

心血管疾病的实验室检测专题·论著 DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.02.003

血清 TFAM、SSC5D 水平与急性心肌梗死患者心功能分级的关系及对 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值*

胡璇¹, 王珣^{2△}

湖北省武汉市第三医院:1. 心脏重症监护室;2. 心血管内科,湖北武汉 430060

摘要:目的 探讨血清线粒体转录因子 A(TFAM)、可溶性富含半胱氨酸结构域的清道夫受体蛋白(SSC5D)水平与急性心肌梗死(AMI)患者心功能分级的关系及对经皮冠状动脉介入(PCI)术后发生心肌低灌注的预测价值。**方法** 选取 2021 年 7 月至 2024 年 7 月在该院治疗的 151 例 AMI 患者作为心肌梗死组,另选取同期在该院体检健康者 151 例作为健康对照组。依据 Killip 分级法评估患者术前的心功能状态,并根据 TIMI 血流分级系统将 AMI 患者分为灌注正常组和低灌注组。检测所有受试者血清 TFAM、SSC5D 水平。收集 AMI 患者基线资料。采用 Spearman 相关分析 AMI 患者血清 TFAM、SSC5D 水平与 Killip 分级的相关性。采用多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估血清 TFAM、SSC5D 对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值。**结果** 心肌梗死组血清 TFAM 水平低于健康对照组,血清 SSC5D 水平高于健康对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。Killip 心功能分级评估结果显示,Killip I 级 47 例、Killip II 级 53 例、Killip III 级 31 例和 Killip IV 级 20 例。血清 TFAM 水平为 Killip IV 级<Killip III 级<Killip II 级<Killip I 级,且两两比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);血清 SSC5D 水平为 Killip IV 级>Killip III 级>Killip II 级>Killip I 级,且两两比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。Spearman 相关分析结果显示,AMI 患者血清 TFAM 水平与 Killip 分级呈负相关($P<0.05$),血清 SSC5D 水平与 Killip 分级呈正相关($P<0.05$)。TIMI 检查结果显示,灌注正常组 106 例,低灌注组 45 例。低灌注组患者合并高血压、Killip III~IV 级占比及血清 SSC5D 水平高于灌注正常组,左室射血分数及血清 TFAM 水平低于灌注正常组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,合并高血压、Killip 分级 III~IV 级、血清 SSC5D 水平升高均为 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的危险因素($P<0.05$),而 LVEF 和血清 TFAM 水平升高均为 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的保护因素($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,血清 TFAM、SSC5D 单独及联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 分别为 0.849、0.833、0.933,二者联合预测的 AUC 明显大于血清 TFAM($Z=2.226, P<0.05$)、SSC5D($Z=2.378, P<0.05$)单独预测的 AUC。**结论** AMI 患者血清 TFAM 水平降低,血清 SSC5D 水平升高,二者水平均与 Killip 分级相关,且二者联合检测对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值较高。

关键词:线粒体转录因子 A; 可溶性富含半胱氨酸结构域的清道夫受体蛋白; 急性心肌梗死; 心功能分级; 心肌低灌注; 预测

中图法分类号:R542.2+2;R446.1

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2026)02-0157-08

Relationship between serum TFAM and SSC5D levels and cardiac function classification in patients with acute myocardial infarction and their predictive value for myocardial hypoperfusion after PCI*

HU Xuan¹, WANG Xun^{2△}

1. Department of Cardiac Intensive Care Unit; 2. Department of Cardiovascular Medicine, Wuhan Third Hospital, Wuhan, Hubei 430060, China

Abstract: Objective To explore the relationship between serum mitochondrial transcription factor A (TFAM) and soluble scavenger receptor protein with cysteine-rich domain (SSC5D) levels and the cardiac function classification in patients with acute myocardial infarction (AMI), and their predictive value for myocardial hypoperfusion after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A total of 151 AMI patients treated in the hospital from July 2021 to July 2024 were selected as the myocardial infarction group, and 151

* 基金项目:湖北省武汉市中医药科研项目(WZ24B46)。

作者简介:胡璇,女,主管技师,主要从事心血管疾病、心肌梗死方面的研究。△ 通信作者,E-mail:jcpb58@163.com。

引用格式:胡璇,王珣.血清 TFAM、SSC5D 水平与急性心肌梗死患者心功能分级的关系及对 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值[J]. 检验医学与临床,2026,23(2):157-163.

healthy subjects who underwent physical examinations in the hospital during the same period were selected as the healthy control group. The preoperative cardiac function status of the patients was evaluated according to the Killip classification method, AMI patients were divided into the normal perfusion group and the hypoperfusion group according to the TIMI flow grading system. The serum TFAM and SSC5D levels in all subjects were detected. The baseline data of AMI patients were collected. Spearman correlation analysis was used to analyze the correlation between the serum levels of TFAM and SSC5D and the Killip classification in AMI patients. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors for myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the predictive value of serum TFAM and SSC5D for myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients.

Results The serum TFAM level in the myocardial infarction group was lower than that in the healthy control group, and the serum SSC5D level was higher than that in the healthy control group, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The evaluation results of Killip cardiac function classification showed that there were 47 cases of Killip grade I, 53 cases of Killip grade II, 31 cases of Killip grade III, and 20 cases of Killip grade IV. The serum TFAM level was in the order of Killip grade IV < Killip grade III < Killip grade II < Killip grade I, and the differences between each two grades were statistically significant ($P < 0.05$). The serum SSC5D level was in the order of Killip grade IV > Killip grade III > Killip grade II > Killip grade I, and the differences between each two grades were statistically significant ($P < 0.05$). The results of Spearman correlation analysis showed that the serum TFAM level in AMI patients was negatively correlated with the Killip classification ($P < 0.05$), and the serum SSC5D level was positively correlated with the Killip classification ($P < 0.05$). The TIMI examination results showed that there were 106 cases in the normal perfusion group and 45 cases in the hypoperfusion group. The proportions of co-existing hypertension and Killip grade III – IV and the serum SSC5D level in the hypoperfusion group were higher than those in the normal perfusion group, while the left ventricular ejection fraction and the serum TFAM level were lower than those in the normal perfusion group, with statistically significant differences ($P < 0.05$). The results of multivariate Logistic regression analysis showed that co-existing hypertension, Killip grade III – IV, and increased serum SSC5D level were all risk factors for myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients ($P < 0.05$), while increased LVEF and serum TFAM level were protective factors for myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that the areas under the curve (AUC) of serum TFAM and SSC5D alone and in combination in predicting myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients were 0.849, 0.833 and 0.933, respectively, and the AUC of their combined prediction was significantly higher than that of serum TFAM ($Z = 2.226, P < 0.05$) and SSC5D ($Z = 2.378, P < 0.05$) alone. **Conclusion** In AMI patients, the serum TFAM level is decreased and the serum SSC5D level is increased. Both levels of serum TFAM and SSC5D are related to the Killip classification, and their combined detection has a high predictive value for myocardial hypoperfusion after PCI in AMI patients.

Key words: mitochondrial transcription factor A; soluble scavenger receptor protein with cysteine-rich domain; acute myocardial infarction; cardiac function classification; myocardial hypoperfusion; prediction

急性心肌梗死(AMI)是指由于冠状动脉供血突发中断,导致心肌组织缺氧、坏死的一种急性心脏疾病^[1]。AMI典型临床表现为压迫性或紧缩感胸痛,发病机制与冠状动脉内动脉粥样硬化斑块积聚、血管壁内皮损伤及血小板聚集并形成血栓有关,可导致严重的心功能障碍^[2-3]。经皮冠状动脉介入治疗(PCI)能够有效恢复血流,缓解心肌缺血状态,减少心肌坏死面积^[4]。然而,PCI效果及患者预后受术后心肌低灌注等多种因素的影响。Killip 分级作为评估 AMI 患者心功能状态和判断预后的重要指标,主要依赖临床表现,主观性强,缺乏客观生物指标支撑^[5]。因此,亟

需寻找与 AMI 患者心功能分级及 PCI 术后心肌低灌注相关的血清标志物,以期为临床提供更加精准的预后辅助评估工具。线粒体是心肌细胞能量的主要来源,线粒体转录因子 A(TFAM)作为调节线粒体功能的关键因子,其水平降低可能提示线粒体功能受损,心肌细胞能量无法完全供应,影响心脏收缩和舒张功能^[6-7]。可溶性富含半胱氨酸结构域的清道夫受体蛋白(SSC5D)作为一种新近发现的免疫调控蛋白,已在多种炎症疾病中被发现参与炎症反应的调节,但其在 AMI 中的表达模式及临床意义尚不明确^[8]。基于以上研究,推测 TFAM 和 SSC5D 可能分别通过调控线

粒体功能与炎症反应参与 AMI 的病理过程,可能关联心功能损伤及术后低灌注状态。因此,本研究旨在探讨血清 TFAM、SSC5D 水平与 AMI 患者心功能分级的关系及其对 PCI 术后心肌低灌注的预测价值。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 7 月至 2024 年 7 月在本院治疗的 151 例 AMI 患者作为心肌梗死组。纳入标准:(1)符合 AMI 的诊断标准^[9];(2)冠状动脉造影显示存在明显的血流阻塞;(3)发作至治疗<12 h。排除标准:(1)既往有 PCI 史;(2)既往有脑梗死等血栓病史;(3)既往有冠状动脉搭桥等心脏重大手术史;(4)合并严重肝、肾功能不全;(5)合并肿瘤或严重感染;(6)近 1 个月内使用抗心律失常药物;(7)存在 PCI 相关禁忌证;(8)合并扩张型心肌病、肥厚型心肌病、严重瓣膜性心脏病、心肌炎等;(9)合并甲状腺功能异常;(10)合并慢性阻塞性肺疾病或肺动脉高压。另选取同期在本院体检健康者 151 例作为健康对照组。心肌梗死组男 81 例,女 70 例;年龄 45~76 岁,平均(60.57±10.68)岁;体质指数(BMI)18.2~26.3 kg/m²,平均(22.19±2.30)kg/m²。健康对照组男 78 例,女 73 例;年龄 43~78 岁,平均(60.42±10.54)岁;BMI 18.0~25.8 kg/m²,平均(22.24±2.27)kg/m²。心肌梗死组和健康对照组性别、年龄、BMI 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。所有研究对象或其家属均签署知情同意书。本研究已取得本院医学伦理委员会的批准(审批号:20210608)。

1.2 方法

1.2.1 其他基线资料收集 收集 AMI 患者合并症、梗死类型、梗死血管部位,以及入院时血脂 4 项[总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)]、肌酸激酶同工酶(CK-MB)、心肌肌钙蛋白 T(cTnT)水平和左室射血分数(LVEF)等资料。

1.2.2 血清 TFAM、SSC5D 水平检测 采集 AMI 患者(入组 12 h 内完成)、体检健康者(体检当天)空腹静脉血 3 mL,以 3 000 r/m 离心 20 min 后分离血清,储存于-80 ℃条件下待测。采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清 TFAM、SSC5D 水平,血清 TFAM、SSC5D ELISA 试剂盒均购自武汉菲恩生物科技有限公司,货号分别为 QT-EH12912、EH4911。严格按照试剂盒说明书进行操作。将血液标本稀释(1:50)至适当浓度,在 ELISA 微孔板中加入标准品或稀释后的血清标本与反应孔底部的特异性抗体充分结合,孵育结束后洗涤 3~5 次。随后,加入酶标二抗,二次孵育结束后再次清洗。加入底物溶液,反应一定时间直至显色。终止显色反应后立即将酶标板放入酶标仪中,对各孔的吸光度(波长 450 nm)进行

测定,依据标准品的吸光度绘制标准曲线,计算待测血清 TFAM、SSC5D 水平。

1.2.3 心功能分级评估 基于 AMI 患者的临床体征(如呼吸困难、肺部啰音、心脏杂音、体液潴留等),依据 Killip 分级^[10]法评估患者术前的心功能状态。Killip 分级共分为 4 个等级:Killip I 级表示患者无明显的心力衰竭症状,临床检查无肺部啰音、下肢水肿等;Killip II 级表示患者表现为轻度心力衰竭症状,通常包括肺部湿性啰音,尤其是两侧基底部啰音;Killip III 级表示患者表现为明显的充血性心力衰竭症状,如严重肺水肿,通常伴有呼吸困难,患者可能需要机械通气支持;Killip IV 级表示患者表现为心源性休克,伴随严重的低血压(收缩压<90 mmHg)和其他休克表现。

1.2.4 PCI 术后心肌低灌注分组 所有患者均接受 PCI。PCI 术后采用 TIMI 血流分级系统^[11]评估患者心肌灌注情况,并将患者分为灌注正常组和低灌注组。灌注正常组:TIMI 血流分级 3 级,表现为造影剂能够迅速并充分到达远端血管,同时清除迅速,冠状动脉血流通畅,心肌灌注基本恢复;低灌注组:TIMI 血流分级 0~2 级,造影剂充盈不良或清除迟缓,心肌仍处于灌注不足状态^[12]。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 27.0 统计软件进行数据处理与分析。符合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,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 SNK- q 检验;计数资料以例数或百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Spearman 相关分析 AMI 患者血清 TFAM、SSC5D 水平与 Killip 分级的相关性。采用多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估血清 TFAM、SSC5D 对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值,曲线下面积(AUC)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 心肌梗死组和健康对照组血清 TFAM、SSC5D 水平比较 心肌梗死组血清 TFAM 水平低于健康对照组,血清 SSC5D 水平高于健康对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 1。

表 1 心肌梗死组和健康对照组血清 TFAM、SSC5D 水平比较($\bar{x}\pm s$,ng/mL)

组别	<i>n</i>	TFAM	SSC5D
心肌梗死组	151	11.67±1.79	15.22±3.68
健康对照组	151	19.56±2.85	7.35±1.42
<i>t</i>		-28.808	24.517
<i>P</i>		<0.001	<0.001

2.2 不同 Killip 分级患者血清 TFAM、SSC5D 水平比较 Killip 分级评估结果显示,Killip I 级 47 例、

Killip II 级 53 例、Killip III 级 31 例和 Killip IV 级 20 例。血清 TFAM 水平为 Killip IV 级<Killip III 级<Killip II 级<Killip I 级,且两两比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);血清 SSC5D 水平为 Killip IV 级>Killip III 级>Killip II 级>Killip I 级,且两两比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 2。

表 2 不同 Killip 分级患者血清 TFAM、SSC5D 水平比较($\bar{x}\pm s$,ng/mL)			
Killip 分级	<i>n</i>	TFAM	SSC5D
I 级	47	14.35±2.24	12.38±2.45
II 级	53	12.48±1.86 ^a	14.56±3.11 ^a
III 级	31	9.67±1.44 ^{ab}	17.25±3.42 ^{ab}
IV 级	20	6.35±1.17 ^{abc}	20.47±3.84 ^{abc}
<i>F</i>		104.339	37.569
<i>P</i>		<0.001	<0.001

注:与 I 级比较,^a $P<0.05$;与 II 级比较,^b $P<0.05$;与 III 级比较,^c $P<0.05$ 。

2.3 AMI 患者血清 TFAM、SSC5D 水平与 Killip 分

级的相关性分析 Spearman 相关分析结果显示,AMI 患者血清 TFAM 水平与 Killip 分级呈负相关($P<0.05$),血清 SSC5D 水平与 Killip 分级呈正相关($P<0.05$)。见表 3。

表 3 AMI 患者血清 TFAM、SSC5D 水平与 Killip 分级的相关性分析		
指标	<i>r_s</i>	<i>P</i>
血清 TFAM	-0.634	<0.001
血清 SSC5D	0.647	<0.001

2.4 低灌注组和灌注正常组基线资料比较 TIMI 血流分级检查结果显示,灌注正常组 106 例,低灌注组 45 例。低灌注组与灌注正常组性别、年龄、合并糖尿病占比、梗死类型、梗死血管部位及血脂 4 项、血清 CK-MB、cTnT 水平比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);低灌注组患者合并高血压、Killip III~IV 级占比高于灌注正常组,LVEF 低于灌注正常组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 4。

表 4 低灌注组和灌注正常组基线资料比较[<i>n</i> (%)或 $\bar{x}\pm s$]				
指标	低灌注组(<i>n</i> =45)	灌注正常组(<i>n</i> =106)	χ^2/t	<i>P</i>
性别			0.094	0.759
男	25(55.56)	56(52.83)		
女	20(44.44)	50(47.17)		
年龄(岁)			0.496	0.481
≤60	18(40.00)	49(46.23)		
>60	27(60.00)	57(53.77)		
合并高血压			12.307	<0.001
是	31(68.89)	40(37.74)		
否	14(31.11)	66(62.26)		
合并糖尿病			0.058	0.810
是	19(42.22)	47(44.34)		
否	26(57.78)	59(55.66)		
TC(mmol/L)	4.83±0.49	4.75±0.51	0.892	0.374
TG(mmol/L)	1.86±0.24	1.79±0.21	1.794	0.075
LDL-C(mmol/L)	2.69±0.33	2.61±0.29	1.487	0.139
HDL-C(mmol/L)	0.97±0.13	1.01±0.15	-1.557	0.122
梗死类型			0.587	0.444
ST 段抬高型	29(64.44)	75(70.75)		
非 ST 段抬高型	16(35.56)	31(29.25)		
梗死血管部位			0.705	0.703
前降支	28(62.22)	72(67.92)		
回旋支	3(6.67)	8(7.55)		
右冠状动脉	14(31.11)	26(24.53)		
Killip 分级			21.635	<0.001

续表 4 低灌注组和灌注正常组基线资料比较[*n*(%)或 $\bar{x}\pm s$]

指标	低灌注组(<i>n</i> =45)	灌注正常组(<i>n</i> =106)	χ^2/t	<i>P</i>
I~II级	15(33.33)	78(73.58)		
III~IV级	30(66.67)	28(26.42)		
LVEF(%)	42.31±4.52	56.48±5.62	-14.973	<0.001
CK-MB(U/L)	116.39±20.67	111.56±18.55	1.414	0.159
cTnT(μg/L)	12.32±1.87	11.68±2.01	1.826	0.070

2.5 低灌注组和灌注正常组血清 TFAM、SSC5D 水平比较 低灌注组患者血清 TFAM 水平低于灌注正常组,血清 SSC5D 水平高于灌注正常组,差异均有统计学意义(*P*<0.05)。见表 5。

表 5 低灌注组和灌注正常组血清 TFAM、SSC5D 水平比较($\bar{x}\pm s$,ng/mL)

组别	<i>n</i>	TFAM	SSC5D
低灌注组	45	7.53±2.11	19.14±3.45
灌注正常组	106	13.43±3.24	13.56±2.68
<i>t</i>		-11.235	10.709
<i>P</i>		<0.001	<0.001

2.6 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的影响因素 以患者 PCI 治疗后是否发生低灌注为因变量(是=0,否=1),合并高血压、Killip 分级、LVEF、TFAM、SSC5D 为自变量进行多

因素 Logistic 回归分析(逐步向前法)。结果显示,合并高血压、Killip 分级 III~IV 级、血清 SSC5D 水平升高均为 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的危险因素(*P*<0.05),而 LVEF 和血清 TFAM 水平升高均为 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的保护因素(*P*<0.05)。见表 6。

2.7 血清 TFAM、SSC5D 对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值 以 AMI 患者 PCI 术后是否发生心肌低灌注为状态变量(是=0,否=1),血清 TFAM、SSC5D 水平为检验变量绘制 ROC 曲线。分析结果显示,血清 TFAM、SSC5D 单独及联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 分别为 0.849、0.833、0.933,二者联合预测的 AUC 明显大于血清 TFAM(*Z*=2.226,*P*<0.05)、SSC5D(*Z*=2.378,*P*<0.05)单独预测的 AUC。见表 7。

表 6 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的影响因素

因素	赋值	β	<i>SE</i>	<i>Wald</i> χ^2	<i>OR</i>	<i>OR</i> 的 95% <i>CI</i>	<i>P</i>
合并高血压	是=1,否=0	0.911	0.264	11.899	2.486	1.482~4.171	0.001
Killip 分级	I~II级=0,III~IV级=1	1.180	0.287	16.919	3.256	1.855~5.715	<0.001
LVEF	连续变量	-0.879	0.263	11.182	0.415	0.248~0.695	0.001
TFAM	连续变量	-0.909	0.226	16.171	0.403	0.259~0.628	<0.001
SSC5D	连续变量	1.083	0.272	15.848	2.953	1.733~5.033	<0.001

表 7 血清 TFAM、SSC5D 对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值

项目	AUC	AUC 的 95% <i>CI</i>	灵敏度(%)	特异度(%)	最佳截断值	约登指数	<i>P</i>
TFAM	0.849	0.786~0.912	82.20	72.60	10.52 ng/mL	0.548	<0.05
SSC5D	0.833	0.761~0.906	84.40	72.00	16.49 ng/mL	0.564	<0.05
二者联合	0.933	0.894~0.972	95.60	70.80	—	0.664	<0.05

注:—表示无数据。

3 讨 论

AMI 是一种常见的心血管疾病,其梗死范围和严重程度与血管堵塞部位、血管直径以及堵塞持续时间等密切相关^[13-14]。AMI 的发生是多种因素共同作用的结果,不健康饮食(高脂肪、高胆固醇)、吸烟、过量饮酒、缺乏锻炼等生活方式因素显著增加 AMI 及其

术后并发症高发生风险^[15-16]。因此,早期识别 PCI 术后发生心肌低灌注的风险,不仅是提高患者生存率的关键,也是对减少心肌损伤、预防长期并发症的重要措施。

研究表明,AMI 后线粒体功能障碍不仅是能量代谢缺失的体现,更是启动炎症和细胞死亡的关键因

素^[17-18]。TFAM 是线粒体基因表达和遗传物质复制的核心调控因子,其水平与 AMI 的发生、AMI 患者活性氧 (ROS) 过载、炎症激活等病理机制密切相关^[17,19]。有研究发现,慢性心力衰竭患者血清 TFAM 水平降低,且与患者心功能分级呈负相关,并且血清 TFAM 水平升高是患者发生不良事件的保护因素^[20-21]。推测 TFAM 可能通过影响炎症反应及线粒体功能参与 AMI 的发生、发展。本研究中,心肌梗死组患者血清 TFAM 水平低于健康对照组,血清 TFAM 水平为 Killip IV 级 < Killip III 级 < Killip II 级 < Killip I 级,且血清 TFAM 水平与 Killip 分级呈负相关,证实了上述猜测,提示 TFAM 水平下降可能与心肌损伤程度和心功能不全的进展相关联,TFAM 水平越低,心肌梗死造成的心肌损伤可能越严重,心功能受累程度也越高,可为临床评估心肌梗死患者的病情严重程度提供潜在参考依据。推测线粒体 ROS 会降低 TFAM 水平,加速其降解,并危及线粒体 DNA 完整性,上调 TFAM 表达有助于恢复受损线粒体功能,进而减轻心功能损伤^[22]。另有研究表明,在心肌缺血再灌注损伤小鼠中 TFAM 上调不仅促进线粒体 DNA 转录和复制,减少缺血再灌注引起的线粒体损伤,还通过促进过氧化物酶体增殖物激活受体 β (PPAR β) 激活,增强心肌抗氧化能力和抗炎能力^[23]。本研究中,低灌注组患者 TFAM 水平低于灌注正常组,且血清 TFAM 水平升高是 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的保护因素,提示 TFAM 水平能够在一定程度上反映心肌低灌注发生风险,推测 TFAM 有助于维持线粒体的完整性,在 PCI 术后低灌注患者的心肌细胞中,低水平的 TFAM 可能导致线粒体 DNA 损伤修复机制失调,无法产生足够的能量,进一步损伤心肌细胞并放大低灌注对心肌的损害效应^[23-24]。此外,ZHANG 等^[25]研究发现,心力衰竭患者心脏组织中 TFAM 乙酰化水平降低,是导致线粒体功能破坏、ATP 合成能力降低、引发能量代谢紊乱、促进心力衰竭发生的一个关键机制。本研究中,血清 TFAM 预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 为 0.849,提示 TFAM 可作为临床上评估心肌低灌注风险的辅助指标。

SSC5D 是一种新型的清道夫受体家族成员,具有 5 个半胱氨酸结构域,作为参与免疫调节的受体,通过与炎症因子结合,在一定程度上调节炎症反应强度^[26-27]。SSC5D 血清水平可能与慢性心力衰竭患者的严重程度和预后相关,其水平变化反映了患者的炎症状态和心衰进展,可用于评估心力衰竭患者预后^[28]。本研究中,血清 SSC5D 水平为 Killip IV 级 > Killip III 级 > Killip II 级 > Killip I 级,且血清 SSC5D 水平与 Killip 分级呈正相关,与上述研究结果一致,

提示 SSC5D 在 AMI 患者心功能变化过程中发挥作用,参与病情进展。GE 等^[29]研究证明心脏 SSC5D 主要来源于心脏成纤维细胞,血清 SSC5D 水平与心力衰竭患病率呈极强正相关,推测 SSC5D 可能通过核因子- κ B (NF- κ B) 和磷脂酰肌醇 3-激酶 (PI3K)/蛋白激酶 B (AKT)/雷帕霉素靶蛋白复合物 1 (mTORC1) 信号通路促进心脏细胞外基质沉积,进一步加剧心功能不全。本研究中,低灌注组患者 SSC5D 水平高于灌注正常组,且血清 SSC5D 水平升高为患者 PCI 术后发生心肌低灌注的危险因素,提示 SSC5D 高表达增加了 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的风险,推测心肌低灌注状态下,心肌组织的缺血缺氧会引发强烈的炎症反应,吸引免疫细胞浸润,SSC5D 可能通过调节免疫细胞的活性和功能,进而影响炎症反应的强度和持续时间,其表达失衡可能导致过度的炎症损伤,加重心肌低灌注状态^[26]。此外,本研究还发现,血清 SSC5D 预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 为 0.833,最佳截断值为 16.49 ng/mL,提示 AMI 患者血清 SSC5D 水平高于 16.49 ng/mL 时,其 PCI 术后发生心肌低灌注的风险显著增加。

此外,血清 TFAM、SSC5D 联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 为 0.933,明显大于血清 TFAM、SSC5D 单独预测的 AUC,提示二者联合可提高对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值。并且杨阳等^[30]研究发现血清可溶性细胞间黏附分子-1、急性缺血修饰蛋白、同型半胱氨酸三者联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 为 0.856,灵敏度为 80.5%。而本研究血清 TFAM、SSC5D 联合预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的 AUC 为 0.933,灵敏度为 95.60%,本研究的预测效能更高,进一步提示血清 TFAM、SSC5D 联合可为临床预测 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注提供参考。

综上所述,AMI 患者血清 TFAM 水平降低,血清 SSC5D 水平升高,且二者均与 Killip 分级相关,二者联合对 AMI 患者 PCI 术后发生心肌低灌注的预测价值较高。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 胡璇:设计研究方案、实施研究过程、分析实验数据、论文撰写;王珣:资料收集整理、课题设计、论文修改。

参考文献

- [1] ZHAO J, ZENG Y Y, SHEN X X. Efficacy and safety of early initiation of sacubitril/valsartan in patients after acute myocardial infarction: a Meta-analysis[J]. Clin Cardiol, 2021, 44 (10):

- 1354-1359.
- [2] 苏洁,王书伟,马维东,等. 超声心动图联合 sST2、sTREM-1 在急性 ST 段抬高型心肌梗死诊断中的临床价值[J]. 检验医学与临床, 2024, 21(17): 2492-2496.
- [3] QIAN K, CHEN Q Y, DING H, et al. Effects of danhong injection combined with tirofiban on cardiac function, myocardial enzyme spectrum and lipoprotein-associated phospholipase a2 level in patients with acute myocardial infarction [J]. Am J Transl Res, 2022, 14(11): 7951-7959.
- [4] SAITO Y, OYAMA K Z, TSUJITA K, et al. Treatment strategies of acute myocardial infarction; updates on revascularization, pharmacological therapy, and beyond [J]. J Cardiol, 2023, 81(2): 168-178.
- [5] SATHVIK M, KALVA E C, SUMA G. A study on acute myocardial infarction and its prognostic predictors[J]. Cureus, 2023, 15(2): e34775.
- [6] GHAZAL N, PEOPLES J N, MOHIUDDIN T A, et al. Mitochondrial functional resilience after TFAM ablation in the adult heart[J]. Am J Physiol Cell Physiol, 2021, 320(6): C929-C942.
- [7] WEISSMAN D, MAACK C. Mitochondrial function in macrophages controls cardiac repair after myocardial infarction [J]. J Clin Invest, 2023, 133(4): e167079.
- [8] LIU H, XU J Y, LAN Y, et al. The scleraxis transcription factor directly regulates multiple distinct molecular and cellular processes during early tendon cell differentiation[J]. Front Cell Dev Biol, 2021, 9: 654397.
- [9] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国循环杂志编辑委员会. 急性心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2001, 29(12): 710-725.
- [10] WEINTRAUB W S, KARLSBERG R P, TCHENG J E, et al. ACCF/AHA 2011 key data elements and definitions of a base cardiovascular vocabulary for electronic health records; a report of the American College of cardiology foundation/American heart association task force on clinical data standards[J]. Circulation, 2011, 124(1): 103-123.
- [11] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国经皮冠状动脉介入治疗指南(2016)[J]. 中华心血管病杂志, 2016, 44(5): 382-400.
- [12] GAO M D, ZHANG E Y, LIU Y Y, et al. Intracoronary pressure gradient measurement in acute myocardial infarction patients with the no-reflow phenomenon during primary percutaneous coronary intervention[J]. Chin Med J (Engl), 2020, 133(7): 766-772.
- [13] LIU K, CHEN S X, LU R Y. Identification of important genes related to ferroptosis and hypoxia in acute myocardial infarction based on WGCNA[J]. Bioengineered, 2021, 12(1): 7950-7963.
- [14] JIAN Y H, ZHOU X, SHAN W J, et al. Crosstalk between macrophages and cardiac cells after myocardial infarction[J]. Cell Commun Signal, 2023, 21(1): 109.
- [15] KRITTANAWONG C, KHAWAJA M, TAMISHOLLAND J E, et al. Acute myocardial infarction; etiologies and mimickers in young patients[J]. J Am Heart Assoc, 2023, 12(18): e029971.
- [16] TOSHIMA T, WATANABE T, GOTO J, et al. Impact of activities of daily living on percutaneous coronary intervention and acute and long-term mortality in patients with acute myocardial infarction: Yamagata AMI registry [J]. J Cardiol, 2022, 80(4): 313-318.
- [17] SHI J L, YU Y D, YUAN H J, et al. Mitochondrial dysfunction in AMI: mechanisms and therapeutic perspectives [J]. J Transl Med, 2025, 23(1): 418.
- [18] TIAN Y T, SUN H X, ZHOU X H, et al. Long non-coding RNA DANCR alleviates acute myocardial infarction damage via regulating microRNA-509-5p/KLF transcription factor 13 pathway[J]. Kaohsiung J Med Sci, 2023, 39(7): 652-664.
- [19] KOZHUKHAR N, ALEXEYEV M F. 35 years of TFAM research: old protein, new puzzles [J]. Biology (Basel), 2023, 12(6): 823.
- [20] 赵玉, 刘耿峰, 曹雪. 慢性心力衰竭患者血清 TFAM, PGC-1 α , NRF-1 水平与心功能的相关性[J]. 成都医学院学报, 2024, 19(5): 806-809.
- [21] 侯维娜, 侯鹏飞, 史苏娜, 等. 慢性心力衰竭患者可溶性微纤维相关蛋白 4 和线粒体转录因子 A 水平与病情程度及预后的关系探究[J]. 中国血管病研究, 2023, 21(9): 829-834. (下转第 170 页)

心血管疾病的实验室检测专题·论著 DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2026.02.004

冠心病患者血清 HMGA2 和 IGFBP2 水平及对 PCI 术后支架内再狭窄的预测价值

王超¹, 张晓红^{1△}, 尹璇², 刘明²

河北省第八人民医院:1. 普内科;2. 心内科, 河北石家庄 050000

摘要:目的 通过检测冠心病患者血清高迁移率族蛋白 A2(HMGA2)和胰岛素样生长因子结合蛋白 2(IGFBP2)水平,分析二者对患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后支架内再狭窄(ISR)的预测价值。方法 选取 2019 年 7 月至 2023 年 7 月该院收治的接受 PCI 的 294 例冠心病患者作为研究对象,根据随访 1 年后冠状动脉造影结果,将其分为 ISR 组和非 ISR 组;采用 Gensini 评分法将其分为轻度组、中度组和重度组。收集患者的基线资料。采用酶联免疫吸附试验检测所有患者血清 HMGA2 和 IGFBP2 水平。采用多因素 Logistic 回归分析冠心病患者 PCI 术后 ISR 的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 HMGA2 和 IGFBP2 对患者 PCI 术后 ISR 的预测价值。结果 ISR 组 50 例,非 ISR 组 244 例。ISR 组合并糖尿病占比及血清 HMGA2、IGFBP2、脑钠肽(BNP)水平高于非 ISR 组,病变支架长度长于非 ISR 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。轻度组 27 例,中度组 14 例,重度组 9 例。重度组血清 HMGA2、IGFBP2 水平明显高于轻度组与中度组($P < 0.05$),中度组血清 HMGA2、IGFBP2 水平明显高于轻度组($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示,合并糖尿病、支架长度增加及血清 BNP、HMGA2、IGFBP2 水平升高均为冠心病患者 PCI 术后 ISR 的危险因素($P < 0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,血清 HMGA2、IGFBP2 单独及联合预测冠心病患者 PCI 术后 ISR 的曲线下面积(AUC)分别为 0.887、0.854、0.935,血清 HMGA2、IGFBP2 联合预测的 AUC 显著大于血清 HMGA2($Z = 2.128, P = 0.033$)、IGFBP2($Z = 3.323, P = 0.001$)单独预测的 AUC。结论 冠心病 PCI 术后 ISR 患者血清 HMGA2、IGFBP2 水平升高,且血清 HMGA2、IGFBP2 对冠心病患者 PCI 术后 ISR 具有一定的预测价值。

关键词:冠心病; 经皮冠状动脉介入治疗; 高迁移率族蛋白 2; 胰岛素样生长因子结合蛋白 2; 支架内再狭窄; 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)02-0164-07

Serum levels of HMGA2 and IGFBP2 in coronary heart disease patients and their predictive value for in-stent restenosis after percutaneous coronary intervention

WANG Chao¹, ZHANG Xiaohong^{1△}, YIN Xuan², LIU Ming²

1. Department of General Internal Medicine; 2. Department of Cardiology, the Eighth People's Hospital of Hebei, Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: Objective To analyze the predictive value of serum high-mobility group protein A2 (HMGA2) and insulin-like growth factor-binding protein 2 (IGFBP2) levels for in-stent restenosis (ISR) in coronary heart disease patients after percutaneous coronary intervention (PCI) by detecting the serum levels of HMGA2 and IGFBP2. **Methods** A total of 294 coronary heart disease patients who underwent PCI in this hospital from July 2019 to July 2023 were selected as the research subjects. According to the results of coronary angiography after 1-year follow-up, they were divided into the ISR group and the non-ISR group; they were also divided into the mild group, the moderate group and the severe group using the Gensini scoring method. The baseline data of the patients were collected. The serum levels of HMGA2 and IGFBP2 in all patients were detected by enzyme-linked immunosorbent assay. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors of ISR after PCI. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the predictive value of serum HMGA2 and IGFBP2 for ISR after PCI. **Results** There were 50 cases in the ISR group and 244 cases in the non-ISR group. The proportion of patients with diabetes mellitus, and the serum levels of HMGA2, IGFBP2 and brain natriuretic peptide (BNP) in the ISR group were higher than those in

作者简介:王超,男,主治医师,主要从事中西医结合内科方向的研究。△ **通信作者,** E-mail: impqqn@163.com。

引用格式:王超,张晓红,尹璇,等. 冠心病患者血清 HMGA2 和 IGFBP2 水平及对 PCI 术后支架内再狭窄的预测价值[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(2): 164-170.