DOI:10.16016/j.2097-0927.202110047

冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗术后院内心力衰竭风险预测模型的建立与验证

曹教育,张理想,周晓娟,姚勋霞,马礼坤 230036 合肥,中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)心血管内科

[摘要] **目的** 分析影响冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention,PCI)术后院内心力衰竭发生的风险因素,依此构建个性化的冠心病术后心力衰竭风险预测模型。**方法** 回顾性分析2017年1月至2018年12月在本科住院且接受PCI的640例冠心病患者的临床资料,依据术后院内心力衰竭发生情况将研究对象分为心力衰竭组(44例)和非心力衰竭组(596例)。采用Logistic多因素回归分析筛选心力衰竭发生的独立预测因素,应用R软件绘制心力衰竭发生风险的列线图预测模型。采用一致性指数(C-index)、ROC曲线下面积和校准曲线评价列线图模型的预测效率。**结果** 多因素分析显示:左心室射血分数(LVEF)、年龄、对比剂用量、合并脑梗死、NYHA心功能分级是冠心病患者PCI术后院内心力衰竭发生的独立预测因素($P<0.05$);列线图预测心力衰竭发生风险的C-index为0.796(95%*CI*:0.723~0.869),内部验证后的ROC曲线下面积为0.797(95%*CI*:0.726~0.861),Hosmer-Lemeshow拟合优度检验及校准曲线提示列线图具有较好的预测一致性($\chi^2=12.360$,$P=0.135$)。**结论** 构建了预测心力衰竭发生风险的列线图模型,可协助心内科医务人员筛选出术后心力衰竭高发生风险的人群,实施针对性的干预措施。

[关键词] 冠心病;心力衰竭;风险预测;列线图
[中图法分类号] R449;R541.405;R541.6 [文献标志码] A

Risk prediction model of in-hospital heart failure in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention: development and validation

CAO Jiaoyu, ZHANG Lixiang, ZHOU Xiaojuan, YAO Xunxia, MA Likun Department of Cardiology, First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China (Anhui Provincial Hospital), Hefei, Anhui Province, 230036, China

[**Abstract**] **Objective** To analyze the risk factors for heart failure in hospitalized patients with coronary heart disease (CHD) after percutaneous coronary intervention (PCI) and establish a personalized risk prediction model for heart failure after PCI. **Methods** The clinical data of 640 patients with CHD who were hospitalized and underwent PCI in our department from January 2017 to December 2018 were collected and retrospectively analyzed. The subjects were divided into heart failure group ($n=44$) and non-heart failure group ($n=596$) according to the occurrence of postoperative heart failure. Logistic multivariate regression analysis and R software were used respectively to screen the independent predictors and plot the nomogram prediction model of heart failure risk. Then, consistency index (C-index), area under the receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve were subsequently adopted to evaluate the prediction efficiency of the model. **Results** Multivariate analysis showed that left ventricular ejection fraction (LVEF),

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81870192)
[通信作者] 马礼坤,E-mail:2961759530@qq.com

2097-0927/Copyright © 2022,陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

age, contrast agent dosage, concomitant cerebral infarction, and grade of New York Heart Association (NYHA) functional classification were independent predictors of heart failure after PCI ($P<0.05$). The C-index of the nomogram for predicting heart failure risk was 0.796 (95%*CI*: 0.723~0.869), and the area under the ROC curve was 0.797 after internal validation (95%*CI*: 0.726~0.861). Hosmer-Lemeshow test and calibration curves indicated that the nomogram had good prediction consistency (*Chi*-square = 12.360, $P=0.135$). **Conclusion** The nomogram model for predicting heart failure risk is successfully constructed, which can assist the medical staff to screen out the population with high risk of heart failure after PCI, and then to implement targeted intervention measures.

[**Key words**] coronary heart disease; heart failure; risk prediction; nomogram

Supported by the General Program of National Natural Science foundation of China (81870192). Corresponding author: MA Likun, E-mail: 2961759530@qq.com

心力衰竭(heart failure,HF)是心脏功能和结构异常引起的心室射血能力受损而导致的一系列临床综合征[1]。国内外多项随访研究表明[2-4]:HF 为冠心病(coronary heart disease, CHD)患者经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention,PCI)术后最常见的心血管不良事件之一,以症状性心力衰竭较为多见,发生率高达 30%,可导致患者病死率增高,是患者术后 5 年生存率不足 50%的主要原因。早期识别并整合 CHD 患者术后 HF 发生的风险因素,筛选出 HF 高发生风险患者,有助于临床医务人员制定针对性的预防策略,改善此类人群的不良预后。但国内鲜见 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 风险预测模型的报道。本研究基于 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生的独立风险因素,构建预测术后其发生的风险预测模型,旨在为 CHD 术后患者的 HF 风险进行个体化预测。

1 资料与方法

1.1 研究对象

通过医院信息系统(hospital information system, HIS)回顾性收集并分析 2017 年 1 月至 2018 年 12 月在本科因冠心病住院并行 PCI 治疗且符合纳入标准的 640 例患者的临床资料。纳入标准:①符合美国心脏病学会/协会(American heart association/American College of Cardiology)颁布的冠心病诊治指南中的诊断标准[5];②符合 PCI 治疗指征、首次住院进行 PCI 治疗的患者;③所有患者术前签订书面知情同意书。排除标准:①术前明确存在由急性心肌炎、扩张型心肌病、风湿性心脏病等为诱因引起的急性或慢性 HF 病史;③经术前检查存在血液系统疾病、自身免疫性疾病、严重感染、恶性肿瘤、心肝肾功能不全、慢性阻塞性肺疾病等;④临床资料不全,存在缺失值且无法经 HIS 系统核对到的患者数据;⑤既往有陈旧性心肌梗死、PCI 治疗史。本研究经本院医学伦理委员会审批通过(2021-RE-026)。

1.2 资料收集

回顾性收集患者疾病相关资料、人口学资料及实验室检查、超声心动图检查、PCI 资料。具体包括:性别、年龄、婚姻状况、家庭月收入、文化程度、医疗费用支付方式、是否吸烟、是否饮酒、体质量指数(BMI)、NYHA 心功能分级、术前血压、术前空腹血糖、PCI 术中并发症发生情况(再灌注性心律失常、血管迷走反应、冠脉痉挛、慢复流或无复流、出血并发症)、术中对比剂剂量、合并症情况(高血压、糖尿病、脑梗死)、肌钙蛋白、D-D 二聚体、C 反应蛋白(CRP)、氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP)、置入支架数、病变支数、术后左室射血分数(LVEF)及左心室舒张末期内径(LVEDd)。统计所有研究对象术后 HF 的发生情况,参照《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018》[6]中 HF 的诊断标准,即根据术后 LVEF 分为射血分数降低的心力衰竭(HFrEF)、射血分数中间值的心力衰竭(HFmrEF)和射血分数保留的心力衰竭(HFpEF)。其中 HFrEF 的诊断依据为具有心力衰竭的症状和/或体征且 LVEF<40%;HFmrEF 的诊断依据为具有心力衰竭的症状和/或体征,LVEF 为 40%~49%,NT-proBNP>125 ng/L,同时符合以下至少 1 条:①左心肥厚和/或左心房扩大;②心脏舒张功能异常。HFpEF 的诊断依据除 LVEF≥50%外,其余与 HFmrEF 一致。依据患者术后 HF 总体发生情况将研究对象分为 HF 组和非 HF 组。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 23.0 软件和 R 软件(R 3.6.1)分析数据。正态分布计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,偏态分布计量资料以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,组间比较分别采用独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验;分类变量以例数、百分比及率表示,组间比较采用 Pearson 卡方检验或 *Fisher*

精确概率法。应用 Logistic 回归模型进行多因素分析,采用逐步向前法确定筛选的独立影响因素。基于多因素回归分析结果,通过 R 软件(R 3.6.1)中的“rms”程序包[7]构建预测 HF 发生风险的列线图模型,列线图解读方法为:由列线图中各风险预测因素所在坐标轴向上做一垂线,得到顶部“分数”轴上一个对应的分值,将列线图中预测因素的各自分值相加得到总分,在“总分”轴中找到对应总分并向下做一垂线,得到“CHD 患者发生 HF 的风险”坐标轴上的对应值即为 PCI 术后院内 HF 发生风险。为防止列线图模型的过度拟合,按照 TRIPOD 预测模型声明[8]中的内部验证方式采用 Bootstrap 自抽样 1 000 次对列线图模型进行内部验证,并通过 C 指数(C-index)和内部验证后的 ROC 曲线下面积(area under roc curve,AUC)检验模型的判别能力,采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验和校准曲线评价列线图模型的校准度和预测一致性。

2 结果

2.1 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生风险的单因素分析

640 例 CHD 患者中,PCI 术后院内 HF 的发生率为 6.88%(44/640)。其中男性 458 例(71.56%),女性 182 例(28.44%)。年龄为(64.09±11.45)岁。PCI 术中并发症发生情况:再灌注性心律失常 12 例,慢复流或无复流 9 例,血管迷走反应 7 例,冠脉痉挛 5 例,出血并发症 3 例,总计 36 例患者发生术中并发症。单因素分析结果表明:HF 组与非 HF 组患者的年龄、术前舒张压、对比剂剂量、NYHA 心功能分级、PCI 术中并发症发生情况、肌钙蛋白、D-D 二聚体、CRP、NT-proBNP、LVEF、LVEDd、合并高血压情况、合并糖尿病情况及合并脑梗死情况这 14 个变量的分布差异具有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 1。

表 1 640 例 CHD 患者 PCI 术后 HF 发生风险的单因素分析 [$M(P_{25}, P_{75})$, $\bar{x}\pm s$, 例(%)]

变量	总计($n=640$)	非 HF 组($n=596$)	HF 组($n=44$)	$\chi^2/t/Z$	P
性别				2.415[a]	0.120
男性	458 (71.56)	431 (72.32)	27 (61.36)		
女性	182 (28.44)	165 (27.68)	17 (38.64)		
年龄/岁	64.09±11.45	63.74±11.37	68.89±11.51	−2.897[b]	0.004
术中对比剂剂量/mL	123.48±16.77	122.68±16.49	134.20±17.07	−4.460[b]	<0.001
术前收缩压/mmHg	128.38±19.98	128.77±20.14	123.11±16.99	1.815[b]	0.070
术前舒张压/mmHg	79.18±12.15	79.48±12.11	74.98±11.99	2.384[b]	0.017
术前空腹血糖/mmol·L^{-1}	6.92(5.68,9.03)	6.90(5.65,8.90)	7.25 (5.98,9.69)	−1.703[c]	0.089
PCI 术中并发症				9.413	0.002
否	604(94.38)	567(95.13)	37(84.09)		
是	36(5.62)	29(4.87)	7(15.91)		
婚姻情况				−	0.727[d]
已婚	622 (97.19)	579 (97.15)	43 (97.73)		
离异	2 (0.31)	2 (0.34)	0		
丧偶	12 (1.88)	11 (1.85)	1 (2.27)		
未婚	4 (0.62)	4 (0.67)	0		
文化程度				0.003[a]	0.960
初中及以下	424 (66.25)	395 (66.28)	29 (65.91)		
高中及以上	216 (33.75)	201 (33.72)	15 (34.09)		
置入支架数/个	2 (1, 3)	2 (1, 3)	2 (1, 3)	1.243[c]	0.214
家庭月收入/元					
<3 000	310 (48.44)	292 (48.99)	18 (40.91)	1.102[a]	0.577
3 000~5 000	295 (46.09)	272 (45.64)	23 (52.27)		
>5 000	35 (5.47)	32 (5.37)	3 (6.82)		
医疗支付方式				3.174[a]	0.366
自费	54 (8.44)	52 (8.72)	2 (4.55)		
职工医保	242 (37.81)	221 (37.08)	21 (47.73)		
居民/新农合	314 (49.06)	296 (49.66)	18 (40.91)		
省医保	30 (4.69)	27 (4.53)	3 (6.82)		
肌钙蛋白/ng·mL^{-1}	0.64 (0.01, 10.73)	0.59 (0.01, 10.73)	3.11 (0.06, 11.05)	−2.297[c]	0.022

表 1 续下页

续表

变量	总计(n=640)	非 HF 组(n=596)	HF 组(n=44)	$\chi^2/t/Z$	P
D-D 二聚体/ng·mL^{-1}	0.58(0.29,1.86)	14.85 (5.00, 24.08)	24.08 (5.00, 37.90)	−3.792[c]	<0.001
CRP/mg·L^{-1}	16.15 (5.00, 24.08)	14.85 (5.00, 24.08)	24.08 (5.00, 37.35)	−1.973[c]	0.049
NT-proBNP/pg·mL^{-1}	1 113.5 (209.5, 1782.5)	992.5 (167, 1 756)	1 756 (1146.25, 3 218.75)	−4.215[c]	<0.001
LVEF(%)	64(51.0,67.0)	64 (53.0, 67.0)	50 (42.5, 67.0)	3.420[c]	<0.001
LVEDd/mm	55 (52.00, 57.00)	55 (52.00, 57.00)	55.5 (55.00, 60.75)	−3.123[c]	0.002
NYHA 心功能分级				28.806	<0.001
Ⅰ级	558(87.19)	531(89.09)	27(61.36)		
Ⅱ级	57(8.91)	46(7.72)	11(25.00)		
Ⅲ级	25(3.91)	19(3.19)	6(13.64)		
合并高血压				5.492[a]	0.019
否	220 (34.38)	212 (35.57)	8 (18.18)		
是	420 (65.62)	384 (64.43)	36 (81.82)		
合并糖尿病				5.428[a]	0.020
否	461 (72.03)	436 (73.15)	25 (56.82)		
是	179 (27.97)	160 (26.85)	19 (43.18)		
合并脑梗死				10.491[a]	0.001
否	513 (80.16)	486 (81.54)	27 (61.36)		
是	127 (19.84)	110 (18.46)	17 (38.64)		
冠脉病变支数				0.368[a]	0.832
1	211 (32.97)	198 (33.22)	13 (29.55)		
2	220 (34.38)	205 (34.4)	15 (34.09)		
3	209 (32.66)	193 (32.38)	16 (36.36)		
BMI/kg·m^{-2}				5.326[a]	0.070
<18.5	19 (2.97)	16 (2.68)	3 (6.82)		
18.5~23.9	239 (37.34)	218 (36.58)	21 (47.73)		
>23.9	382 (59.69)	362 (60.74)	20 (45.45)		
吸烟				0.887[a]	0.346
否	424 (66.25)	392 (65.77)	32 (72.73)		
是	216 (33.75)	204 (34.23)	12 (27.27)		
饮酒				3.283[a]	0.070
否	497 (77.66)	458 (76.85)	39 (88.64)		
是	143 (22.34)	138 (23.15)	5 (11.36)		

a:Pearson 卡方检验; b:独立样本 t 检验; c:Mann-Whitney U 检验; d: *Fisher* 精确概法

2.2 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生风险的多因素 Logistic 分析

将 HF 发生情况作为因变量(赋值:发生=1,未发生=0),依据单因素分析结果,将上述差异有统计学意义的 14 个变量纳入 Logistic 回归模型中进行多因素回归分析。变量赋值为:年龄、对比剂用量、术前的舒张压、肌钙蛋白、D-D 二聚体、CRP、NT-proBNP、LVEF、LVEDd 这 9 个连续性变量原值录入;NYHA 心功能分级Ⅰ级=1,Ⅱ级=2,Ⅲ级=3;合并高血压、糖尿病、脑梗死及 PCI 术中并发症的发生情况这 4 个二分类变量赋值为,是=1,否=0。变量筛选方式采用逐步向前法(纳入标准:α=0.05)。结果表明:年龄、合并脑梗死、NYHA 心功能分级及术中对比剂用量是 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生的独立危险因素(P 均<0.05),LVEF 是 CHD 患者术后院内 HF 发生的独立保护因素(P<0.05),见表 2。

2.3 HF 发生风险列线图预测模型的建立

将多因素 Logistic 回归模型中具有统计学意义的 5 个风险因素纳入可视化列线图预测模型的建立,包括年龄、合并脑梗死、NYHA 心功能分级、术中对比剂用量及 LVEF,见图 1。用 R 软件成功构建可视化列线图预测模型,赋予每个临床指标不同的评分,根据总分可预测 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生风险。

表 2 CHD 术后院内 HF 发生风险的多因素 Logistic 回归分析

变量	*B*	*SE*	*Wald* χ^2	*P*	*OR*	95%*CI*
常量	−11.147	2.150	26.880	<0.001	−	−
年龄	0.041	0.018	5.054	0.025	1.042	1.005−1.080
LVEF	0.044	0.013	11.715	0.001	0.957	0.933−0.981
合并脑梗死	0.776	0.369	4.438	0.035	2.174	1.056−4.476
NYHA 心功能分级	1.249	0.256	23.807	<0.001	3.487	2.111−5.760
术中对比剂用量	0.050	0.011	20.738	<0.001	1.051	1.029−1.074

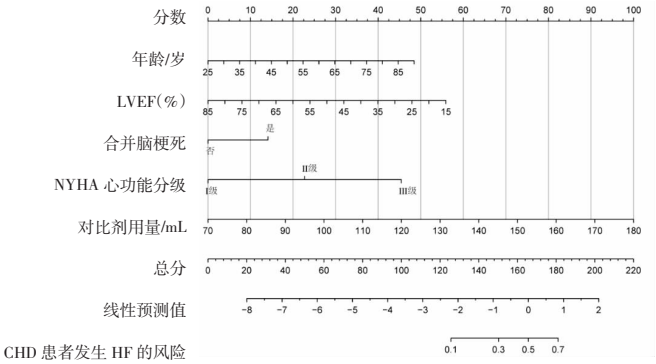


图 1 预测 CHD 患者 PCI 术后院内 HF 发生风险的列线图模型

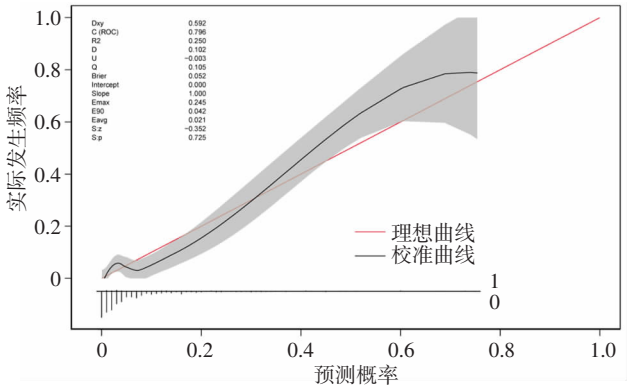


图 3 列线图模型的校准曲线

2.4 列线图 HF 模型的评价及内部验证

列线图预测 PCI 术后院内 HF 发生风险的 C-index 为 0.796(95%*CI*:0.723~0.869),内部验证后的 AUC 值为 0.797(95%*CI*:0.726~0.861),提示该列线图的区分度及判别能力较高,见图 2。校准曲线显示列线图预测 HF 发生风险与现况值之间具有较好的一致性(图 3)。Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验提示列线图模型的预测值与现况值之间的预测偏差不具有统计学意义(χ^2=12.360,*P*=0.135)。

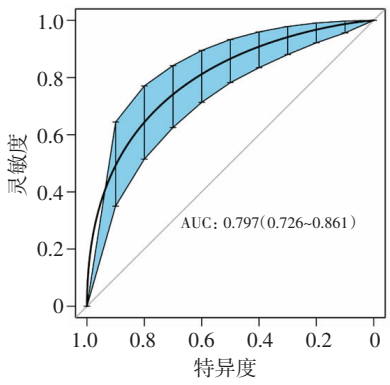


图 2 列线图模型内部验证后的 ROC 曲线

3 讨论

PCI 是目前治疗冠心病较有效的手段之一,近年来,接受 PCI 治疗的冠心病患者数量增加,使得术后心血管不良事件的发生率随之增高,其中 HF 的发生率可达 16%~30%,严重干扰了患者术后的生存质量,导致患者病情恶化和死亡[3,9]。针对 CHD 患者 PCI 术后 HF 发生的风险因素展开分析以遏制高 HF 发生率成为当务之急。多项针对 CHD 患者术后 HF 风险评估的研究指出:合并严重心律失常、血肌酐、高龄、多支病变等因素与 HF 发生、发展密切相关[10-11]。提示基于单一因素的 HF 风险评估是不全面的,可能存在一定的偏倚性。准确判别 HF 风险需整合患者多个方面的风险因素,包括临床资料、实验室检查结果、放射学变量和管理策略等。在本研究中,约 6.88%的 CHD 患者在 PCI 术后出现院内 HF 事件。为此,本研究基于 PCI 术后 HF 发生的多种独立预测因素,构建了预测 CHD 患者术后 HF 发生风险的列线图预测模型,以便于精准识别术后高 HF 发生风险患者,及时为患者提供有针对性的干预措施及健康指导。

本研究筛选出的年龄、LVEF、合并脑梗死、NYHA 心功能分级、对比剂用量这5个PCI术后患者HF发生

的独立影响因素已在其他研究中证实与 HF 的发生、发展存在密切的关系。分析原因为:随着年龄的增加,患者心功能明显降低,心力衰竭发生风险增加,病情更严重、预后更差,且由此引发的 2 年全因死亡率、心力衰竭再入院率及复合终点事件发生率及风险更高[12]。LVEF 作为 HF 发生及分型的辅助诊断指标,与冠心病患者术后 1 年死亡风险[13]及出院后 2 年内不良预后事件[14]的发生风险密切相关。脑梗死与心力衰竭发生的关系主要体现在红细胞分布宽度(RDW)方面,红细胞分布宽度是反映血液循环中外周血细胞的重要指标,与心力衰竭发生关系密切。合并有脑梗死尤其是急性期患者的 RDW 水平增多,发生急性左心力衰竭的风险明显增高[15]。NYHA 分级不仅可以反映冠心病患者心功能状态,还可用于反映冠状动脉病变的严重程度和复杂度,能够为心力衰竭的诊断、治疗及预后转归提供依据[16]。刘红涛等[17]开展的一项针对 104 例急性冠脉综合征患者 PCI 术后心力衰竭高危因素分析的研究发现:心力衰竭组较对照组对比剂用量明显增多,心肌梗死比率明显增加,这与本研究的结果一致。

列线图(nomogram)是一种基于多个临床指标、建立在多因素回归分析的基础上、用于预测一定的临床结局或不良事件发生率的带有分数高低线段的图形,在量化风险方面更简洁、更精确[18-19]。国内已有研究证实列线图在预测冠脉综合征患者住院期间新发房颤风险[20]、急性心力衰竭患者并发急性肾损伤风险[21]、急性 ST 段抬高型心肌梗死患者发生自发再灌注风险[22]、冠心病合并心房颤动患者 PCI 术后出血风险[23]等方面具有良好的应用效果。但是关于 CHD 患者 PCI 术后 HF 发生风险列线图构建方面的研究报道较少。本研究通过多因素 Logistic 回归筛选出了 5 个 PCI 患者术后 HF 发生风险的独立预测因素,并依此构建了个性化的 HF 发生风险列线图模型,该模型的 C-index 为 0.796(95%*CI*:0.723~0.869),内部验证后的 AUC 值为 0.797(95%*CI*:0.726~0.861),提示该列线图的区分度及判别能力较高。校准曲线及 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验表明:列线图预测 HF 发生风险与现况值之间具有较好的一致性且两者之间的预测偏差不具有统计学意义($\chi^2=12.360$,$P=0.135$),提示列线图模型具有较好的预测一致性。同时构建列线图模型所需的预测因素均来自于患者住院期间的临床资料,指标简便易得,在获取 HF 风险值方面无需复杂的计算转换,极大地提高了预测模型的临床实用性。

本研究局限性:①本研究为单中心回顾性研究,样本来源、样本总量均有限,同时本研究排除了临床病历资料不全、存在较为严重的缺失的病例数据,这可能导致分析结果存在一定的偏倚性,开展多中心大样本的前瞻性研究对于提高模型预测的准确性和临床的适用性仍是十分必要;②本研究仅对构建的列线图模型进行了内部验证,这使得模型的外推性仍处于未知状态,故仍需开展其它临床研究中心的外部验证对列线图的预测效果进行验证;③本次研究纳入的研究指标与预测模型中的预测指标均有限,这使列线图模型的预测效能仍有进一步提高的可能,进一步纳入更多预测性强的风险评估指标对于改善模型预测效果具有重要的现实意义。

本研究基于上述探讨,整合年龄、LVEF、合并脑梗死、对比剂用量、NYHA 心功能分级等 5 项风险预测因素构建的列线图模型在预测 CHD 患者 PCI 术后 HF 发生风险方面有较高的预测准确性,且列线图预测较为直观与个体化,具有较强的临床应用价值。

参考文献:

[1] 季春影, 张瑞英. 心力衰竭与心肌线粒体代谢[J]. 心血管病学进展, 2020, 41(1): 63-66. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.01.017.
JI C Y, ZHANG R Y. Heart failure and myocardial mitochondrial metabolism[J]. Adv Cardiovasc Dis, 2020, 41(1): 63-66. DOI: 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.01.017.

[2] MORBACH C, WAGNER M, GÜNTNER S, *et al*. Heart failure in patients with coronary heart disease: Prevalence, characteristics and guideline implementation—Results from the German EuroAspire Ⅳ cohort[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2017, 17(1): 108. DOI: 10.1186/s12872-017-0543-0.

[3] 李沅洋, 张宇凡, 徐月, 等. 急性心肌梗死患者 PCI 术后心力衰竭风险预测模型建立与评估[J]. 临床心血管病杂志, 2019, 35(10): 916-922. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2019.10.012.
LI Y Y, ZHANG Y F, XU Y, *et al*. Establishment and evaluation of a nomogram for predicting heart failure in patients with acute myocardial infarction after PCI[J]. J Clin Cardiol, 2019, 35(10): 916-922. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2019.10.012.

[4] 胡海鹰, 于亚梅, 余云华, 等. 75 岁及以上人群经皮冠状动脉介入术后短期死因分析[J]. 临床心血管病杂志, 2018, 34(11): 1090-1094. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2018.11.013.

HU H Y, YU Y M, YU Y H, *et al*. Short-term causes of death in Chinese elderly patients(≥75 years old)after percutaneous coronary intervention[J]. J Clin Cardiol, 2018, 34(11): 1090-1094. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2018.11.013.

[5] ADAMS A, BOJARA W, SCHUNK K. Early diagnosis and treatment of coronary heart disease in symptomatic subjects with advanced vascular atherosclerosis of the carotid artery (type Ⅲ and Ⅳ b findings using ultrasound)[J]. Cardiol Res, 2017, 8(1): 7-12. DOI: 10.14740/cr516w.

[6] 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.
Heart Failure Study Group of Cardiovascular Branch of CMA, Heart Failure Professional Committee of CMA, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Guidelines for diagnosis and treatment of heart failure in China 2018[J]. Chin J Cardiol, 2018, 46(10): 760-789. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004.

[7] NÚÑEZ E, STEYERBERG E, NÚÑEZ J. Regression modeling strategies[Z]. 2020.

[8] COLLINS G S, REITSMA J B, ALTMAN D G, *et al*. Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis (TRIPOD): the TRIPOD Statement[J]. Br J Surg, 2015, 102(3): 148-158. DOI: 10.1002/bjs.9736.

[9] 林琳, 唐农, 刘布谷, 等. 高龄冠心病患者行PCI术后并发急性左心衰发生的危险因素研究[J]. 中医临床研究, 2017, 9(15): 25-26.
LIN L, TANG N, LIU B G, *et al*. Study on risk factors of acute left heart failure after PCI in elderly patients with coronary heart disease[J]. Clin J Chin Med, 2017, 9(15): 25-26.

[10] 张亮, 赵仙先, 郑兴, 等. 高龄冠心病患者行PCI术后并发急性左心力衰竭发生的相关危险因素分析[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2016,11(4): 364-366.
ZHANG L, ZHAO X X, ZHENG X, *et al*. Risk factors of acute left heart failure in elderly patients with coronary heart disease after PCI[J]. Chin J Emerg Resusc Disaster Med, 2016,11(4): 364-366.

[11] ACHARYA D. Predictors ofoutcomes in myocardial infarction and cardiogenic shock[J]. Cardiol Rev, 2018, 26(5): 255-266. DOI: 10.1097/CRD.0000000000000190.

[12] 莫卿. 增龄对心力衰竭患者临床特征及预后的影响[D]. 天津: 天津医科大学, 2019.
MO Q. Effect of aging on clinical characteristics and prognosis of patients with heart failure[D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2019.

[13] 叶青, 马礼坤, 张杰. 急性心肌梗死患者冠脉介入术后1年死亡风险列线图预测模型的构建[J]. 安徽医科大学学报, 2020, 55(12): 1959-1963. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2020.12.028.
YE Q, MA L K, ZHANG J. Establishment of a nomogram for predicting the risk of 1-year death after coronary intervention in patients with acute myocardial infarction[J]. Acta Univ Med Anhui, 2020, 55(12): 1959-1963. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2020.12.028.

[14] 周燕, 莫婷, 包亚萍, 等. 冠心病与心力衰竭三种不同分型患者的临床特征及预后关系[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(15): 1142-1147. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20190717-01585.
ZHOU Y, MO T, BAO Y P, *et al*. Clinical features and prognosis of patients with different types of heart failure in relation to coronary artery disease[J]. Natl Med J China, 2020, 100(15): 1142-1147. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20190717-01585.

[15] 王飞, 姜婷婷, 胡善友. 急性期老年脑梗死患者红细胞分布宽度与其发生急性左心衰的相关性[J]. 中国老年学杂志, 2015, 35(18): 5117-5118, 5119. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2015.18.032.
WANG F, JIANG T T, HU S Y. Correlation between red blood cell distribution width and acute left heart failure in elderly patients with acute cerebral infarction[J]. Chin J Gerontol, 2015, 35(18): 5117-5118, 5119. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2015.18.032.

[16] 谭文浩. 冠心病并心力衰竭患者冠脉造影特征与心功能的相关分析[D]. 南宁: 广西医科大学.
TAN W H. Correlation analysis between coronary angiographic features and cardiac function in patients with coronary heart disease and heart failure[D]. Nanning: Guangxi Medical University.

[17] 刘红涛, 王俊岭, 黄雄, 等. 104例急性冠脉综合征患者PCI术后心力衰竭高危因素分析[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2015, 3(30): 15-18. DOI: 10.16282/j.cnki.cn11-9336/r.2015.30.006.
LIU H T, WANG J L, HUANG X, *et al*. The risk factors of heart failure after PCI treatment in 104 patients with acute coronary syndrome[J]. Cardiovasc Dis J Integr Tradit Chin West Med, 2015, 3(30): 15-18. DOI: 10.16282/j.cnki.cn11-9336/r.2015.30.006.

[18] ZHOU H Q, ZHANG Y X, QIU Z T, *et al*. Nomogram to predict cause-specific mortality in patients with surgically re-

sected stage I non-small-cell lung cancer: a competing risk analysis[J]. Clin Lung Cancer, 2018, 19(2): e195-e203. DOI: 10.1016/j.cllc.2017.10.016.

[19] 张力, 邹吉, 董仁华. 个体化预测老年急性胆囊炎患者发生术后感染的风险列线图模型的建立[J]. 肝胆胰外科杂志, 2021, 33(2): 75-79, 84. DOI: 10.11952/j.issn.1007-1954.2021.02.003.
ZHANG L, ZOU J, DONG R H. Establishment of nomogram model for individualized prediction of postoperative infection risks in elderly patients with acute cholecystitis[J]. J Hepatopancreatobil Surg, 2021, 33(2): 75-79, 84. DOI: 10.11952/j.issn.1007-1954.2021.02.003.

[20] 李军政, 许祥, 张志辉, 等. 急性冠脉综合征患者住院期间新发房颤预测模型的建立与验证[J]. 中华疾病控制杂志, 2021, 25(2): 204-210. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.02.016.
LI J Z, XU X, ZHANG Z H, *et al*. Establishment and validation of a predictive model for new onset atrial fibrillation in patients with acute coronary syndrome during hospitalization[J]. Chin J Dis Control Prev, 2021, 25(2): 204-210. DOI: 10.16462/j.cnki.zhjbkz.2021.02.016.

[21] 杨赓. 个体化预测急性心力衰竭患者并发急性肾损伤风险列线图模型的建立及验证[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(7): 633-637. DOI: 10.19538/j.nk2018070112.
YANG G. Development and validation of a predictive nomogram of assessing the acute kidney injury in patients with acute heart failure[J]. Chin J Pract Intern Med, 2018, 38(7): 633-637. DOI: 10.19538/j.nk2018070112.

[22] 张学武, 魏向龙, 傅强, 等. 个体化预测急性ST段抬高型心肌梗死患者发生自发再灌注的列线图模型的建立[J]. 临床心血管病杂志, 2020, 36(7): 608-612. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2020.07.006.
ZHANG X W, WEI X L, FU Q, *et al*. Establishment of individualized nomogram model for predicting spontaneous reperfusion in patients with acute ST-segment myocardial infarction[J]. J Clin Cardiol, 2020, 36(7): 608-612. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2020.07.006.

[23] 赵忠平, 丁晓云, 罗正义. 冠心病合并心房颤动患者PCI术后出血风险预测列线图的构建及验证[J]. 心脑血管病防治, 2020, 20(6): 553-556. DOI: 10.3969/j.issn.1009-816x.2020.06.003.
ZHAO Z P, DING X Y, LUO Z Y. The construct and testing of prognostic nomogram concerning bleeding after percutaneous coronary intervention in patients with coronary disease combined with atrial fibrillation[J]. Prev Treat Cardio Cereb Vasc Dis, 2020, 20(6): 553-556. DOI: 10.3969/j.issn.1009-816x.2020.06.003.

(**收稿**:2021-10-12;**修回**:2022-01-11)

(编辑 张艺霖)