

· 临床研究 ·

三维斑点追踪技术评价心肌梗死患者心肌微循环特征及对左心室重塑的预测价值

高源^{1*}, 孙佳¹, 郑苗², 吴彦冰²

¹郑州大学附属胸科医院(河南省胸科医院)超声科, ²南院区超声科, 河南 郑州 450000

[摘要] 目的:探讨三维斑点追踪技术评价心肌梗死患者心肌微循环特征及对左心室重塑的预测价值。方法:将2020年8月—2023年8月于郑州大学附属胸科医院收治的165例心肌梗死患者作为研究对象,根据左心室舒张末期容积指数增加率(Δ left ventricular end-diastolic volume index, Δ LVEDVI)将患者分为左心室重塑组(Δ LVEDVI > 20%, 74例)和无左心室重塑组(Δ LVEDVI \leq 20%, 91例)。通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值。通过逐步回归法筛选心肌梗死患者左心室重塑的影响因素。建立心肌梗死患者左心室重塑的风险预测模型并进行验证。结果:冠脉介入时间、心梗面积、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、金属蛋白酶9(matrix metalloproteinase-9, MMP-9)、血管内皮生长因子A(vascular endothelial growth factor-A, VEGF-A)、冠状动脉微循环阻力指数(index of microcirculatory resistance, IMR)、血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)和冠状动脉血流储备(coronary flow reserve, CFR)均为影响心肌梗死患者左心室重塑的独立危险因素($P < 0.05$)。校准曲线结果均显示多因素Logistic回归模型具有较好的准确性。结论:心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑具有一定预测价值。

[关键词] 三维斑点追踪技术; 心肌梗死; 心肌微循环; 左心室重塑

[中图分类号] R540.45

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2024)04-483-08

doi: 10.7655/NYDXBNSN230853

Evaluation of myocardial microcirculation characteristics and predictive value of left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction using three - dimensional speckle tracking imaging

GAO Yuan^{1*}, SUN Jia¹, ZHENG Miao², WU Yanbing²

¹Department of Ultrasound, ²Department of Ultrasound (South Branch), Chest Hospital Affiliated to Zhengzhou University(Henan Chest Hospital), Zhengzhou 450000, China

[Abstract] **Objective:** To explore the evaluation of myocardial microcirculation characteristics and predictive value for left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction using three-dimensional speckle tracking imaging. **Methods:** A total of 165 patients with myocardial infarction admitted to Chest Hospital affiliated to Zhengzhou University from August 2020 to August 2023 were selected for the study. According to the increase rate of left ventricular end-diastolic volume index (Δ LVEDVI), the patients were divided into left ventricular remodeling group (Δ LVEDVI > 20%, 74 cases) and non-left ventricular remodeling group (Δ LVEDVI \leq 20%, 91 cases). The predictive value of myocardial microcirculation characteristics for left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve. The influencing factors of left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction were screened by stepwise regression analysis. A risk prediction model for left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction was established and validated. **Results:** Coronary intervention time, myocardial infarction area, C-reactive protein(CRP), matrix metalloproteinase-9(MMP-9), vascular endothelial growth factor-A(VEGF-A), index of microcirculatory resistance (IMR), fractional flow reserve (FFR), and coronary flow reserve (CFR) were all independent risk factors affecting left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction ($P < 0.05$). The calibration curve results showed that the

[基金项目] 河南省医学科技攻关计划(2018020565)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: G_aoyuan1354@163.com

multivariate logistic regression model had good accuracy. **Conclusion:** Myocardial microcirculation characteristics in patients with myocardial infarction have certain predictive value for left ventricular remodeling.

[Key words] three-dimensional speckle tracking imaging; myocardial infarction; myocardial microcirculation; left ventricular remodeling

[J Nanjing Med Univ, 2024, 44(04):483-490]

心肌梗死是指供应心脏血流的冠状动脉发生急性闭塞,是冠心病中最危险的一类疾病,患病人群主要集中于中老年^[1]。心肌梗死是由冠状动脉内斑块破裂引起,造成心肌细胞缺血、缺氧、发生损伤甚至坏死^[2]。目前临床上主要采取静脉溶栓和经皮冠脉介入治疗等方式进行治疗,这些治疗虽然降低了患者的死亡率,但部分患者在接受治疗后仍会发生左心室重塑或心力衰竭等心血管事件,影响患者预后^[3]。因此,对左心室重塑的影响因素进行研究,早期筛查出左心室重塑的高危人群对改善心梗患者预后至关重要。有研究指出左心室重塑与心肌微循环情况密切相关^[4]。通过三维斑点追踪技术(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)检查获取的三维灰阶动态图像可对患者左室收缩功能进行直观评价^[5],目前广泛应用于心室壁收缩和舒张功能的诊断^[6]。因此,本研究基于3D-STI评价心肌梗死患者心肌微循环特征,并分析其对左心室重塑的预测价值。

1 对象和方法

1.1 对象

将2020年8月—2023年8月郑州大学附属胸科医院收治的165例心肌梗死患者作为研究对象,根据左心室舒张末期容积指数增加率(Δ left ventricular end-diastolic volume index, Δ LVEDVI)将患者分为左心室重塑组(Δ LVEDVI>20%, 74例)和无左心室重塑组(Δ LVEDVI \leq 20%, 91例)。纳入标准:①符合心肌梗死诊断标准^[7];②首次发作;③意识清醒、可配合检查。排除标准:①严重的瓣膜性心脏病;②既往行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI);③合并其他心脏疾病;④严重肝肾功能不全。本研究获得郑州大学附属胸科医院伦理委员会审批(审批编号:SCJ209)。

1.2 方法

1.2.1 检查方法

患者保持平静呼吸,采用GE公司Vivid E9彩色超声诊断仪,频率为1.7~3.3 Hz,获取心尖四腔的理

想图像后再采集左室的三维全容积图像。所有患者在院期间均接受3D-STI心脏彩色超声检查,测定左心室舒张末期内径和左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF);通过心脏磁共振成像量化心梗面积;行冠状动脉造影术检查,计算血流储备分数(fractional flow reserve, FFR)、冠状动脉血流储备(coronary flow reserve, CFR)及冠状动脉微循环阻力指数(index of microcirculatory resistance, IMR)^[8]。以FFR、CFR和IMR体现患者心肌微循环特征。

1.2.2 观察指标

收集患者的一般资料,包括性别、年龄、体重指数(body mass index, BMI)、吸烟史、饮酒史、糖尿病史、高血压史、家族史、心功能Killip分级、罪犯血管、冠脉介入时间;采集患者空腹静脉血,检测并记录患者冠脉介入之后金属蛋白酶9(matrix metalloproteinase-9, MMP-9)、血管内皮生长因子A(vascular endothelial growth factor-A, VEGF-A)、C反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、甘油三酯(triglyceride, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、肌酐(serum creatinine, Scr)水平以及肌钙蛋白T峰值等指标。

1.2.3 评估标准

通过心脏彩超获得左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV),经体表面积校正后计算出左心室舒张末期容积指数(left ventricular end-diastolic volume index, LVEDVI);所有患者PCI术后6个月再次行3D-STI心脏彩色超声检查,计算恢复期LVEDVI,并进一步计算出 Δ LVEDVI, Δ LVEDVI=(恢复期LVEDVI-急性期LVEDVI)/急性期LVEDVI。 Δ LVEDVI>20%定义为左心室重塑^[9]。采用多因素Logistic回归模型对单因素分析差异显著($P < 0.05$)的指标进行进一步筛选,确定心肌梗死患者左心室重塑的独立影响因素。通过受试工作者特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值。构建心肌梗死患者左心室

重塑的风险评分系统, 建立列线图模型, 采用 Bootstrap 法对原始数据中采样 1 000 次进行内部验证, 计算模型的一致性指数(C-index), 利用校准曲线评价模型的校准度, 通过 Hosmer-Lemeshow 检验对模型的一致性进行评估。

1.3 统计学方法

利用 SPSS 23.0 统计软件进行数据统计分析, 计量资料均以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 计数资料使用频数(百分数)[*n*(%)]表示, 组间比较采用 χ^2 检验。 *P* < 0.05 为差

异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

两组患者在冠脉介入时间、心梗面积、CRP、MMP-9、VEGF-A、IMR、FFR 和 CFR 方面的差异有统计学意义(*P* < 0.05), 在性别、年龄、BMI、罪犯血管、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病、家族史、心功能 Killip 分级、TC、TG、LDL-C 和 Scr 水平方面差异无统计学意义(*P* > 0.05, 表 1)。

表1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between two groups of patients

Variable	Left ventricular remodeling group(<i>n</i> =74)	Non-left ventricular remodeling group(<i>n</i> =91)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
Sex[<i>n</i> (%)]			0.339	0.560
Male	44(59.46)	50(54.95)		
Female	30(40.54)	41(45.05)		
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	57.96 ± 6.13	58.38 ± 6.76	0.414	0.680
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.16 ± 2.42	23.59 ± 2.51	1.112	0.268
Culprit vessel[<i>n</i> (%)]			0.821	0.663
Left anterior descending	38(51.35)	45(49.45)		
Left circumflex artery	10(13.51)	9(9.89)		
Right coronary artery	26(35.14)	37(40.66)		
Smoke[<i>n</i> (%)]			1.155	0.282
Yes	42(56.76)	44(48.35)		
No	32(43.24)	47(51.65)		
Drink[<i>n</i> (%)]			1.513	0.219
Yes	50(67.57)	53(58.24)		
No	24(32.43)	38(41.76)		
Hypertension[<i>n</i> (%)]			2.491	0.115
Yes	35(47.30)	32(35.16)		
No	39(52.70)	59(64.84)		
Diabetes[<i>n</i> (%)]			0.224	0.636
Yes	27(36.49)	30(32.97)		
No	47(63.51)	61(67.03)		
Family history[<i>n</i> (%)]			1.066	0.302
Yes	13(17.57)	22(24.18)		
No	61(82.43)	69(75.82)		
Killip grade[<i>n</i> (%)]			7.232	0.065
I	53(71.62)	77(84.61)		
II	15(20.27)	13(14.29)		
III	2(2.70)	1(1.10)		
IV	4(5.41)	0(0)		
Coronary intervention time[<i>n</i> (%)]			19.682	< 0.001
<2 h	31(41.89)	69(75.82)		
≥2 h	43(58.11)	22(24.18)		
Area of myocardial infarction(% , $\bar{x} \pm s$)	27.43 ± 8.64	18.54 ± 6.19	7.687	< 0.001

(续表 1)

Variable	Left ventricular remodeling group(n=74)	Non-left ventricular remodeling group(n=91)	t/χ^2	P
TC(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	4.82 ± 1.13	4.51 ± 1.02	1.850	0.066
TG(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.27 ± 0.34	1.33 ± 0.27	1.264	0.208
LDL-C(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	2.98 ± 0.71	2.87 ± 0.65	1.037	0.301
Scr(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	85.26 ± 10.29	83.94 ± 11.04	0.787	0.432
CRP(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	4.01 ± 0.85	3.16 ± 0.71	6.999	< 0.001
MMP-9(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)	928.54 ± 134.64	674.87 ± 113.22	13.146	< 0.001
VEGF-A(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	262.92 ± 70.18	144.60 ± 58.87	11.777	< 0.001
IMR(U, $\bar{x} \pm s$)	31.22 ± 6.82	20.87 ± 5.46	10.583	< 0.001
FFR($\bar{x} \pm s$)	0.74 ± 0.13	0.96 ± 0.14	10.364	< 0.001
CFR($\bar{x} \pm s$)	1.93 ± 0.35	3.65 ± 0.76	17.973	< 0.001

2.2 多因素 Logistic 回归分析

将筛选出的两组差异显著($P < 0.05$)的指标作为自变量,将患者是否发生左心室重塑(是=1,否=0)作为因变量,进行多因素 Logistic 回归分

析。结果显示,冠脉介入时间、心梗面积、CRP、MMP-9、VEGF-A、IMR、FFR 和 CFR 均为影响心肌梗死患者左心室重塑的独立危险因素($P < 0.05$,表 2)。

表 2 多因素 Logistic 回归分析
Table 2 Multivariate logistic regression analysis

Variable	β	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
Coronary intervention time	1.103	0.340	10.529	3.014(2.235-8.468)	< 0.001
Area of myocardial infarction	0.971	0.330	8.654	2.640(1.381-5.045)	0.003
CRP	0.810	0.334	5.875	2.247(1.169-4.321)	0.015
MMP-9	1.876	0.397	22.329	6.527(2.998-14.212)	< 0.001
VEGF-A	1.818	0.346	27.605	6.159(3.125-12.140)	< 0.001
IMR	2.465	0.387	40.561	11.760(5.503-25.133)	< 0.001
FFR	1.706	0.348	24.043	5.509(2.787-10.886)	< 0.001
CFR	1.945	0.355	30.029	6.996(3.491-14.021)	< 0.001

2.3 多重共线性诊断分析

多重共线性诊断分析结果显示,未发现各因素

之间存在共线性,且所有因素的方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)均 < 5(表 3)。

表 3 共线性分析容忍度与方差膨胀因子表
Table 3 Tolerance and variance inflation factor table for collinearity analysis

Variable	Regression coefficient	Standard regression coefficient	Tolerance	VIF
Coronary intervention time	-0.172	0.034	0.543	1.517
Area of myocardial infarction	-0.141	0.021	0.902	1.166
CRP	0.331	0.043	0.763	1.269
MMP-9	0.329	0.028	0.825	1.452
VEGF-A	0.367	0.039	0.646	1.375
IMR	0.340	0.025	0.759	1.205
FFR	0.415	0.047	0.867	1.624
CFR	0.398	0.040	0.612	1.578

2.4 心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值

采用 ROC 曲线分析心肌梗死患者心肌微循

环特征对左心室重塑的预测价值(表 4、图 1),IMR、FFR、CFR 及三者联合的 AUC 分别为 0.718(95%CI:0.646~0.791)、0.803(95%CI:0.740~0.865)、

0.789(95%CI: 0.723~0.856)和0.819(95%CI: 0.758~0.880)。三者联合的AUC高于IMR、FFR、CFR的AUC, 因此三者联合预测价值高于单一指标预

测($Z=4.314, 1.067, 2.558, P=0.022, 0.048, 0.037$)。IMR、FFR、CFR的截断值分别为25.450(U)、0.833和2.425。

表4 心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值

Table 4 Predictive value of myocardial microcirculation characteristics on left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction

Variable	Runcation value	AUC	95%CI	P	Sensitivity(%)	Specificity(%)
IMR(U)	25.450	0.718	0.646-0.791	< 0.001	80.92	81.64
FFR	0.833	0.803	0.740-0.865	< 0.001	88.36	89.75
CFR	2.425	0.789	0.723-0.856	< 0.001	87.04	86.63
Combined of the three parties		0.819	0.758-0.880	< 0.001	90.26	91.74

2.5 心肌梗死患者左心室重塑危险因素的选择

利用逐步回归法对心肌梗死患者左心室重塑的风险因素进行进一步筛选, 对各因素重要性进行排序, 发现对左心室重塑影响排名前8的因素为冠脉介入时间、心梗面积、CRP、MMP-9、VEGF-A、IMR、FFR和CFR, 提示这8个临床因素与心肌梗死患者左心室重塑关联最紧密(图2)。

2.6 多因素 Logistic 回归分析构建心肌梗死患者左心室重塑的预测模型

根据中位数将连续变量转化为二分类变量(表5), 构建心肌梗死患者左心室重塑预测模型的方程: $P=e^a/(1+e^a)$, $a=-7.432+1.103\times$ 冠脉介入时间 $+0.971\times$ 心梗面积 $+0.810\times$ CRP $+1.876\times$ MMP-9 $+1.818\times$ VEGF-A $+2.465\times$ IMR $+1.706\times$ FFR $+1.945\times$ CFR, 预测模型中e为指数函数, P为心肌梗死患者

左心室重塑的概率。建立列线图模型(图3)。P = 0.85 时, Youden 指数最高, 预测效果相对最好。当 P > 0.85, 认为该患者发生左心室重塑。预测准确率为 88.7%, 灵敏度为 86.5%, 特异度为 88.2%

表5 赋值表

Table 5 Assignment table

Risk factor	Assignment
Coronary intervention time	< 2 h=0, ≥ 2 h=1
Area of myocardial infarction	< 25%=0, ≥ 25 %=1
CRP	< 3.50 mg/L=0, ≥ 3.50 mg/L=1
MMP-9	< 925 ng/mL=0, ≥ 925 ng/mL=1
VEGF-A	< 200 pg/mL=0, ≥ 200 pg/mL=1
IMR	< 25 U=0, ≥ 25 U=1
FFR	$\geq 0.9=0, < 0.9=1$
CFR	$\geq 2.65=0, < 2.65=1$

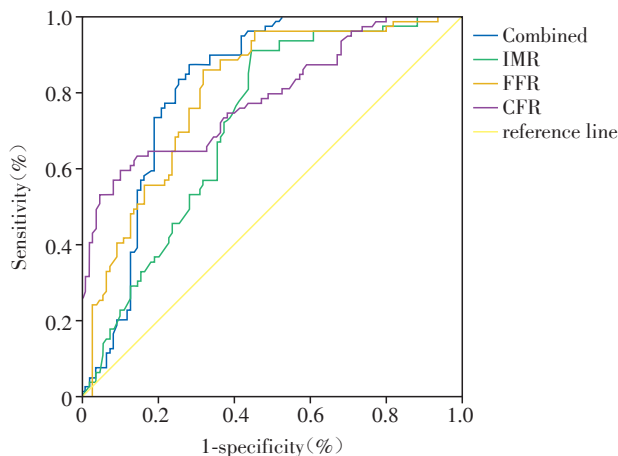


图1 ROC曲线分析心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值

Figure 1 ROC curve analysis of the predictive value of myocardial microcirculation features for left ventricular remodeling

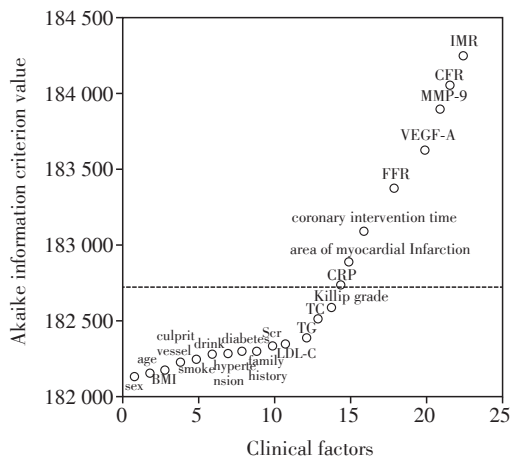


图2 基于逐步回归的心肌梗死患者左心室重塑风险因素筛选

Figure 2 Risk factors selections for left ventricular remodeling in myocardial infarction patients based on stepwise regression

(表6)。利用 Bootstrap 法重采样对模型进行内部评价,结果如图4所示,预测模型的预测概率与参考概率拟合度良好, Hosmer-Lemeshow 检验结果差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 一致性指数分别为 0.862、0.814, 表明该模型准确度较高。

3 讨论

目前临床对于心肌梗死患者的治疗取得巨大进展, 但仍有部分患者出现心肌组织灌注不良情况, 导致左心室重塑现象的发生, 严重影响患者的

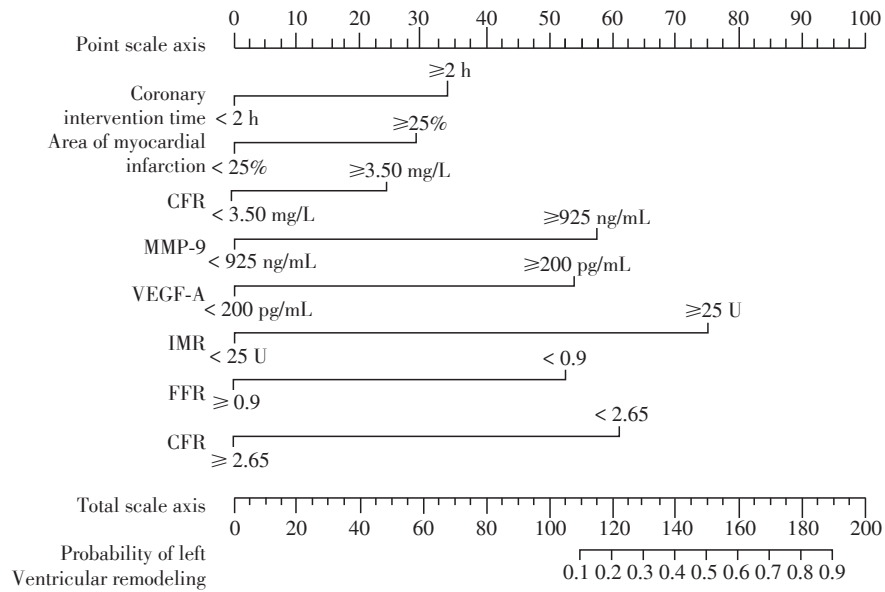


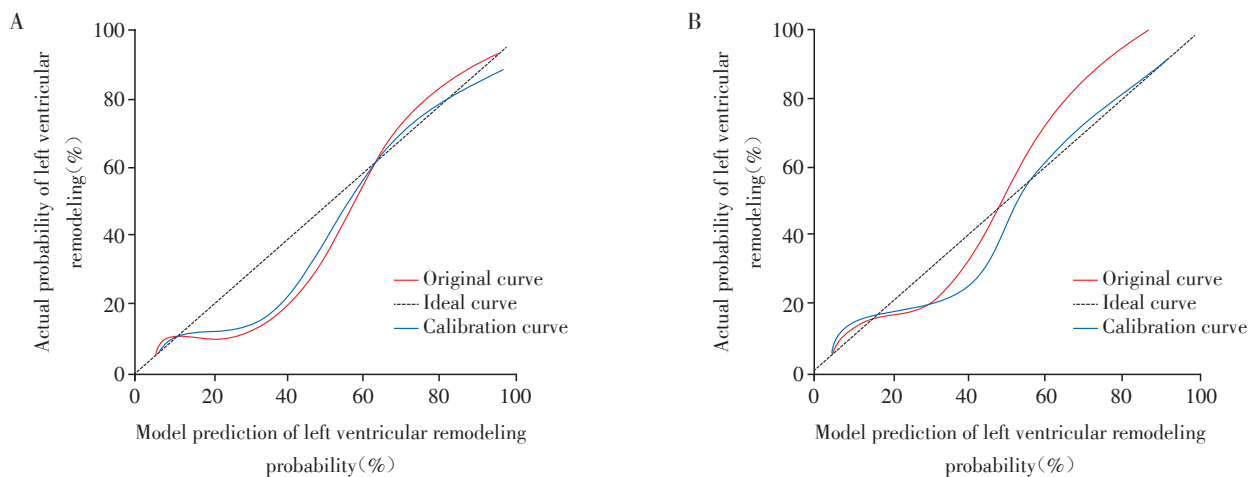
图3 列线图模型

Figure 3 Column line diagram model

表6 预测模型在不同概率水平下对患者发生左心室重塑的预测效果

Table 6 Prediction models' s predictive performance for left ventricular remodeling in patients at different probability levels

Probability	Accuracy(%)	Specificity(%)	Sensitivity(%)	False positive rate(%)	False negative rate(%)	Youden index
0.95	75.4	74.6	89.9	66.8	2.1	65.816
0.90	83.9	83.7	86.5	56.4	2.4	70.267
0.85	88.7	88.2	86.5	50.9	2.2	74.134
0.80	90.1	91.4	78.0	43.3	3.0	70.933
0.75	92.6	95.3	74.3	31.4	3.9	68.866
0.70	92.0	95.5	71.2	31.7	4.0	67.313
0.65	93.3	96.0	71.2	28.6	4.2	68.022
0.60	92.9	96.0	66.8	28.3	4.6	63.264
0.55	93.8	97.8	66.8	19.2	4.7	64.431
0.50	92.5	97.5	60.6	20.5	5.5	59.715
0.45	91.6	98.0	57.9	15.4	5.8	56.436
0.40	92.3	98.5	56.5	15.6	5.9	55.016
0.35	93.5	98.5	50.4	6.8	6.4	50.391
0.30	92.0	99.5	47.3	6.9	7.0	46.731
0.25	93.0	99.5	47.3	3.7	6.7	47.211
0.20	93.3	99.7	45.7	3.4	7.2	45.356
0.15	90.0	99.7	29.8	5.1	9.4	24.823
0.10	89.9	100.0	18.6	0	10.1	16.579
0.05	86.7	100.0	0	-	12.6	0



A: Before internal validation. B: After internal verification.

图4 预测模型的准确度评价

Figure 4 Accuracy evaluation of prediction model

远期预后^[10]。超声心动图是目前最便捷、最经济的检查方法,3D-STI可从心肌形变的角度准确评估心肌运动,能观察到左室收缩不均匀和基底段收缩功能降低^[11]。目前3D-STI已被用于评估心肌梗死患者治疗前后左心功能的变化,并在预测其预后方面具有一定诊断优势^[12]。

心肌微循环功能在心肌缺血过程中扮演着重要角色,是心血管领域的研究重点和热点。据报道,一些接受保守治疗的患者,仍然表现出较高的存活率^[13]。其原因可能为某些心脏细胞进一步分化为血管样细胞并形成新的心肌局部微循环,在微循环重新建立后,新生的血管以通畅血流营养缺血、缺氧的心肌细胞,维持心脏的生理功能。这提示心肌梗死患者心肌微循环对于保护心肌细胞的结构和功能具有重要作用。但目前关于心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑预测价值的研究鲜有报道。因此,本研究通过3D-STI评价心肌梗死患者心肌微循环特征,并对左心室重塑的影响因素进行研究,探讨了心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑的预测价值。

本研究结果显示,冠脉介入时间、心梗面积、CRP、MMP-9、VEGF-A、IMR、FFR和CFR均为影响心肌梗死患者左心室重塑的独立危险因素。分析其原因可能为:①减少患者冠脉介入时间,使罪犯血管尽早得到开通,可以使心肌细胞更早恢复供血和供氧,避免更多心肌细胞的死亡。有研究指出,冠脉介入时间与患者心梗后心室重塑显著相关^[14-15];②Paolisso等^[16]报道指出,心梗发生后,心肌细胞除了发生缺血或坏死,还出现了再灌注损伤,这可能

是造成心室重塑的原因;③心肌梗死后部分坏死的心肌也可触发CRP分泌,导致CRP增高。CRP可通过激活补体系统引起心肌细胞丧失,促进左心室重塑的发生;还可通过促进MMP-9的分泌,导致心室重塑;④MMP-9的过度激活可能导致心肌纤维化,促进心室重塑;⑤Garcia等^[17-18]研究显示,VEGF-A水平是心室重塑的独立预测指标。这与本研究结果一致;⑥IMR、FFR和CFR是评价冠脉微循环功能的重要指标,对评估心肌梗死患者预后具有重要的临床价值。其中IMR可反映患者治疗后左心室功能恢复情况,IMR越高,表示冠脉微循环功能越差,左心室重塑风险升高^[19-20]。FFR和CFR是冠脉微循环的生理状态的量化指标,对患者左心室重塑具有一定预测作用^[21-22]。

本研究在单因素和多因素分析基础上所建立的风险预测模型具有良好的区分度和一致性,可有效评估心肌梗死患者左心室重塑的风险,从而指导临床据此及时采取积极有效的防治措施,以降低左心室重塑发生率。单因素分析初筛预测因子,再纳入多因素回归模型进行逐步回归分析,以此筛选出的变量更为严谨。本研究还发现,多种心肌微循环特征联合检测预测左心室重塑的ROC曲线下面积显著高于单独检测,提示多种因素联合预测效果更好。

本研究也有一些不足之处,仅为单中心研究,得到的结果可能因为样本量不足而产生偏差,纳入的影响因素也可能尚不全面,后续有待多中心、大样本量和纳入更多的临床指标进行更加全面的分析和验证。

综上所述,冠脉介入时间、心梗面积、CRP、MMP-9、VEGF-A、IMR、FFR和CFR均为影响心肌梗死患者左心室重塑的独立危险因素。心肌梗死患者心肌微循环特征对左心室重塑具有一定预测价值。

[参考文献]

- [1] GELOSA P, CASTIGLIONI L, RZEMIENIEC J, et al. Cerebral derailment after myocardial infarct: mechanisms and effects of the signaling from the ischemic heart to brain[J]. *J Mol Med*, 2022, 100(1): 23-41
- [2] MOORE A, GOERNE H, RAJIAHP, et al. Acute myocardial infarct[J]. *Radiol Clin N Am*, 2019, 57(1): 45-55
- [3] FRANTZ S, HUNDERTMARK M J, SCHULZ-MENGER J, et al. Left ventricular remodeling post-myocardial infarction: pathophysiology, imaging, and novel therapies[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(27): 2549-2561
- [4] AGUIAR M O D, TAVARES B G, TSUTSUI J M, et al. Sonothrombolysis improves myocardial dynamics and microvascular obstruction preventing left ventricular remodeling in patients with ST elevation myocardial infarction[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(4): e009536
- [5] 安秀芝, 王秋霜, 黄党生, 等. 三维超声斑点追踪技术评价心肌梗死对左室局部收缩功能的影响[J]. *医学影像学杂志*, 2019, 29(4): 561-564
- [6] LEI C H, ZHU X L, HSI D H, et al. Predictors of cardiac involvement and survival in patients with primary systemic light-chain amyloidosis: roles of the clinical, chemical, and 3-D speckle tracking echocardiography parameters[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 43
- [7] RUETZLER K, SMILOWITZ N R, BERGER J S, et al. Diagnosis and management of patients with myocardial injury after noncardiac surgery: a scientific statement from the American heart association[J]. *Circulation*, 2021, 144(19): e287-e305
- [8] CHOI K H, DAI N, LI Y L, et al. Functional coronary angiography-derived index of microcirculatory resistance in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14(15): 1670-1684
- [9] 段天兵, 向定成. 急性心肌梗死后冠状动脉微循环障碍发生机制和诊治方法的研究进展[J]. *中国循环杂志*, 2019, 5(7): 722-725
- [10] 刘雅婷, 赵甲戩, 刘 丽, 等. 微循环障碍对ST段抬高心肌梗死直接经皮冠状动脉介入治疗术后患者左心室舒张功能的影响[J]. *中国临床医生杂志*, 2022, 50(4): 426-429
- [11] PRADEL S, MAGNE J, JACCARD A, et al. Left ventricular assessment in patients with systemic light chain amyloidosis: a 3-dimensional speckle tracking transthoracic echocardiographic study[J]. *Int J Cardiovasc Imag*, 2019, 35(5): 845-854
- [12] 雷常慧, 左 蕾, 王 妍, 等. 三维斑点追踪技术在诊断左心室射血分数正常的轻链型心肌淀粉样变中的应用研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29(3): 213-218
- [13] WU X K, REBOLL M R, KORF-KLINGEBIEL M, et al. Angiogenesis after acute myocardial infarction[J]. *Cardiovasc Res*, 2021, 117(5): 1257-1273
- [14] 赵霄潇, 王 莹, 刘 臣, 等. 急诊经皮冠状动脉介入治疗ST段抬高型心肌梗死患者症状开始时间至球囊扩张时间对预后的影响[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(11): 601-609
- [15] 赵鸿泽, 刘剑雄. 急性ST段抬高型心肌梗死介入手术时间窗与心室重塑的相关性研究[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(2): 208-213
- [16] PAOLISSO P, FOÀ A, BERGAMASCHI L, et al. Hyperglycemia, inflammatory response and infarct size in obstructive acute myocardial infarction and MINOCA [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2021, 20(1): 33
- [17] GARCIA R, BOULETI C, SIROL M, et al. VEGF-A plasma levels are associated with microvascular obstruction in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *Int J Cardiol*, 2019, 291: 19-24
- [18] 张文晨, 刘元值, 孙文静, 等. 血管内皮生长因子-A165b在心血管疾病中的研究进展[J]. *中国心血管病研究*, 2022, 20(9): 839-843
- [19] 彭 琨, 陈卫强, 李剑明. 冠状动脉血流储备分数、心肌血流储备和微循环阻力指数在冠心病患者中的临床应用价值[J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2019, 43(5): 462-467
- [20] 王方芳, 梁芙萌, 李 楠, 等. 急性前壁ST段抬高型心肌梗死患者直接冠状动脉介入术后微循环阻力指数与左心室不良重构的相关性[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2024, 56(1): 150-156
- [21] ZHOU W N, SUN Y P, DIVAKARAN S, et al. Association of myocardial blood flow reserve with adverse left ventricular remodeling in patients with aortic stenosis: the microvascular disease in aortic stenosis (MIDAS) study[J]. *JAMA Cardiol*, 2022, 7(1): 93-99
- [22] 杨盟盟, 王岳恒. 冠脉微循环检查技术的临床应用进展[J]. *微循环学杂志*, 2021, 31(4): 67-71

[收稿日期] 2023-09-13

(本文编辑:戴王娟)