组( <i>n</i> = 40) | <i>t</i> / $\chi^2$ / <i>H</i> | <i>P</i> |
|--------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|----------|
| 年龄(岁)                    |          | 66.06 $\pm$ 5.73      | 65.80 $\pm$ 6.15      | 0.184                          | 0.855    |
| 性别                       |          |                       |                       | 0.103                          | 0.748    |
| 女                        | 32       | 18(56.25)             | 24(60.00)             |                                |          |
| 男                        | 40       | 14(43.75)             | 16(40.00)             |                                |          |
| 体质量指数( $\text{kg/m}^2$ ) |          | 23.13 $\pm$ 1.57      | 23.48 $\pm$ 1.39      | 1.002                          | 0.320    |
| 病程(年)                    |          | 7.63 $\pm$ 2.24       | 7.30 $\pm$ 1.98       | 0.663                          | 0.510    |
| 心血管疾病家族史                 |          |                       |                       | 0.300                          | 0.584    |
| 有                        | 18       | 9(28.13)              | 9(22.50)              |                                |          |
| 无                        | 54       | 23(71.87)             | 31(77.50)             |                                |          |
| 饮酒史                      |          |                       |                       | 0.225                          | 0.635    |
| 有                        | 36       | 17(53.13)             | 19(47.50)             |                                |          |
| 无                        | 36       | 15(46.87)             | 21(52.50)             |                                |          |
| 吸烟史                      |          |                       |                       | 0.101                          | 0.751    |
| 有                        | 33       | 14(43.75)             | 19(47.50)             |                                |          |
| 无                        | 39       | 18(56.25)             | 21(52.50)             |                                |          |
| 高血压                      |          |                       |                       | 0.003                          | 0.957    |
| 有                        | 43       | 19(59.38)             | 24(60.00)             |                                |          |
| 无                        | 29       | 13(40.62)             | 16(40.00)             |                                |          |
| 冠心病                      |          |                       |                       | 0.003                          | 0.958    |
| 有                        | 38       | 17(53.13)             | 21(52.50)             |                                |          |
| 无                        | 34       | 15(46.87)             | 19(47.50)             |                                |          |
| 糖尿病                      |          |                       |                       | 0.075                          | 0.784    |
| 有                        | 46       | 21(65.63)             | 25(62.50)             |                                |          |
| 无                        | 26       | 11(34.37)             | 15(37.50)             |                                |          |

续表 2 不同预后慢性心力衰竭患者基线资料比较[ $\bar{x} \pm s$  或  $n(\%)$ ]

| 项目              | <i>n</i> | 预后不良组( <i>n</i> = 32) | 预后良好组( <i>n</i> = 40) | <i>t</i> /χ <sup>2</sup> / <i>H</i> | <i>P</i> |
|-----------------|----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------|
| ACEI/ARB 药物     |          |                       |                       | 0.343                               | 0.558    |
| 有               | 41       | 17(53.13)             | 24(60.00)             |                                     |          |
| 无               | 31       | 15(46.87)             | 16(40.00)             |                                     |          |
| β 受体阻滞剂         |          |                       |                       | 0.069                               | 0.792    |
| 有               | 35       | 15(46.87)             | 20(50.00)             |                                     |          |
| 无               | 37       | 17(53.13)             | 20(50.00)             |                                     |          |
| NYHA 心功能分级      |          |                       |                       | 0.539                               | 0.764    |
| Ⅱ级              | 21       | 9(28.13)              | 12(30.00)             |                                     |          |
| Ⅲ级              | 25       | 10(31.25)             | 15(37.50)             |                                     |          |
| Ⅳ级              | 26       | 13(40.62)             | 13(32.50)             |                                     |          |
| LVEF(%)         |          | 46.98 ± 4.72          | 48.37 ± 3.03          | 1.514                               | 0.134    |
| LVFS(%)         |          | 36.94 ± 1.96          | 36.42 ± 1.37          | 1.323                               | 0.190    |
| NT-proBNP(ng/L) |          | 624.94 ± 108.52       | 542.62 ± 91.58        | 3.491                               | <0.001   |

**2.4 慢性心力衰竭患者预后不良影响因素的多因素 Logistic 分析** 以慢性心力衰竭患者预后情况(预后良好 = 0, 预后不良 = 1)为因变量, NT-proBNP、MMP-3、FGF21(连续变量, 原值录入)为自变量进行多因素 Logistic 分析。结果显示, 血清 MMP-3、FGF21 水平升高是慢性心力衰竭患者预后不良的危险因素( $OR = 2.563、1.387$ , 均  $P < 0.05$ )。见表 3。

**2.5 血清 MMP-3、FGF21 对慢性心力衰竭患者预后不良的预测价值分析** 以血清 MMP-3、FGF21 为检验变量, 慢性心力衰竭患者预后情况(预后良好 = 0, 预后不良 = 1)为状态变量, 绘制 ROC 曲线。结果显示, 血清 MMP-3、FGF21 联合预测慢性心力衰竭患者预后不良的 AUC 为 0.912(95%CI: 0.849~0.976), 明显大于 2 项指标单独预测的 AUC( $Z_{2\text{项联合-MMP-3}} = 2.010、P = 0.044, Z_{2\text{项联合-FGF21}} = 2.162、P = 0.031$ )。

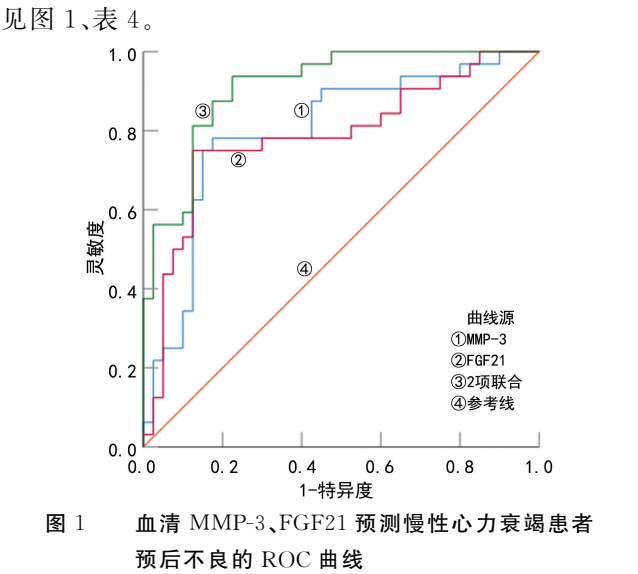


表 3 慢性心力衰竭患者预后不良影响因素的多因素 Logistic 分析

| 指标        | β     | SE    | Waldχ <sup>2</sup> | <i>P</i> | OR    | OR 的 95%CI  |
|-----------|-------|-------|--------------------|----------|-------|-------------|
| NT-proBNP | 0.632 | 0.378 | 2.798              | 0.094    | 1.882 | 0.897~3.948 |
| MMP-3     | 0.941 | 0.439 | 4.596              | 0.032    | 2.563 | 1.084~6.059 |
| FGF21     | 0.327 | 0.139 | 5.539              | 0.019    | 1.387 | 1.056~1.821 |

表 4 血清 MMP-3、FGF21 对慢性心力衰竭患者预后不良的预测价值分析

| 项目    | AUC   | 最佳截断值       | AUC 的 95%CI | 灵敏度(%) | 特异度(%) | 约登指数  |
|-------|-------|-------------|-------------|--------|--------|-------|
| MMP-3 | 0.798 | 51.49 μg/L  | 0.691~0.906 | 78.12  | 82.50  | 0.606 |
| FGF21 | 0.786 | 250.45 ng/L | 0.673~0.898 | 75.00  | 87.50  | 0.625 |
| 2 项联合 | 0.912 | —           | 0.849~0.976 | 93.75  | 77.50  | 0.713 |

注:—表示无数据。

3 讨 论

慢性心力衰竭是较为复杂的临床综合征,随着人

口老龄化进程的加重,其发病率升高。慢性心力衰竭患者心功能异常,会导致呼吸困难、乏力等多种症状,

甚至引发其他脏器功能障碍,出现多种并发症,加重病情,威胁患者生命安全<sup>[10-11]</sup>。改善心功能,延缓心肌重构,减轻患者临床症状,提高患者生活质量是治疗慢性心力衰竭的目的<sup>[12]</sup>。然而,部分患者经治疗后预后仍较差,该病严重影响患者正常生活,给患者和家庭带来沉重负担<sup>[13]</sup>。

研究发现,MMP-3 能促进血管炎症,导致多发性大动脉炎加重,而多发性大动脉炎与心脑血管事件的发生有关<sup>[14]</sup>。MMP-3 参与心脏和血管细胞外基质降解过程,MMP-3 水平在急性心肌梗死患者体内升高,与冠状动脉疾病患者心血管结局有关,参与多种心血管疾病的发展<sup>[15]</sup>。在本研究中,慢性心力衰竭预后不良患者血清 MMP-3 水平升高,提示其可能参与慢性心力衰竭病情进展,影响预后。氧化应激能够促进 MMP-3 的产生,引发病理性心肌重塑。与之相应,有研究发现,MMP-3 水平在阿霉素诱导的炎症反应和心肌功能障碍小鼠中升高<sup>[16]</sup>。刘佳丽等<sup>[17]</sup>的研究也发现,急性心肌梗死大鼠模型中心肌损伤导致 MMP-3 水平显著上升,并伴有胶原纤维沉积,这表明 MMP-3 在心肌纤维化中扮演重要角色。MMP-3 可使细胞外基质降解,在正常情况下其水平较低,在急性心肌梗死后心力衰竭患者中水平升高,会加重患者病情严重程度<sup>[18]</sup>。因此,MMP-3 水平升高可能导致慢性心力衰竭患者病情加重,从而造成不良预后。本研究结果证实了这一观点,发现血清 MMP-3 水平升高是患者预后不良的独立危险因素,并且 MMP-3 对患者预后评估有一定价值,其 AUC 为 0.798。

研究表明,心脏在应激刺激下诱导 FGF21 适量分泌,这一过程通过调节 NAD<sup>+</sup> 依赖性去乙酰化酶 Sirtuin-1 的脱乙酰酶活性,改善心脏肥大和心肌梗死,减轻心脏损伤,进而改善患者心功能<sup>[19]</sup>。然而,在慢性心力衰竭的晚期阶段,持续且强烈的病理刺激会导致 FGF21 长期过度表达。循环中异常升高的 FGF21 水平反映了心脏代谢失代偿和疾病严重程度的加剧。研究发现,射血分数保留的心力衰竭患者 FGF21 水平升高,FGF21 对射血分数保留的心力衰竭具有一定的诊断价值,能够一定程度上反映心肌舒张功能障碍,与患者预后密切相关<sup>[20]</sup>。在本研究中,慢性心力衰竭患者血清 FGF21 水平升高,预后不良患者 FGF21 水平高于预后良好患者。分析原因:FGF21 水平升高可能通过促进心肌肥大和细胞中活性氧的产生,促使机体氧化应激反应增强,导致患者预后不良风险增加<sup>[21]</sup>。张静宜等<sup>[22]</sup>研究发现,急性心肌梗死患者血清 FGF21 水平显著升高,FGF21 水平与患者心肌纤维化程度密切相关。FGF21 水平升高会加重心肌纤维化,导致心肌细胞受损<sup>[23-25]</sup>。此外,本研究结果发现,血清 FGF21 水平升高是慢性心力衰竭患者预后不良的危险因素,FGF21 对患者预后

不良的预测也有一定参考价值,特异度为 87.50%。

综上所述,预后不良的慢性心力衰竭患者血清 MMP-3、FGF21 水平升高,MMP-3 与 FGF21 联合预测患者预后不良的价值较高,其 AUC 可达 0.912,高于单一指标预测的 AUC。MMP-3、FGF21 未来可用于慢性心力衰竭患者的预后预测。本研究所纳入的慢性心力衰竭患者样本量较小,对患者预后的研究结果可能存在一定程度的偏倚,后续将扩大样本量对本研究结果进行验证。

## 参考文献

- [1] 中华医学会心血管病学分会,中国医师协会心血管内科医师分会,中国医师协会心力衰竭专业委员会,等.中国心力衰竭诊断和治疗指南 2024[J].中华心血管病杂志,2024,52(3):235-275.
- [2] 董文娟,杨卓璇,李瑛琪,等.三维超声心肌应变参数对慢性心力衰竭左室重构的预测价值[J].中国临床医学影像杂志,2024,35(4):246-249.
- [3] 兰晨,苏文斌,颜霄迪,等.慢性心力衰竭药物治疗临床研究进展[J].中国医院药学杂志,2024,44(12):1467-1471.
- [4] 兰洪涛,贾旭,童洲杰,等.无选择性 152 例成年慢性心力衰竭患者再入院的危险因素[J].山东大学学报(医学版),2021,59(4):63-69.
- [5] GUIZANI I, ZIDI W, ZAYANI Y, et al. Matrix metalloproteinase 3 and 9 as genetic biomarkers for the occurrence of cardiovascular complications in coronary artery disease: a prospective cohort study[J]. Mol Biol Rep, 2022,49(10):9171-9179.
- [6] IANOS R D, POP C, IANCU M, et al. Diagnostic performance of serum biomarkers fibroblast growth factor 21, galectin-3 and copeptin for heart failure with preserved ejection fraction in a sample of patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Diagnostics (Basel), 2021,11(9):1577.
- [7] SOMMAKIA S, ALMAW N H, LEE S H, et al. FGF21 (fibroblast growth factor 21) defines a potential cardiopathic signaling circuit in end-stage heart failure[J]. Circ Heart Fail, 2022,15(3):e008910.
- [8] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.慢性心力衰竭基层诊疗指南(2019 年)[J].中华全科医师杂志,2019,18(10):936-947.
- [9] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组,中国医师协会心力衰竭专业委员会,中华心血管病杂志编辑委员会.中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J].中华心血管病杂志,2018,46(10):760-789.
- [10] 周函,冷利华,裴宜斌,等.老年慢性心力衰竭患者外周血白细胞介素-6、NLR、RDW 变化与衰弱发展轨迹的相关性[J].中国老年学杂志,2024,44(14):3333-3338.
- [11] 何凯,胡宗萍.老年慢性心力衰竭患者生活质量的影响因素分析[J].检验医学与临床,2023,20(12):1793-1796.
- [12] 朱明军,毛静远,张健.慢性心力衰竭临床研究结局指标选择与应用专家共识[J].中医杂志,2024,65(11):1196-1200.

· 论 著 · DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2025. 24. 017

急性脑梗死患者早期神经功能恶化的风险分层模型及应用\*

张佳伟,张刘会,余 佳,吴 洋,李 雯  
安徽医科大学第一附属医院急诊科,安徽合肥 230011

**摘 要:****目的** 构建急性脑梗死(ACI)患者早期神经功能恶化(END)风险分层模型,并探讨其临床应用价值。**方法** 回顾性选取 2020 年 5 月至 2024 年 7 月该院收治的 213 例 ACI 患者。采用 LASSO 回归筛选变量,将入选变量纳入多因素 Logistic 回归以分析 ACI 患者发生 END 的影响因素,并构建列线图风险预测模型。利用曲线下面积(AUC)、校准曲线和决策曲线(DCA 曲线)评估模型的区分度、校准度及临床净获益;基于列线图总分,采用递归分割分析对列线图风险评分进行风险分层,并通过受试者工作特征(ROC)曲线评估风险分层模型对 END 高风险的预测效能。**结果** 该研究 213 例 ACI 患者,其中 71 例发生 END,142 例未发生 END,END 发生率为 33. 33%。LASSO 回归分析结果显示,当惩罚系数  $\lambda=0. 003$  时,初筛出 5 个预测因子:糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、同型半胱氨酸(Hcy)及 C 反应蛋白(CRP)。多因素 Logistic 回归分析显示,糖尿病、梗死灶最大径、空腹血糖、Hcy 及 CRP 是 ACI 患者发生 END 的影响因素( $P<0. 05$ )。据此构建的列线图风险预测模型经 ROC 曲线和 DCA 曲线验证,具有较高的预测效能和临床净收益。ACI 患者根据 END 风险分为低风险组(评分 $<102$  分)、中风险组( $102 \leq \text{评分}<147$  分)、高风险组(评分 $\geq 147$  分),且 3 组间 END 发生率比较,差异有统计学意义( $P<0. 05$ )。ROC 曲线分析结果显示,风险分层模型预测 ACI 患者 END 高风险的 AUC 为 0. 778。**结论** 该研究基于糖尿病、梗死灶最大直径、空腹血糖、Hcy 及 CRP,成功构建并验证了用于预测 ACI 患者 END 风险的列线图及风险分层模型。

**关键词:**急性脑梗死; 早期神经功能恶化; 风险分层模型; 同型半胱氨酸; 列线图  
**中图法分类号:**R743. 3;R447 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2025)24-3403-08

A risk stratification model and its application for early neurological deterioration  
in patients with acute ischemic stroke\*

ZHANG Jiawei,ZHANG Liuhui,YU Jia,WU Yang,LI Wen  
Department of Emergency Medicine,the First Affiliated Hospital of  
Anhui Medical University,Hefei,Anhui 230011,China

**Abstract: Objective** To develop a risk stratification model for early neurological deterioration (END) in patients with acute cerebral infarction (ACI) and to explore its clinical utility. **Methods** A total of 213 patients with ACI admitted to the hospital from May 2020 to July 2024 were retrospectively enrolled. Least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression was used to select candidate variables, which were then entered into multivariable Logistic regression to identify factors associated with END and to construct a nomogram-based risk prediction model. Model discrimination, calibration and net clinical benefit were evaluated using the area under the receiver operating characteristic curve (AUC), calibration curve and decision curve analysis (DCA) curve. Based on the total nomogram score, recursive partitioning analysis was applied to stratify risk; the predictive performance of the risk-stratification model for high risk of END was assessed using ROC curve. **Results** Among the 213 ACI patients included in this study, END occurred in 71 cases and did not occur in 142 cases, with an END incidence rate of 33. 33%. At a penalty parameter of  $\lambda=0. 003$ , five predictors——diabetes mellitus, maximum infarct diameter, fasting plasma glucose, homocysteine (Hcy) and C-reactive protein (CRP) were selected by LASSO regression. Diabetes mellitus, maximum infarct diameter, fasting plasma glucose, Hcy and CRP were identified as predictors of END ( $P<0. 05$ ), by multivariable Logistic regression. On this basis, a nomogram-based risk prediction model was constructed, for which

\* 基金项目:安徽省自然科学基金项目(2003068QH274)。

作者简介:张佳伟,女,主管护师,主要从事急诊输液护理相关研究。

引用格式:张佳伟,张刘会,余佳,等. 急性脑梗死患者早期神经功能恶化的风险分层模型及应用[J]. 检验医学与临床,2025,22(24):3403-