

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.16.012

血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 对急性心肌梗死患者 PCI 术后发生主要不良心血管事件的预测价值*

李娜¹, 郑伟², 张瀚¹, 刘厚盟¹

黑龙江省佳木斯市中心医院:1. 检验科;2. 心内科, 黑龙江佳木斯 154004

摘要:目的 探讨急性心肌梗死(AMI)患者血清 B 型利钠肽(BNP)、血管生成素样蛋白 8(ANGPTL8)、分泌型卷曲相关蛋白 5(SFRP5)对患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后发生主要不良心血管事件(MACE)的预测价值。方法 选取 2022 年 6 月至 2024 年 3 月该院收治的 198 例 AMI 患者作为 AMI 组。PCI 术后对所有 AMI 患者进行为期 6 个月的随访,记录随访期间 MACE 的发生情况,将发生 MACE 的患者纳入 MACE 组,未发生 MACE 的患者纳入非 MACE 组。选取同期在该院体检的健康体检者 198 例作为对照组。采用电化学发光免疫分析法检测 BNP 水平,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 ANGPTL8、SFRP5 水平,比较各组基线资料及血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 水平,采用多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值。结果 AMI 组血清 BNP、ANGPTL8、总胆固醇、甘油三酯、尿酸、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平均高于对照组,血清 SFRP5、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平均低于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。MACE 组血清心肌肌钙蛋白 I(cTnI)、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、BNP、ANGPTL8 水平均高于非 MACE 组,血清 SFRP5 水平低于非 MACE 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,血清 BNP、ANGPTL8 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P < 0.05$),SFRP5 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的保护因素($P < 0.05$)。血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的曲线下面积(AUC)分别为 0.814、0.807、0.807、0.939,三者联合预测的 AUC 大于 BNP($Z = 3.639, P < 0.001$)、ANGPTL8($Z = 3.499, P < 0.001$)、SFRP5($Z = 3.363, P = 0.001$)单独预测的 AUC。结论 PCI 术后发生 MACE 的 AMI 患者血清 BNP、ANGPTL8 水平升高,血清 SFRP5 水平降低,三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的价值较好。

关键词:急性心肌梗死; B 型利钠肽; 血管生成素样蛋白 8; 分泌型卷曲相关蛋白 5; 主要不良心血管事件; 预测价值

中图法分类号:R541.4;R446.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2026)16-2238-07

Predictive value of serum BNP, ANGPTL8 and SFRP5 for major adverse cardiovascular events after PCI in patients with acute myocardial infarction*

Li Na¹, Zheng Wei², Zhang Han¹, Liu Houmeng¹

1. Department of Laboratory Medicine; 2. Department of Cardiology, Jiamusi Central Hospital, Jiamusi, Heilongjiang 154004, China

Abstract: Objective To investigate the predictive value of serum B-type natriuretic peptide (BNP), angiotensin-like protein 8 (ANGPTL8) and secreted frizzled-related protein 5 (SFRP5) for major adverse cardiovascular events (MACE) after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute myocardial infarction (AMI). **Methods** A total of 198 AMI patients admitted to the hospital from June 2022 to March 2024 were enrolled as the AMI group. All AMI patients were followed up for 6 months after PCI, and the occurrence of MACE during hospitalization and after discharge was recorded, subsequently patients were divided into MACE group and non-MACE group based on the occurrence of MACE. A total of 198 healthy subjects who

* 基金项目:黑龙江省卫生健康委员会科研课题(2024-0222158)。

作者简介:李娜,女,主管技师,主要从事医学检验生化相关研究。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1167.r.20260727.1826.006\(2026-07-28\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1167.r.20260727.1826.006(2026-07-28))

中文引用格式:李娜,郑伟,张瀚,等.血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 对急性心肌梗死患者 PCI 术后发生主要不良心血管事件的预测价值[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(16): 2238-2244.

英文引用格式:Li N, Zheng W, Zhang H, et al. Predictive value of serum BNP, ANGPTL8 and SFRP5 for major adverse cardiovascular events after PCI in patients with acute myocardial infarction[J]. Lab Med Clin, 2026, 23(16): 2238-2244.

underwent physical examinations in the hospital during the same period were selected as the control group. Electrochemiluminescence immunoassay was used to detect serum BNP level, while enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was used to detect the serum levels of ANGPTL8 and SFRP5. Baseline data and serum levels of BNP, ANGPTL8 and SFRP5 between different groups were compared; multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors for MACE in AMI patients after PCI; receiver operating characteristic (ROC) curves were drawn to analyze the predictive value of serum BNP, ANGPTL8, SFRP5 alone and in combination for MACE in AMI patients after PCI. **Results** The serum levels of BNP, ANGPTL8, total cholesterol, triglyceride, uric acid and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) in the AMI group were higher than those in the control group, while the serum levels of SFRP5 and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) were lower than those in the control group, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The serum levels of cardiac troponin I (cTnI), creatine kinase-MB (CK-MB), BNP and ANGPTL8 in the MACE group were higher than those in the non-MACE group, and the serum level of SFRP5 was lower than that in the non-MACE group, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that elevated serum levels of BNP and ANGPTL8 were risk factors for MACE after PCI in AMI patients ($P < 0.05$), whereas elevated SFRP5 level was a protective factor for MACE after PCI in AMI patients ($P < 0.05$). The areas under the ROC curves (AUCs) of serum BNP, ANGPTL8, SFRP5 alone and their combination for predicting MACE in AMI patients after PCI were 0.814, 0.807, 0.807 and 0.939, respectively. The AUC of the combined detection of the three indicators was significantly higher than that of BNP ($Z = 3.639, P < 0.001$), ANGPTL8 ($Z = 3.499, P < 0.001$) and SFRP5 ($Z = 3.363, P = 0.001$) alone. **Conclusion** Serum BNP and ANGPTL8 levels are elevated in AMI patients who developed MACE after PCI, while serum SFRP5 level is decreased. The combined detection of the three indicators demonstrates superior predictive value for the occurrence of MACE in AMI patients after PCI.

Key words: acute myocardial infarction; B-type natriuretic peptide; angiopoietin-like protein 8; secreted frizzled-related protein 5; major adverse cardiovascular event; predictive value

急性心肌梗死(AMI)病死率较高,临床表现复杂多样,主要包括胸痛、气短、乏力、胸闷等。目前,AMI的发病人数不仅逐渐增加还呈现出年轻化趋势^[1]。临床治疗 AMI 的主要目标是疏通冠状动脉,减缓心肌缺血并阻止心肌梗死进一步发展,常用药物及手术治疗,如经皮冠状动脉介入治疗(PCI),但患者术后易发生主要不良心血管事件(MACE)等严重并发症,不仅会增加患者病死率,还加重了家庭及社会负担^[2-3]。PCI 仅能解除冠状动脉局部机械性狭窄、恢复血流灌注,无法逆转血管内皮炎症、动脉粥样硬化持续进展、心肌重构及全身代谢紊乱等病理过程,术后患者仍存在斑块不稳定、微栓塞、微血管病变及慢性炎症激活,因此无法彻底消除远期 MACE 发生风险,仍需长期监测并干预危险因素。因此,对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 进行早期预测有助于降低患者病死率,改善患者预后。血清标志物具有操作简便、临床接受度高等优势,筛选可预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的血清标志物对改善患者预后具有重要意义。B 型利钠肽(BNP)在心血管疾病中具有重要临床意义,其主要由心室肌细胞在心室壁张力增加时合成并释放。心肌缺血、损伤、坏死等病理状态可引起心室负荷增加或心功能不全,间接导致 BNP 水平大幅升高^[4]。陈东等^[5]研究发现,血清 BNP 是 AMI 患者发生 MACE 的独立预测因子。血管生成素样蛋白 8 (ANGPTL8)主要表达于肝脏和脂肪组织中,与多种性疾病相关,包括心血管疾病、代谢综合征等^[6]。梁

亚鹏等^[7]研究发现,血清 ANGPTL8 在 AMI 患者中水平升高,但血清 ANGPTL8 单独及与其他血清指标联合预测 AMI 患者发生 MACE 的预测价值不高。分泌型卷曲相关蛋白 5(SFRP5)是新型的脂肪细胞分泌激素,是分泌型卷曲相关蛋白家族成员,与多种代谢性疾病及心血管疾病联系密切^[8]。陈霞^[9]研究发现,AMI 患者血清中 SFRP5 水平降低,与 MACE 的发生风险有关,SFRP5 单独及联合可溶性致癌抑制因子 2 预测 AMI 患者发生 MACE 的预测价值较低。BNP 可反映心肌负荷与心功能损伤,ANGPTL8 参与糖脂代谢及动脉粥样硬化炎症进展,SFRP5 是关键的抗炎保护因子,三者分别与心肌重构、血管病变及炎症调控相关,从不同层面反映或参与冠心病的发生、发展,目前三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的研究较少。本研究拟对 AMI 患者血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 水平进行分析,旨在分析三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的可行性。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 依据样本量计算公式 $n = Z^2 \times P \times (1 - P) / E^2$, $Z = 1.64$, $E = 10\%$, $P = 0.5$ 时, $n = 68$, 按照 10% 的失访率,至少需要纳入 76 例。前瞻性选取 2022 年 6 月至 2024 年 3 月本院收治的 198 例 AMI 患者作为 AMI 组。纳入标准:(1)满足 AMI 诊断标准^[10];(2)符合直接 PCI 术适应证;(3)发病至就诊时间在 12 h 内。排除标准:(1)伴先天性心脏病或

恶性肿瘤；(2)伴严重的肝肾功能障碍、传染性疾病或血液系统疾病；(3)入组前半个月内进行过药物治疗，如阿司匹林等；(4)发生非 ST 段抬高型心肌梗死。另选取同期在本院体检的健康体检者 198 例作为对照组。本研究经本院医学伦理委员会审批(2022042001)，所有研究对象或其家属均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 基线资料收集 收集所有受试者性别、年龄、体质量指数、吸烟史、饮酒史、收缩压、舒张压；收集 AMI 患者基础疾病(高血压、高脂血症、糖尿病)、入院时左心室射血分数(LVEF)、梗死血管开通时间、是否使用血小板药物资料。

1.2.2 实验室指标检测 AMI 患者于入组后 PCI 术前、对照组于体检当天采集空腹静脉血 4 mL，静置 10 min，采用离心机(DC-CNT-D6500，广州虹科电子科技有限公司)在 3 000 r/min 下离心 10 min，取血清置于-80 ℃冰箱中保存。采用电化学发光免疫分析法检测血清心肌肌钙蛋白 I(cTnI)、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、BNP 水平。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 ANGPTL8、SFRP5 水平，ANGPTL8 试剂盒(货号：FLD711275)购自武汉福来德生物科技有限公司，SFRP5 试剂盒(货号：ARB10350)购自北京百奥莱博科技有限公司。采用全自动生化分析仪检测总胆固醇、甘油三酯、尿酸、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平。

1.2.3 随访及 MACE 判定标准 采用电话随访或门诊复查的方式，在 PCI 术后开始对 AMI 患者进行为期 6 个月的随访，记录随访期间 MACE 的发生情况。MACE 包括全因死亡、靶血管再次血运重建、心

力衰竭及恶性心律失常等。其中心力衰竭包括心源性休克(收缩压<90 mmHg、尿量≤30 mL/h、胸部 X 线片显示肺充血，满足其中 2 项即可确诊)或充血性心力衰竭(BNP>400 pg/mL、LVEF≤45%、需要正性肌力药物治疗、Killip 心功能分级Ⅱ~Ⅳ级，满足其中 2 项即可确诊)；恶性心律失常包括缓慢性心律失常(高度或三度房室传导阻滞)及快速性心律失常(心室颤动、多源室早或室性心动过速)^[7]。将随访期间发生 MACE 的患者纳入 MACE 组，未发生 MACE 的患者纳入非 MACE 组。

1.3 统计学处理 采用 SPSS25.0 软件进行数据处理。计数资料以例数、百分率表示，组间比较采用 χ^2 检验；符合正态分布且方差齐性的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，2 组间比较采用独立样本 t 检验；采用多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素；绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值，曲线下面积(AUC)的比较采用 DeLong 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ ，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 AMI 组和对照组基线资料及血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 水平比较 AMI 组和对照组性别、年龄、体质量指数、吸烟史、饮酒史、收缩压、舒张压比较，差异均无统计学意义($P > 0.05$)。与对照组比较，AMI 组血清 BNP、ANGPTL8、总胆固醇、甘油三酯、尿酸、LDL-C 水平升高，血清 SFRP5、HDL-C 水平降低，差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 AMI 组和对照组基线资料及血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 水平比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

组别	n	性别		年龄(岁)	体质量指数 (kg/m ²)	吸烟史		饮酒史	
		男	女			有	无	有	无
AMI 组	198	114(57.58)	84(42.42)	60.59±10.25	24.00±2.55	49(24.75)	149(75.25)	53(26.77)	145(73.23)
对照组	198	121(61.11)	77(38.89)	60.24±10.05	23.87±2.37	42(21.21)	156(78.79)	51(25.76)	147(74.24)
χ^2/t		0.513		0.343	0.525	0.699		0.052	
P		0.474		0.732	0.600	0.403		0.819	
组别	n	收缩压(mmHg)		舒张压(mmHg)	BNP(pg/mL)	ANGPTL8(pg/mL)		SFRP5(μg/L)	
AMI 组	198	128.26±12.69		80.98±6.74	159.08±30.61	26.66±5.56		41.74±8.66	
对照组	198	127.43±11.87		79.97±6.27	95.76±16.37	12.75±2.43		81.27±12.77	
χ^2/t		0.672		1.544	25.668	32.257		-36.050	
P		0.502		0.123	<0.001	<0.001		<0.001	
组别	n	总胆固醇(mmol/L)		甘油三酯(mmol/L)	尿酸(μmol/L)	LDL-C(mmol/L)		HDL-C(mmol/L)	
AMI 组	198	4.76±1.12		1.79±0.67	368.31±63.03	2.76±0.69		1.09±0.24	
对照组	198	4.21±0.98		1.43±0.52	324.65±57.26	2.30±0.61		1.26±0.27	
χ^2/t		5.200		5.973	7.214	7.028		-6.622	
P		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	

2.2 MACE 组与非 MACE 组临床资料比较 198 例 AMI 患者中有 55 例 PCI 术后发生 MACE(MACE 组)，其中恶性心律失常 24 例、全因死亡 10 例、靶血管再次血运重建 5 例及心力衰竭 16 例，有 143 例 PCI

术后未发生 MACE(非 MACE 组)。MACE 组与非 MACE 组性别、年龄、体质量指数、吸烟史、饮酒史、收缩压、舒张压、合并高血压、合并糖尿病、合并高脂血症、左心室射血分数、梗死血管开通时间、使用抗血小

板药物情况及总胆固醇、甘油三酯、尿酸、LDL-C、HDL-C 水平比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。与非 MACE 组比较,MACE 组血清 cTnI、CK-MB、BNP、ANGPTL8 水平升高,血清 SFRP5 水平降低,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

2.3 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素 以 AMI 患者 PCI 术后是否发生 MACE(是=1,否=0)作为因变量,cTnI、CK-MB、BNP、ANGPTL8、SFRP5 作为自变量(均为原值

输入),进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,血清 BNP、ANGPTL8 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素($P<0.05$),SFRP5 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的保护因素($P<0.05$)。为评估血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独成模的预测效能(用于后续 ROC 曲线分析),另行拟合仅含血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 的简化模型,结果显示,血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 仍与 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 相关($P<0.05$)。见表 3。

表 2 MACE 组与非 MACE 组临床资料比较[$n(\%)$ 或 $\bar{x}\pm s$]

组别	n	性别		年龄 (岁)	体质量指数 (kg/m ²)	吸烟史		饮酒史	
		男	女			有	无	有	无
MACE 组	55	29(52.73)	26(47.27)	61.27±10.37	24.35±2.37	17(30.91)	38(69.09)	19(34.55)	36(65.45)
非 MACE 组	143	85(59.44)	58(40.56)	60.33±10.21	23.87±2.62	32(22.38)	111(77.62)	34(23.78)	109(76.22)
χ^2/t		0.733		0.578	1.185	1.552		2.350	
P		0.392		0.564	0.238	0.213		0.125	

组别	n	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	合并高血压		合并糖尿病		合并高脂血症	
				是	否	是	否	是	否
MACE 组	55	129.76±12.57	81.67±6.49	21(38.18)	34(61.82)	14(25.45)	41(74.55)	14(25.45)	41(74.55)
非 MACE 组	143	127.68±12.73	80.72±6.83	50(34.97)	93(65.03)	40(27.97)	103(72.03)	53(37.06)	90(62.94)
χ^2/t		1.033	0.889	0.179		0.127		2.391	
P		0.303	0.375	0.672		0.722		0.122	

组别	n	cTnI (ng/L)	CK-MB (U/L)	BNP (pg/mL)	ANGPTL8 (pg/mL)	SFRP5 (μg/L)	总胆固醇 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)
MACE 组	55	38.36±7.08	225.43±41.28	187.76±36.33	32.16±6.68	32.85±6.37	4.62±1.02	1.82±0.72
非 MACE 组	143	31.81±6.55	187.49±30.46	148.05±28.41	24.54±5.13	45.16±9.54	4.81±1.16	1.78±0.65
χ^2/t		6.161	7.077	8.127	8.576	−8.835	−1.066	0.376
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.288	0.707

组别	n	左心室射血分数 (%)	梗死血管开通 时间(min)	使用抗血小板药物		尿酸 (μmol/L)	LDL-C (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)
				是	否			
MACE 组	55	46.73±4.08	105.05±22.26	23(41.82)	32(58.18)	372.45±65.32	2.84±0.73	1.05±0.26
非 MACE 组	143	48.02±4.55	98.83±20.22	50(34.97)	93(65.03)	366.72±62.15	2.73±0.68	1.11±0.23
χ^2/t		−1.837	1.885	0.802		−0.573	0.999	−1.585
P		0.068	0.061	0.371		0.567	0.319	0.115

表 3 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响因素

因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	OR 的 95%CI
模型 1						
cTnI	0.305	0.332	0.845	0.358	1.357	0.708~2.601
CK-MB	0.373	0.286	1.700	0.192	1.452	0.829~2.543
BNP	0.426	0.185	5.300	0.021	1.531	1.065~2.200
ANGPTL8	0.320	0.128	6.245	0.012	1.377	1.071~1.770
SFRP5	−0.350	0.154	5.152	0.023	0.705	0.521~0.953
常数项	−1.268	0.415	9.326	0.002	0.281	—
模型 2						
BNP	0.441	0.138	10.204	0.001	1.554	1.186~2.037
ANGPTL8	0.521	0.181	8.291	0.004	1.684	1.181~2.401
SFRP5	−0.541	0.167	10.506	0.001	0.582	0.420~0.807
常数项	−1.375	0.422	10.612	0.001	0.253	—

注:模型 1 是全模型;模型 2 是拟合仅含血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 的简化模型,用于后续的 ROC 曲线分析;—表示无数据。

2.4 血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值 以 AMI 患者 PCI 术后是否发生 MACE(是=1,否=0)为状态变量,以血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合为检验变量,绘制 ROC 曲线。依据前面 Logistic 回归分析结果构建血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 三者联合预测的回归方程: $\text{Logit}(P) = -1.375 +$

$0.441X_{\text{BNP}} + 0.521X_{\text{ANGPTL8}} - 0.541X_{\text{SFRP5}}$ 。血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的 AUC 分别为 0.814、0.807、0.807、0.939,三者联合预测的 AUC 大于 BNP($Z=3.639, P<0.001$)、ANGPTL8($Z=3.499, P<0.001$)、SFRP5($Z=3.363, P=0.001$)单独预测的 AUC。见表 4。

表 4 血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独及三者联合对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值

指标	AUC	AUC 的 95%CI	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数	最佳截断值	P
BNP	0.814	0.753~0.866	70.91	84.62	0.555	169.61 pg/mL	<0.001
ANGPTL8	0.807	0.745~0.860	70.91	78.32	0.492	30.34 pg/mL	<0.001
SFRP5	0.807	0.746~0.859	72.73	83.92	0.567	43.16 μg/L	<0.001
三者联合	0.939	0.896~0.968	92.73	87.41	0.801	—	<0.001

注:三者联合取 Logistic 回归模型的预测概率值;—表示无数据。

3 讨 论

AMI 起病急骤、病情凶险,典型临床表现为持续半小时以上的胸骨后剧烈压榨性疼痛,多伴随濒死感,尽早开展规范化干预是改善 AMI 患者远期预后、降低不良心血管事件风险的关键^[11-12]。PCI 是临床治疗 AMI 的常用手段,但患者术后易出现 MACE 这类并发症,包括再次心肌梗死导致的住院、不稳定性心绞痛导致的住院及心血管疾病相关严重事件,不仅对患者日常生活产生负面影响,还会显著提高患者的死亡风险^[13-14]。MACE 的发生与多种因素有关,包括全身免疫炎症状态、血液生物学标志物变化及冠状动脉微循环障碍^[15-17]。因此,早期预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的风险,有助于临床尽早采取预防措施,降低患者死亡风险,提升患者生存率及生存质量。本研究对 AMI 患者血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 水平进行检测,分析其对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的预测价值,旨在探寻灵敏度及特异度均较高的血清标志物,为临床评估 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的风险提供一定的参考价值。

目前研究证实,BNP 具有强大的心血管保护效应,但心力衰竭患者中 BNP 水平大幅升高,却未展现出相应的生物学活性,被称为“利钠肽悖论”^[18-19]。佟频等^[20]研究显示,急性 ST 段抬高型心肌梗死 PCI 术后发生 MACE 患者血清 BNP 水平高于未发生 MACE 患者,但其单独预测患者术后发生 MACE 的预测价值不佳。本研究结果显示,AMI 组血清 BNP 水平较对照组升高,可能是发生 AMI 后患者心功能受损,导致 BNP 大量合成。易知非等^[21]研究显示,老年髋部骨折患者术前 BNP 水平越高,术后 1 个月内发生 MACE 的风险越高。本研究结果显示,MACE 组血清 BNP 水平高于非 MACE 组,与佟频等^[20]研究结果一致。这是因为 BNP 能够激活心肌细胞内的信号通路,加剧心肌细胞的纤维化,加重心脏功能障碍,患者发生心力衰竭的风险增加;此外,BNP 还可以促

进炎症细胞的活化与聚集,加剧心肌细胞的损伤,影响心肌的修复过程,进一步增加 MACE 的发生风险。

ANGPTL8 是多功能的分泌蛋白,能够调节胰岛素抵抗、脂蛋白脂肪酶活性及糖异生等,其水平与 AMI 患者冠状动脉病变程度存在关联,可能是通过调节脂质代谢在心血管疾病的发展中起作用^[22]。研究显示,ANGPTL8 参与血管重塑,并在病理性心肌肥大中发挥保护作用,是心肌肥大的新型治疗靶点^[23]。本研究结果显示,AMI 患者血清 ANGPTL8 水平高于对照组,进一步分析发现,MACE 组血清 ANGPTL8 水平高于非 MACE 组,这提示 ANGPTL8 可能不仅与 AMI 的发生有关,还能够辅助临床评估 AMI 患者术后的预后情况。ANGPTL8 参与 AMI 发展为 MACE 的机制可能与脂质代谢、炎症反应等途径有关,如高 ANGPTL8 水平可能会通过影响甘油三酯水平促进动脉粥样硬化,增加 MACE 的发生风险,此外,ANGPTL8 还能够调控炎症因子的合成与释放过程,ANGPTL8 水平高可能激活炎症相关信号通路刺激释放大量炎症因子,增加 MACE 的发生风险,调控 ANGPTL8 水平可能是降低 AMI 患者发生 MACE 风险的潜在治疗方案^[24]。研究显示,ANGPTL8 水平与甘油三酯水平呈正相关,其机制为 ANGPTL8 可抑制脂蛋白脂肪酶(LPL)活性^[25]。LPL 能够将血液中的甘油三酯水解为脂肪酸和甘油,供组织摄取利用。高水平 ANGPTL8 与 LPL 结合后,抑制 LPL 对甘油三酯的水解作用,导致循环中甘油三酯水平升高。ANGPTL8 可调控肝脏甘油三酯合成代谢、促进血管炎症及动脉粥样硬化进展^[26]。本研究 MACE 组与非 MACE 组外周血甘油三酯等血脂指标水平比较无明显差异,考虑与患者入院后规范降脂治疗、外周血脂代谢稳态代偿有关,与上述观点并不矛盾,ANGPTL8 主要通过介导血管炎症损伤、心肌代谢紊乱影响 MACE 的发生,而非单纯改变外周血甘油三酯水平^[27]。

SFRP5 能够通过 Wnt 信号通路发挥生物学效应,与心血管病疾病的发生及预后联系密切^[28-29]。苏丹等^[30]研究发现,AMI 患者血清 SFRP5 水平低于健康人,MACE 组血清 SFRP5 水平低于非 MACE 组,其单独预测 AMI 患者预后的效能一般。本研究结果显示,AMI 组血清 SFRP5 水平低于对照组,MACE 组血清 SFRP5 水平低于非 MACE 组,与苏丹等^[30]研究结果一致。其机制可能是 SFRP5 具有抗炎作用,通过调节炎症细胞功能辅助减轻心肌炎症,促进心肌修复,而 SFRP5 水平降低对炎症的抵抗作用减弱,心肌修复过程减缓,故 AMI 患者发生 MACE 的风险增加^[31-32]。

梗死血管开通时间反映 AMI 患者有效治疗时间,本研究中 MACE 组与非 MACE 组的梗死血管开通时间比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。梗死血管开通时间对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的影响需要大样本支持,样本少是本研究的不足之处,后续将纳入更多患者进行探索分析。本研究多因素分析结果显示,血清 BNP、ANGPTL8 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的危险因素,SFRP5 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的保护因素,调控三者水平可能是改善患者预后的潜在方案。本研究 ROC 曲线分析结果显示,血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 单独对 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 有一定的预测效能,三者联合可提高预测效能。血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的最佳截断值分别为 169.61 pg/mL、30.34 pg/mL、43.16 μ g/L,临床可能需多加关注高于 BNP、ANGPTL8 最佳截断值水平及低于 SFRP5 最佳截断值水平的 AMI 患者。

综上所述,PCI 术后发生 MACE 的 AMI 患者血清 BNP、ANGPTL8 水平升高,血清 SFRP5 水平降低,三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生 MACE 的价值较好。但本研究存在局限性:(1)单中心研究,样本量有限,结果的外推性受限;(2)未结合基础实验深入探讨血清 BNP、ANGPTL8、SFRP5 参与 AMI 患者 PCI 术后 MACE 发生的具体病理生理机制;(3)随访时间较短,远期预后数据尚不充分。后续将开展多中心、大样本临床研究以验证结果的可推广性,并结合基础实验阐明相关病理生理机制,同时延长随访时间以进一步观察远期预后。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 李娜:研究设计,论文撰写与修改;郑伟:实施试验过程,分析试验数据;张瀚:病例收集整理,数据统计;刘厚盟:提出研究思路,实施试验过程。

参考文献

[1] Liu W, Li Y, Zhang Y, et al. Identification of biomarkers and immune infiltration in acute myocardial infarction and heart failure by integrated analysis[J]. Biosci Rep, 2023, 43(7):BSR20222552.

[2] Ducrocq G, Gonzalez-Juanatey J R, Puymirat E, et al. Effect of a restrictive vs liberal blood transfusion strategy on major cardiovascular events among patients with acute myocardial infarction and anemia: the REALITY randomized clinical trial[J]. JAMA, 2021, 325(6):552.

[3] Lange T, Backhaus S J, Schulz A, et al. Cardiovascular magnetic resonance-derived left atrioventricular coupling index and major adverse cardiac events in patients following acute myocardial infarction[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2023, 25(1):24.

[4] Chang P, Zhang X, Zhang J, et al. BNP protects against diabetic cardiomyopathy by promoting Opa1-mediated mitochondrial fusion via activating the PKG-STAT3 pathway[J]. Redox Biol, 2023, 62:102702.

[5] 陈东,董玲玲,苏浩,等.高尿酸联合 BNP、CRP、HCY 可预测急性心肌梗死患者主要不良心血管事件[J].内科急危重症杂志,2022,28(6):504-507.

[6] Hu L, Wei J, Zhang Y, et al. ANGPTL8 is a negative regulator in pathological cardiac hypertrophy[J]. Cell Death Dis, 2022, 13(7):621.

[7] 梁亚鹏,张朝普,张浩,等.急性心肌梗死患者血清 ANGPTL8、KLF2 表达与冠脉病变程度及主要心脏不良事件发生的关系[J].实用医学杂志,2024,40(13):1827-1832.

[8] Wang D, Zhang Y, Shen C. Research update on the association between SFRP5, an anti-inflammatory adipokine, with obesity, type 2 diabetes mellitus and coronary heart disease[J]. J Cell Mol Med, 2020, 24(5):2730-2735.

[9] 陈霞.急性心肌梗死患者血清可溶性致癌抑制因子 2 和分泌型卷曲相关蛋白 5 表达及对主要不良心血管事件的预测价值[J].中国医药,2023,18(7):966-970.

[10] 中国医师协会急诊医师分会,国家卫健委能力建设与继续教育中心急诊学专家委员会,中国医疗保健国际交流促进会急诊急救分会.急性冠脉综合征急诊快速诊治指南(2019)[J].中华急诊医学杂志,2019,28(4):421-428.

[11] Schmitz T, Harmel E, Raake P, et al. Association between acute myocardial infarction symptoms and short- and long-term mortality after the event[J]. Can J Cardiol, 2024, 40(7):1355-1366.

[12] Wang Q, Tong Q, Jiang Z, et al. Predictive value of miR-636 in patients with acute myocardial infarction undergoing percutaneous coronary intervention and its bioinformatics analysis[J]. J Cardiothorac Surg, 2024, 19(1):572.

[13] Huang L, Zhang J, Huang Q, et al. In-hospital major adverse cardiovascular events after primary percutaneous coronary intervention in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: a retrospective study under the China chest pain center (standard center) treatment system[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23(1):198.

[14] Ren L, Liu W, Chen S, et al. Longitudinal change of serum exosomal miR-186-5p estimates major adverse cardiac events in acute myocardial infarction patients receiving percutaneous coronary intervention[J]. Front Cardiovasc

Med,2024,11:1341918.

[15] 杲建波,马瑞聪,刘春蕊,等. 全身免疫炎症指数对急性心肌梗死患者直接经皮冠状动脉介入治疗术后院内主要不良心血管事件的预测价值[J]. 临床急诊杂志,2022,23(3):192-197.

[16] Wei X,Zhang Z,Wei J,et al. Association of systemic immune inflammation index and system inflammation response index with clinical risk of acute myocardial infarction[J]. Front Cardiovasc Med,2023,10:1248655.

[17] 罗钢,高丽,丁宏,等. AMI 病人 PCI 术后 2 年内发生主要心血管不良事件的列线图模型构建及验证[J]. 蚌埠医学院学报,2024,49(5):597-600.

[18] 余怡嫔. B 型利钠肽在心衰应用的研究进展[J]. 生物化学与生物物理进展,2023,50(3):486-496.

[19] Tsutsui H, Albert N M, Coats A J S, et al. Natriuretic peptides;role in the diagnosis and management of heart failure;a scientific statement from the heart failure association of the European society of cardiology,heart failure society of America and Japanese heart failure society[J]. J Card Fail,2023,29(5):787-804.

[20] 佟频,尉英琴,鱼美蓉. PLR、血清 BNP、3-NT 与急性 ST 段抬高型心肌梗死患者 PCI 术后主要不良心血管事件的关系研究[J]. 检验医学与临床,2023,20(7):925-929.

[21] 易知非,罗雪峰,何佳奇,等. 基于 BNP 和 IL-6 的列线图模型在预测老年髋部骨折患者术后主要不良心血管事件发生风险的价值[J]. 疑难病杂志,2024,23(4):451-456.

[22] Su X,Zhang G,Cheng Y,et al. New insights into ANGPTL8 in modulating the development of cardio-metabolic disorder diseases[J]. Mol Biol Rep,2021,48(4):3761-3771.

[23] Jiao X,Yu H,Du Z,et al. Vascular smooth muscle cells specific deletion of angiopoietin-like protein 8 prevents angiotensin II-promoted hypertension and cardiovascular hypertrophy[J]. Cardiovasc Res,2023,119(9):1856-1868.

[24] 韩丽杰,胡朝伟,于华惠,等. 血管生成素样蛋白 8 在心血管疾病发病中作用的研究进展[J]. 基础医学与临床,2024,44(4):544-547.

[25] Mohammedsaeed W,Ahmed A,Alharbi N,et al. Evaluation of adiponectin and ANGPTL8 in women with metabolic syndrome in the madinah region of Saudi Arabia[J]. Cureus,2023,15(8):e44219.

[26] Ko S,Anzai A,Liu X,et al. Social bonds retain oxytocin-mediated brain-liver axis to retard atherosclerosis[J]. Circ Res,2025,136(1):78-90.

[27] Feng Y,Luo S,Fang C,et al. ANGPTL8 deficiency attenuates lipopolysaccharide-induced liver injury by improving lipid metabolic dysregulation[J]. J Lipid Res,2024,65(8):100595.

[28] Hassan M H,Abuhamdah S M A,Hasan O A,et al. Assessments of Wnt/JAK-STAT signaling pathway in relation to Sfrp5 among patients with cardiac diseases[J]. Int J Mol Sci,2025,26(24):11943.

[29] Jia L,Shang S,Yang Y,et al. The synergy of serum SFRP5 levels and the TyG index in predicting coronary artery disease and prognosing major adverse cardiovascular events[J]. Lipids Health Dis,2023,22(1):194.

[30] 苏丹,王博. 急性心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗近期预后的影响因素分析[J]. 中华生物医学工程杂志,2021,27(6):661-666.

[31] Kelly C J,Chu M,Untaru R,et al. Association of circulating plasma secreted frizzled-related protein 5 (Sfrp5) levels with cardiac function[J]. J Cardiovasc Dev Dis,2023,10(7):274.

[32] Zhang M,Li G,Li K,et al. Prognostic significance of serum secreted frizzled-related protein 5 in patients with acute aortic dissection[J]. Heliyon,2024,10(16):e35905.

(收稿日期:2026-02-10 修回日期:2026-05-22)
(编辑:陈秋莲 王明丰)

(上接第 2237 页)

[23] Euteneuer F,Neubert M,Salzmann S,et al. Biomarkers as predictors of CBT responsiveness in major depressive disorder;the role of heart rate variability and inflammation[J]. J Psychiatr Res,2024,186:111885.

[24] Heo I S,Kwon Y J,Lee H Y,et al. Electrophysiological changes related to childhood trauma in patients with major depressive disorder:an event-related potential study[J]. Clin Psychopharmacol Neurosci,2022,20(1):167-179.

[25] Liu Y,Zhu F L,Yu Y Y,et al. A Meta-analysis of the intervention effect of cognitive behavioral therapy on adult ADHD[J]. J Affect Disord,2026,399:121107.

[26] Han Y M Y,Chan M M Y,Shea C K S,et al. Neurophysiological and behavioral effects of multisession prefrontal tDCS and concurrent cognitive remediation training in patients with autism spectrum disorder (ASD):a double-blind, randomized controlled fNIRS study [J]. Brain Stimul,2022,15(2):414-425.

[27] Weintraub M J,Ichinose M C,Zinberg J L,et al. A randomized trial of an app-enhanced group cognitive behavioral therapy for adolescents with mood or psychotic spectrum disorders[J]. J Consult Clin Psychol,2025,93(3):131-143.

[28] 罗明民,张红雷. 低频重复经颅磁刺激联合认知行为疗法对帕金森病患者的影响[J]. 中国老年学杂志,2019,39(22):5556-5559.

[29] Salazar-Méndez J,Viscay-Sanhueza N,Pinto-Vera C,et al. Cognitive behavioral therapy for insomnia in people with chronic musculoskeletal pain. A systematic review and dose-response Meta-analysis[J]. Sleep Med,2024,122:20-26.

[30] Jaqua E E,Moore C,Tran M N,et al. Sleep in adults:insomnia[J]. FP Essentials,2025,556:12-24.

(收稿日期:2025-12-09 修回日期:2026-06-11)
(编辑:陈秋莲 熊欣然)