

## · 心力衰竭专题研究 ·

# 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院 风险预测模型的构建及验证

扫描二维码  
查看原文

尹海宁, 张文杰

**【摘要】** 目的 构建慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测模型, 并验证该模型的应用效果。方法 采用便利抽样法, 选取2019年1月至2020年4月在江苏大学附属医院心血管内科住院的慢性心力衰竭患者360例, 按7:3的比例随机分为建模组( $n=252$ )和内部验证组( $n=108$ ), 然后选取2020年6月至2021年1月在本院住院的慢性心力衰竭患者126例作为外部验证组。收集研究对象的一般资料、临床资料及实验室检查指标, 通过病历系统和电话随访获取慢性心力衰竭患者出院后3个月非计划性再入院情况。基于建模组的数据资料, 采用多因素Logistic回归分析方法建立预测模型, 通过Hosmer-Lemeshow检验和ROC曲线评估模型的拟合效果及区分度, 并建立线段式静态诺谟图和动态诺谟图。通过内部验证和外部验证评价模型的预测效果。**结果** 多因素Logistic回归分析结果显示, 心房颤动、营养不良、贫血、脑钠肽升高、左心室射血分数降低是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的影响因素( $P<0.05$ )。预测模型公式为:  $P=1/\{1+\exp[-(1.601\times\text{心房颤动}+1.267\times\text{营养不良}+1.756\times\text{贫血}+0.989\times\text{脑钠肽升高}+1.805\times\text{左心室射血分数降低}-4.405)]\}$ 。Hosmer-Lemeshow检验结果显示,  $P=0.776$ ; ROC曲线分析结果显示, 模型预测建模组患者易损期非计划性再入院的曲线下面积为0.886, 约登指数最大值为0.618, 最佳临界值为0.150, 灵敏度为0.927, 特异度为0.690。内部验证和外部验证的正确率分别为87.04%和86.51%。**结论** 合并心房颤动、营养不良、贫血及脑钠肽升高、左心室射血分数降低是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的独立危险因素, 本研究构建的模型预测慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险的效果良好, 可为准确识别易损期非计划性再入院高危风险患者提供借鉴。

**【关键词】** 慢性心力衰竭; 非计划性再入院; 易损期; 心房颤动; 营养不良; 贫血; 脑钠肽; 左心室射血分数; 影响因素分析

**【中图分类号】** R 541.6 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.109

尹海宁, 张文杰.慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测模型的构建及验证[J].实用心脑血管病杂志, 2022, 30(5): 9-14, 19. [[www.syxnf.net](http://www.syxnf.net)]

YIN H N, ZHANG W J. Construction and validation of risk prediction model for unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30(5): 9-14, 19.

## Construction and Validation of Risk Prediction Model for Unplanned Readmission during Vulnerable Period in Patients with Chronic Heart Failure

YIN Haining, ZHANG Wenjie

Nursing Department, Affiliated Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212001, China

Corresponding author: ZHANG Wenjie, E-mail: zhangwj7878@163.com

**【Abstract】 Objective** To construct a risk prediction model for unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure and verify the application effect of this model. **Methods** A total of 360 patients with chronic heart failure hospitalized in the Department of Cardiovascular Medicine, Affiliated Hospital of Jiangsu University from January 2019 to April 2020 were selected by convenience sampling method. They were randomly divided into the modeling group ( $n=252$ ) and the internal validation group ( $n=108$ ) in a 7:3 ratio. Then, 126 patients with chronic heart failure hospitalized in the same hospital from June 2020 to January 2021 were selected as the external validation group. General data, clinical data, and laboratory indicators were collected. The incidence of unplanned readmission at 3 months after discharge in patients with chronic heart failure was obtained through the medical record system and telephone follow-up. Based on the data of the modeling group, the prediction model was established by multivariate Logistic regression analysis method. The goodness of fit and differentiation of

the model were evaluated by Hosmer–Lemeshow test and ROC curve, and the static and dynamic nomograms were established. The prediction effect of the model was evaluated through internal validation and external validation. **Results** Multivariate Logistic regression analysis showed that atrial fibrillation, malnutrition, anemia, elevated brain natriuretic peptide, and decreased left ventricular ejection fraction were the influencing factors of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure ( $P < 0.05$ ). The prediction model was as follows:  $P=1/[1+\exp[-(1.601 \times \text{atrial fibrillation}+1.267 \times \text{malnutrition}+1.756 \times \text{anemia}+0.989 \times \text{elevated brain natriuretic peptide}+1.805 \times \text{decreased left ventricular ejection fraction}-4.405)]]$ . Hosmer–Lemeshow test results showed that  $P=0.776$ , ROC curve analysis results showed that the area under curve of the model for predicting the risk of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure was 0.886, the biggest *Yuden* index was 0.618, the optimal critical value was 0.150, the sensitivity was 0.927, and the specificity was 0.690. The validity of internal and external validation was 87.04% and 86.51%, respectively. **Conclusion** Atrial fibrillation, malnutrition, anemia, elevated brain natriuretic peptide, and decreased left ventricular ejection fraction are independent risk factors of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure. The model constructed in this study is effective in predicting the risk of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure, which can provide a reference for accurately identifying patients at high risk of unplanned readmission during vulnerable period.

**【Key words】** Chronic heart failure; Unplanned readmissions; Vulnerable period; Atrial fibrillation; Malnutrition; Anemia; Brain natriuretic peptide; Left ventricular ejection fraction; Root cause analysis

慢性心力衰竭是指由于心脏结构和/或功能异常,使心室收缩和/或舒张功能障碍,导致外周循环和器官氧合受损而引起的一组临床综合征<sup>[1]</sup>。2017年全球疾病负担报告显示,全世界有6 430万例心力衰竭患者<sup>[2]</sup>。由于人口老龄化和肥胖等因素日益普遍,预计心力衰竭患病人数还会上升<sup>[3]</sup>。慢性心力衰竭以高死亡率、高再住院率和生活质量差为临床特点<sup>[4]</sup>,现已成为全世界重点关注的公共卫生问题。尽管近几十年来心脏病学取得了巨大进步,但由于心力衰竭患者反复再入院,造成的医疗和经济负担仍然较高<sup>[5]</sup>,且研究发现,27%的非计划性再入院是可以避免的<sup>[6]</sup>。为此,许多国家制定了降低非计划性再入院的政策<sup>[7]</sup>,其中开发非计划性再入院预测工具就是一项重要举措,其可以帮助医护人员对患者进行危险分层,并确定最佳的出院后计划。慢性心力衰竭患者出院后前3个月内血流动力学不稳定,易发生非计划性再入院和死亡,基于此这一时期被定义为易损期<sup>[8]</sup>,做好慢性心力衰竭患者易损期的疾病管理工作,对有效降低非计划性再入院率和死亡率具有重要意义。因此,本研究聚焦于慢性心力衰竭患者易损期,旨在开发慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险评估工具,帮助医护人员有效识别易损期非计划性再入院高危人群并及时采取防范措施,以降低易损期非计划性再入院率。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 本研究采用便利抽样法,首先选取2019年1月至2020年4月在江苏大学附属医院心血管内科住院的慢性心力衰竭患者360例,按7:3的比例随机分为建模组( $n=252$ )和内部验证组( $n=108$ ),用于模型构建和内部验证。然后选取2020年6月至2021年1月在本院住院的慢性心力衰竭患者126例作为外部验证组,对模型临床应用效果进行评价。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁;(2)入院主要诊断为慢性心力衰竭<sup>[1]</sup>;(3)无认知障碍与精神疾病,可以正常交流。排除标准:(1)院内死亡或放弃治疗者;(2)合并甲状腺功能亢进、肺结核、严重肝肾衰竭、恶性肿瘤等疾病者;(3)资

料不全、重复或失访者;(4)计划性再入院、非心源性再入院或死亡者。本研究已通过江苏大学附属医院伦理委员会审查通过(SWYXLL20200630-7)。

**1.2 调查方法** 通过文献回顾和专家意见筛选慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的预测因子,借助中国心力衰竭中心数据平台和医院病历系统,收集研究对象的一般资料:年龄、性别、文化程度、居住地区、医疗费用支付方式、吸烟、饮酒情况;临床资料:高血压、糖尿病、水肿发生情况,心力衰竭病程、NYHA分级、收缩压( $>140$  mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa)为升高)、舒张压( $<60$  mm Hg为降低)、心率;实验室检查指标:总胆固醇( $>5.07$  mmol/L为升高)、三酰甘油( $>1.70$  mmol/L为升高)、低密度脂蛋白胆固醇( $>3.37$  mmol/L为升高)、高密度脂蛋白胆固醇( $\leq 1.04$  mmol/L为降低)、尿素氮( $>8$  mmol/L为升高)、肌酐( $>111$   $\mu$ mol/L为升高)、糖化血红蛋白( $>6.5\%$ 为升高)、血清总蛋白( $<65$  g/L为降低)、白蛋白( $<35$  g/L为营养不良)、白细胞计数( $>10 \times 10^9$ /L为升高)、血小板计数( $<125 \times 10^9$ /L为降低)、血红蛋白(男性 $<120$  g/L、女性 $<110$  g/L为贫血)、淋巴细胞计数( $<1.1 \times 10^9$ /L为降低)、血钠( $>145$  mmol/L为升高)、血钾( $<3.5$  mmol/L为降低)、谷氨酰转氨酶( $>45$  U/L为升高)、脑钠肽( $>400$  ng/L为升高)、左心室射血分数( $<40\%$ 为降低)、左心室舒张末期内径( $>50$  mm为增宽)。

**1.3 结局指标** 通过病历系统和电话随访获取慢性心力衰竭患者出院后3个月内非计划性再入院情况。本研究中非计划性再入院是指患者出院后发生无法预测的再入院,且再入院的原因是慢性心力衰竭<sup>[9]</sup>。

**1.4 质量控制** 本研究的数据收集和录入由研究团队成员完成。在数据收集前,对团队成员进行培训,要求明确研究对象的纳入、排除标准,熟练运用病历系统,确定所需收集的信息在病历系统中的位置,最后考核合格后进入数据收集阶段。应用EpiData 3.1软件实现双录入结果核查,如发现不一致

结果, 则通过查阅患者病历进行更正。

1.5 统计学方法 应用SPSS 25.0进行数据分析。正态分布的计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用两独立样本t检验; 计数资料用频数、相对数表示, 组间比较采用 $\chi^2$ 检验; 采用多因素Logistic回归分析方法构建预测模型, 并根据模型计算公式 $P=1/1+\exp(-Z)$ 计算模型预测结果; 通过Hosmer-Lemeshow检验和ROC曲线评价模型的拟合效果以及预测效能; 基于R 3.6.2和RStudio 1.2.5033软件, 调用程序包rms和DynNom, 建立线段式静态诺谟图和动态诺谟图。以灵敏度、特异度和正确率验证模型的应用效能。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 一般情况 本研究共纳入486例患者, 其中男291例(59.9%), 女195例(40.1%); 年龄33~94岁, 平均(70.9±12.4)岁; 其中97例患者发生易损期非计划性再入院, 发生率为20.0%。

2.2 单因素分析 根据252例建模组患者易损期非计划性再入院情况, 将其分为未发生组( $n=197$ )和发生组( $n=55$ )。未发生组和发生组患者年龄、性别、文化程度、居住地区、医疗费用支付方式、吸烟率、饮酒率、高血压发生率、糖尿病发生率、水肿发生率、心力衰竭病程、舒张压降低发生率、心率及总胆固醇升高、三酰甘油升高、低密度脂蛋白胆固醇升高、高密度脂蛋白胆固醇降低、尿素氮升高、肌酐升高、糖化血红蛋白升高、白细胞计数升高、血钾降低、谷氨酰转移酶升高、左心室舒张末期径增宽发生率比较, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 未发生组和发生组患者心房颤动发生率、NYHA分级及收缩压升高、血清总蛋白降低、营养不良、血小板计数降低、贫血、淋巴细胞计数降低、血钠升高、脑钠肽升高、左心室射血分数降低发生率比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ), 见表1。

2.3 预测模型的建立 将单因素分析中差异有统计学意义的因素(心房颤动、NYHA分级、收缩压升高、血清总蛋白降低、营养不良、血小板计数降低、贫血、淋巴细胞计数降低、血钠升高、脑钠肽升高、左心室射血分数降低)作为自变量, 将易损期非计划性再入院情况(赋值: 未发生=0, 发生=1)作为因变量纳入多因素Logistic回归模型, 结果显示, 心房颤动、营养不良、贫血、脑钠肽、左心室射血分数是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的影响因素( $P<0.05$ ), 见表2。预测模型公式为:  $P=1/1+\exp[-(1.601 \times \text{心房颤动}+1.267 \times \text{营养不良}+1.756 \times \text{贫血}+0.989 \times \text{脑钠肽升高}+1.805 \times \text{左心室射血分数降低}-4.405)]$ 。

2.4 预测模型的评价及诺谟图模型建立 通过Hosmer-Lemeshow检验模型的拟合效果, 结果显示,  $P=0.776$ 。ROC曲线分析结果显示, 模型预测建模组患者易损期非计划性再入院的曲线下面积为0.886, 约登指数最大值为0.618, 最佳临界值为0.150, 灵敏度为0.927, 特异度为0.690, 见图1。

为进一步提高模型的实用性能, 本研究分别建立了线段式静态诺谟图和动态诺谟图, 推动风险预测模型向可视化和网络交互性转变, 方便临床医护人员筛查慢性心力

表1 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院影响因素的单因素分析 [ $n$ (%) ]

Table 1 Univariate analysis of influencing factors of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure

项目	未发生组 ( $n=197$ )	发生组 ( $n=55$ )	$\chi^2$ 值	$P$ 值
年龄			0.115	0.734
<65岁	51 (25.9)	13 (23.6)		
≥65岁	146 (74.1)	42 (76.4)		
性别			0.005	0.945
男	110 (55.8)	31 (56.4)		
女	87 (44.2)	24 (43.6)		
文化程度			1.465	0.481
小学及以下	101 (51.3)	30 (54.5)		
初中	62 (31.5)	13 (23.6)		
高中及以上	34 (17.3)	12 (21.8)		
居住地区			1.225	0.268
城市	98 (49.7)	32 (58.2)		
农村	99 (50.3)	23 (41.8)		
医疗费用支付方式			0.295	0.587
医疗保险	170 (86.3)	49 (89.1)		
自费	27 (13.7)	6 (10.9)		
吸烟	42 (21.3)	6 (10.9)	3.022	0.082
饮酒	29 (14.7)	3 (5.5)	3.330	0.068
高血压	120 (60.9)	31 (56.4)	0.371	0.543
糖尿病	57 (28.9)	16 (29.1)	0.001	0.982
水肿	53 (26.9)	15 (27.3)	0.003	0.957
心房颤动	61 (31.0)	36 (65.5)	21.603	<0.001
心力衰竭病程			2.148	0.342
≤3年	89 (45.1)	21 (38.2)		
4-10年	86 (43.7)	24 (43.6)		
>10年	22 (11.2)	10 (18.2)		
NYHA分级			8.396	0.004
I~II级	108 (54.8)	18 (32.7)		
III~IV级	89 (45.2)	37 (67.3)		
收缩压升高	79 (40.1)	13 (23.6)	5.029	0.025
舒张压降低	22 (11.2)	11 (20.0)	2.947	0.086
心率			3.349	0.187
<60次/min	12 (6.1)	4 (7.3)		
60-100次/min	156 (79.2)	48 (87.3)		
>100次/min	29 (14.7)	3 (5.4)		
总胆固醇升高	32 (16.2)	6 (10.9)	0.955	0.328
三酰甘油升高	44 (22.3)	10 (18.2)	0.440	0.507
低密度脂蛋白胆固醇升高	21 (10.7)	4 (7.3)	0.552	0.458
高密度脂蛋白胆固醇降低	90 (45.7)	21 (38.2)	0.982	0.322
尿素氮升高	63 (32.0)	21 (38.2)	0.744	0.388
肌酐升高	24 (12.2)	11 (20.0)	2.197	0.138
糖化血红蛋白升高	61 (31.0)	15 (27.3)	0.278	0.598
血清总蛋白降低	117 (59.4)	45 (81.8)	9.419	0.002

(续表1)

项目	未发生组 (n=197)	发生组 (n=55)	$\chi^2$ 值	P值
营养不良	50 (25.4)	36 (65.5)	30.715	<0.001
白细胞计数升高	29 (14.7)	8 (14.5)	0.001	0.974
血小板计数降低	33 (16.8)	16 (29.1)	4.180	0.041
贫血	33 (16.8)	28 (50.9)	27.343	<0.001
淋巴细胞计数降低	68 (34.5)	31 (56.4)	8.603	0.003
血钠升高	5 (2.5)	5 (9.1)	4.845	0.028
血钾降低	49 (24.9)	19 (34.5)	2.042	0.153
谷氨酰转氨酶升高	66 (33.5)	26 (47.3)	3.517	0.061
脑钠肽升高	83 (42.1)	43 (78.2)	22.351	<0.001
左心室射血分数降低	40 (20.3)	29 (52.7)	22.731	<0.001
左心室舒张末期径增宽	102 (51.8)	36 (65.5)	3.247	0.072

表2 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院影响因素的多因素 Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure

变量	赋值	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值	95%CI
心房颤动	否=0, 是=1	1.601	0.403	15.784	<0.001	4.956	(2.250, 10.915)
营养不良	否=0, 是=1	1.267	0.392	10.423	0.001	3.550	(1.645, 7.660)
贫血	否=0, 是=1	1.756	0.440	15.965	<0.001	5.791	(2.447, 13.705)
脑钠肽升高	否=0, 是=1	0.989	0.422	5.487	0.019	2.689	(1.175, 6.154)
左心室射血分数降低	否=0, 是=1	1.805	0.430	17.595	<0.001	6.079	(2.616, 14.127)
常量	-	-4.405	0.530	68.941	<0.001	0.012	-

注: -表示无此项数据

衰竭易损期非计划性再入院高风险患者。线段式静态诺谟图通过将各个变量的分数相加,得出总分数,对应到易损期非计划性再入院风险线段,得出患者易损期非计划性再入院概率,见图2。动态诺谟图则通过下拉菜单,选择患者临床信息,最后点击“预测”按钮,达到预测患者易损期非计划性再入院概率的目的,每1条彩线代表1例患者,彩线中间的方块对应横坐标的预测概率,见图3。

2.5 内部验证 内部验证组108例患者实际发生易损期非计划性再入院18例,模型判断为14例,误判4例,灵敏度为77.78%;实际未发生易损期非计划性再入院90例,模型判断为80例,误判10例,特异度为88.89%。模型总正确率为87.04%。

2.6 外部验证 外部验证组126例患者实际发生易损期非计划性再入院24例,模型判断为16例,误判8例,灵敏度为66.67%;实际未发生易损期非计划性再入院102例,模型判断为93例,误判9例,特异度为91.18%。模型总正确率为86.51%。

### 3 讨论

3.1 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院率较高 非计划性再入院是现阶段全球评价医疗服务质量的关键和敏感指标。近年来,针对美国医院的高再入院率,美国政府借助公开公共卫生报告和对高再入院率医院实施经济处罚,试图激

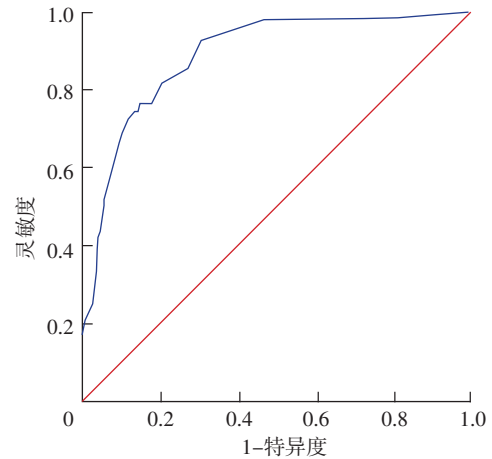


图1 模型预测性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of the risk prediction model for unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure

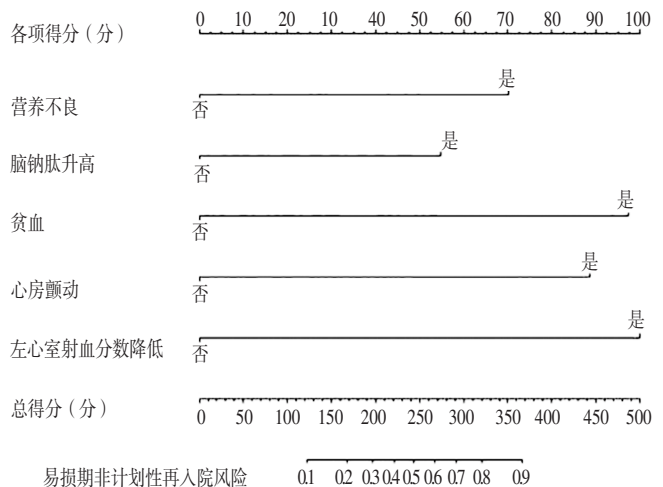


图2 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测线段式静态诺谟图模型

Figure 2 Line-segment static nomograph model for risk prediction of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure

励医院采取多项举措减少非计划性再住院<sup>[10]</sup>。在我国,提高心力衰竭患者健康获得感,降低非计划性再入院率和死亡率一直是心血管疾病防治工作的重点议题,《江苏省三级综合医院评审标准实施细则(2019版)》中也明确地将非计划性再入院作为重点关注的维度之一<sup>[11]</sup>。本研究结果显示,慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院率为20.0%,低于何晓雯等<sup>[12]</sup>(26%)以及GREENE等<sup>[8]</sup>(30%)的调查结果,分析其原因可能与研究对象不同、地区医疗水平存在差异有关,但总体而言,心力衰竭患者易损期非计划性再入院率偏高,降低心力衰竭患者易损期非计划性再入院迫在眉睫。

3.2 易损期非计划性再入院的慢性心力衰竭患者的特征 本研究结果显示,心房颤动是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的影响因素,与SAITO等<sup>[13]</sup>的结果一致。心房颤动

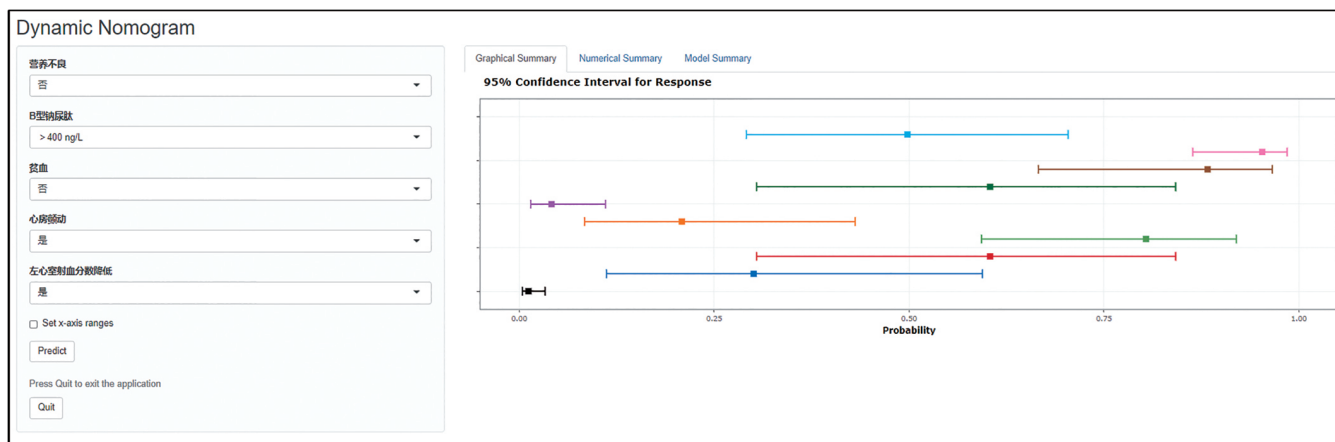


图3 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测动态诺谟图模型

Figure 3 Dynamic nomograph model for predicting the risk of unplanned readmission during vulnerable period in patients with chronic heart failure

是心力衰竭患者常见的合并症, Framingham心脏研究报道, 54%的慢性心力衰竭患者会发生心房颤动<sup>[14]</sup>, 引起心房收缩力减弱和心脏血流动力学紊乱, 导致心功能下降和医疗负担加重<sup>[15]</sup>。

本研究结果显示, 营养不良是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的独立危险因素, 与NARUMI等<sup>[16]</sup>研究结果一致。慢性心力衰竭患者常因机体消耗增加、胃肠道功能异常等原因导致营养不良<sup>[17]</sup>。惠宁等<sup>[18]</sup>对106例慢性心力衰竭患者营养与膳食结构的调查发现, 经口进食的慢性心力衰竭患者营养不良发生率约为61.32%, 营养不良不仅能加重左心室收缩功能障碍<sup>[19]</sup>, 还会导致高再入院率<sup>[20]</sup>, 通过对患者进行个性化的营养支持, 可有效改善患者的心功能和预后<sup>[21]</sup>。

本研究结果显示, 合并贫血是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的危险因素, 与陈红丹<sup>[22]</sup>研究结果基本一致。心力衰竭患者易出现胃肠道淤血症, 导致铁摄入和吸收相应减少, 引起缺铁性贫血<sup>[23]</sup>。同时心力衰竭时肾脏灌注不足会引起促红细胞生成素产生减少, 加重贫血程度<sup>[24]</sup>。一项对1 274例慢性心力衰竭患者的调查分析表明, 血红蛋白水平偏低是心力衰竭患者预后不良的危险因素<sup>[25]</sup>。医护人员应将改善心力衰竭患者的贫血状态作为心力衰竭疾病管理的关键环节, 避免因贫血引起慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院或死亡。

本研究结果显示, 脑钠肽升高是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的危险因素, 与CHOI等<sup>[26]</sup>报道的结果基本一致。脑钠肽主要由心室肌细胞合成和分泌, 当心室负荷和室壁张力增加时, 会刺激脑钠肽释放增加<sup>[27]</sup>。研究表明, 脑钠肽升高与慢性心力衰竭患者心室重构程度呈正相关, 与心功能呈负相关<sup>[28]</sup>, 因此脑钠肽应成为评估慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的敏感指标之一。

本研究结果显示, 左心室射血分数降低是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的危险因素, 与彭杰文等<sup>[29]</sup>研究结论一致。左心室射血分数与心肌收缩力呈正相关, 是判断心力衰竭类型的重要指标之一, 临床上根据左心室

射血分数将心力衰竭分为射血分数降低、保留和中间值的心力衰竭<sup>[1]</sup>。有研究报道, 射血分数降低的心力衰竭患者再入院率(32.8%)高于射血分数保留的心力衰竭患者(24.2%)<sup>[30]</sup>, 提示应将左心室射血分数纳入慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险筛查体系, 提升对易损期非计划性再入院评估的精确度。

3.3 慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测模型的预测效果较好 本研究Hosmer-Lemeshow检验结果提示模型的预测发生率与实际发生率吻合度较高。ROC曲线分析结果显示, 模型预测建模组患者易损期非计划性再入院的曲线下面积为0.886, 约登指数最大值为0.618, 最佳临界值为0.150, 灵敏度为0.927, 特异度为0.690, 提示模型预测和鉴别患者易损期非计划性再入院的效果较好。在模型内部验证和外部验证中, 灵敏度分别为77.78%和66.67%, 特异度分别为88.89%和91.18%, 正确率分别为87.04%和86.51%, 表明模型实际预测效能良好。本模型在慢性心力衰竭患者出院时, 即可用于预测其易损期非计划性再入院风险。当评分 $\geq 0.150$ 分时, 提示患者极可能发生易损期非计划性再入院, 医护人员应系统评估其病情和诱因, 采取针对性的干预措施; 当评分接近0.150时, 医护人员也应足够重视, 为患者制定预见性的护理方案, 给予其充分的心脏康复支持。

3.4 本研究的创新性与局限性 首先, 本研究尝试应用线段式静态诺谟图和动态诺谟图, 将复杂的风险预测模型用直观的图形和交互式网络呈现, 为临床医护人员提供了简单易行的个体化风险评估工具, 尤其是动态诺谟图, 未来可嵌入医疗系统, 以较大程度地提升模型的实用性和可操作性。其次, 易损期是近年来提出的一个新概念, 是慢性心力衰竭患者出院后非计划性再入院的高发期, 目前国内外相关研究较少, 而本研究丰富了对易损期的研究, 对降低非计划性再入院率、减轻医疗负担具有较高的社会效益。此外, 本研究关注慢性心力衰竭患者出院后易损期非计划性再入院风险, 能更好地指导延续性护理工作的开展。但本研究尚存在一定局限性: 首先, 为方便医护人员进行易损期非计划性再入院风险筛查, 纳入因素多为患者住院后易获得的指标, 未

纳入社会经济因素、心理因素、照顾者因素；再者，本研究为单中心研究，样本代表性有限，未来有必要开展多中心及大规模的研究，对模型进行修正，强化模型的准确性和可推广性。

综上所述，合并心房颤动、营养不良、贫血及脑钠肽升高、左心室射血分数降低是慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院的独立危险因素。本研究基于这些危险因素，初步构建了慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院风险预测模型，并构建了线段式静态诺谟图和动态诺谟图，可为早期筛查慢性心力衰竭患者易损期非计划性再入院高风险人群提供工具。

作者贡献：尹海宁、张文杰进行文章的构思与设计，研究的实施与可行性分析，资料收集，论文的修订；尹海宁进行资料整理，论文撰写，统计学处理；张文杰负责文章的质量控制及审校，对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

#### 参考文献

- [1] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004.
- [2] GBD Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990—2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 [J]. Lancet, 2018, 392 (10159): 1789-1858. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32279-7.
- [3] NORTON C, GEORGIPOULOU V V, KALOGEROPOULOS A P, et al. Epidemiology and cost of advanced heart failure [J]. Prog Cardiovasc Dis, 2011, 54 (2): 78-85. DOI: 10.1016/j.pcad.2011.04.002.
- [4] YANCY C W, JESSUP M, BOZKURT B, et al. 2017 ACC/AHA/HFSA focused update of the 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines and the Heart Failure Society of America [J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 70 (6): 776-803. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.04.025.
- [5] JENCKS S F, WILLIAMS M V, COLEMAN E A. Rehospitalizations among patients in the medicare fee-for-service program [J]. N Engl J Med, 2009, 360 (14): 1418-1428. DOI: 10.1056/NEJMSa0803563.
- [6] VAN WALRAVEN C, BENNETT C, JENNINGS A, et al. Proportion of hospital readmissions deemed avoidable: a systematic review [J]. J De L'association Med Can, 2011, 183 (7): E391-402. DOI: 10.1503/cmaj.101860.
- [7] KRISTENSEN S R, BECH M, QUENTIN W. A roadmap for comparing readmission policies with application to Denmark, England, Germany and the United States [J]. Health Policy, 2015, 119 (3): 264-273. DOI: 10.1016/j.healthpol.2014.12.009.
- [8] GREENE S J, FONAROW G C, VADUGANATHAN M, et al. The vulnerable phase after hospitalization for heart failure [J]. Nat Rev Cardiol, 2015, 12 (4): 220-229. DOI: 10.1038/nrcardio.2015.14.
- [9] LANDRUM L, WEINRICH S. Readmission data for outcomes measurement: identifying and strengthening the empirical base [J]. Qual Manag Health Care, 2006, 15 (2): 83-95. DOI: 10.1097/00019514-200604000-00003.
- [10] 白琼. 美国医院降低再入院率的策略与启示 [J]. 中国卫生质量管理, 2020, 27 (5): 148-151. DOI: 10.13912/j.cnki.chqm.2020.27.5.40.
- [11] 江苏省卫生健康委. 江苏省三级综合医院评审标准实施细则 (2019版) [EB/OL]. (2020-03-16) [2022-02-19]. [http://jpschfp.jiangsu.gov.cn/art/2020/3/16/art\\_7316\\_9012845.html](http://jpschfp.jiangsu.gov.cn/art/2020/3/16/art_7316_9012845.html).
- [12] 何晓雯, 曾桂芳, 冯洁, 等. 湖南部分地区慢性心力衰竭再入院率及影响因素调查 [J]. 湖南师范大学学报 (医学版), 2021, 18 (1): 50-54.
- [13] SAITO M, NEGISHI K, MARWICK T H. Meta-analysis of risks for short-term readmission in patients with heart failure [J]. Am J Cardiol, 2016, 117 (4): 626-632. DOI: 10.1016/j.amjcard.2015.11.048.
- [14] SCHNABEL R B, YIN X Y, GONA P, et al. 50 year trends in atrial fibrillation prevalence, incidence, risk factors, and mortality in the Framingham Heart Study: a cohort study [J]. Lancet, 2015, 386 (9989): 154-162. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61774-8.
- [15] SCHNABEL R B, HAEUSLER K G, HEALEY J S, et al. Searching for atrial fibrillation poststroke: a white paper of the AF-SCREEN international collaboration [J]. Circulation, 2019, 140 (22): 1834-1850. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.040267.
- [16] NARUMI T, ARIMOTO T, FUNAYAMA A, et al. Prognostic importance of objective nutritional indexes in patients with chronic heart failure [J]. J Cardiol, 2013, 62 (5): 307-313. DOI: 10.1016/j.jjcc.2013.05.007.
- [17] LIN H, ZHANG H F, LIN Z, et al. Review of nutritional screening and assessment tools and clinical outcomes in heart failure [J]. Heart Fail Rev, 2016, 21 (5): 549-565. DOI: 10.1007/s10741-016-9540-0.
- [18] 惠宁, 张文杰, 吴蓓蓓. 106例慢性心力衰竭患者营养及膳食结构调查 [J]. 中华护理杂志, 2020, 55 (9): 1335-1340. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2020.09.010.
- [19] 鲁敏, 秦兴雷, 孙琳, 等. 老年慢性心力衰竭患者营养不良与心功能的关系 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2014, 16 (11): 1157-1160. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2014.11.011.